

UNIVERSIDAD DE GRANADA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA
PROGRAMA DE DOCTORADO INVESTIGACIÓN ODONTOLÓGICA EN EL
TERCER MILENIO



**CAMBIOS DE LA AMALGAMA Y EL ESMALTE DENTAL A
ALTAS TEMPERATURAS**

**MEMORIA QUE PRESENTA MARTHA LILIA SOBERANES GALINDO PARA OPTAR
AL TÍTULO DE DOCTORA EN ODONTOLOGÍA.**

SEPTIEMBRE DE 2010.

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Martha Lilia Soberanes Galindo
D.L.: GR 1869-2011
ISBN: 978-84-694-1299-2

Índice

| | Pág. |
|--|------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 9 |
| II.1 Efectos de la temperatura sobre tejidos dentarios y los distintos materiales empleados en los tratamientos dentales..... | 12 |
| II.1.1 Cambios en la coloración, el aspecto de los dientes y de las estructuras óseas en función la temperatura..... | 12 |
| II.1.2. Modificaciones de los tratamientos dentales por efecto de la temperatura y el fuego. | |
| II.2 Factores que producen cambios en el cadáver y que son de interés médico-legal... | 14 |
| II.3 Identificación humana..... | 15 |
| II.3.1 Aplicación de métodos de ADN..... | 16 |
| II.3.2 Estudio de los arcos dentales..... | 16 |
| II.3.3 Determinación del sexo..... | 16 |
| II.3.4 Identificación por medios radiográficos..... | 16 |
| II.3.5 Identificación por medio de los dientes..... | 17 |
| II.3.6 Identificación de víctimas de fuego..... | 18 |
| III. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS | |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS | 29 |
| V. RESULTADOS | |
| VI. DISCUSIÓN | |
| VII. CONCLUSIONES | |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | |
| IX. ANEXOS | |

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas del siglo XX la Medicina Forense ha jugado un papel muy importante en la sociedad, unificando diversos campos de la ciencia como la arqueología, antropología, derecho, criminalística, entre otras, cuyos respectivos métodos han servido de apoyo para establecer la identificación de personas fallecidas. Así mismo, otras ramas de la medicina; patología, radiología, química, genética, nutrición y odontología, han colaborado a estos mismos objetivos.

La Odontología Forense es la aplicación de la odontología a la investigación criminal y al esclarecimiento de los hechos, motivo de interés en otros ámbitos del derecho. Entre sus principales aplicaciones se encuentra la identificación de cadáveres y restos humanos y el estudio y valoración de las heridas por mordeduras.¹ En este sentido, es necesaria la participación de dentistas forenses para llegar a un acuerdo sobre la metodología básica que se utiliza en los casos de mordeduras, a fin de maximizar la calidad, integridad y validez de la recogida de datos y el análisis de las huellas de mordedura.²

La odontología forense es una disciplina que requiere personal especializado, por el empleo de métodos y equipamiento complejo y sofisticado.³

La aplicación de los conocimientos de la estomatología ha demostrado ser de gran utilidad en la identificación de cadáveres, pues ésta se basa en el estudio de los aspectos fisiológicos, en las variaciones y cambios del aparato estomatognático, los cuales pueden ser un reflejo de la actividad socioeconómica del individuo.⁴

Además, la odontología forense propone modelos y métodos de trabajo para la identificación de múltiples víctimas mortales, en situaciones de grandes catástrofes. Existen investigaciones que hacen referencia a la factibilidad y eficiencia de los métodos de identificación más utilizados, teniendo en cuenta las condiciones del lugar donde se produjo el hecho, las características socio económicas de la población involucrada y los recursos humanos y materiales con que cuenta el equipo forense de identificación.⁵

Se considera que la odontología legal y la odontología forense nacieron desde el punto de vista formal y científico a partir del año 1898 cuando Oscar Amöedo⁶ publicó su libro "L'art dentaire en Médecine Légale". Sin embargo, se conoce por datos históricos que Paul Revere practicó la odontología entre 1768 y 1788, siendo alumno de John Baker, dentista inglés. Revere fue el primer dentista que hizo una identificación dental, por lo que se le considera como el precursor de la odontología forense.⁶

Los dientes ofrecen mucha información para la comparación de los datos *antemortem* con los *postmortem*.

En primer lugar, porque al estar, en parte, formados por el tejido más duro del cuerpo humano (el esmalte); por la relación forma-tamaño de su anatomía; por la protección física que encuentran sus raíces al estar enclavadas en los huesos maxilar superior y mandíbula, siendo estas estructuras, con gran frecuencia, la única fuente de información disponible en cadáveres en mal estado de conservación.

En segundo lugar, la gran estabilidad evolutiva que poseen sus coronas, sigue siendo un modelo poligénico que aunque actualmente es desconocido, se manifiesta en algunos caracteres morfológicos de importancia poblacional, por ejemplo la alta frecuencia de dientes en forma de pala en el grupo racial mongoloide.

Y por último, porque de todas las estructuras duras de origen mesodérmico, los dientes son los únicos que en el sujeto en vida se encuentran en contacto directo con el medio ambiente, por lo que pueden dejar "huellas" que unidas a los tratamientos odontológicos son de gran utilidad para establecer la identidad de una persona.

El estado de los cuerpos de las víctimas en las grandes catástrofes pueden ser variables, sin embargo, la aplicación de técnicas propias de la Estomatología Forense son en esencia las mismas usadas en las identificaciones de "rutina" de un cadáver en buen estado de conservación.

Lo que distingue el trabajo de los estomatólogos forenses en tales circunstancias (al igual que al resto de los expertos) son los aspectos organizativos concernientes a la integración en un grupo multidisciplinar.

Las víctimas se pueden encontrar en diferentes estados o mostrar diversos cambios, como el estado de descomposición, momificación, adipocira, esqueletización. En ocasiones, porque la necesidad lo exige, es indispensable establecer la identidad, tanto de una persona viva como de un cadáver.

En un individuo vivo, los problemas mentales, el estado de coma, amnesia, corta edad, o barreras de lenguaje pueden impedir a éste, dar información sobre sí mismo, también se pueden suscitar casos premeditados de encubrimiento de edad o identidad. Por otro lado, en un cadáver, es necesario establecer la identidad por diversos motivos: judiciales, administrativos, éticos o morales.

Otra circunstancia en la que se ha de realizar la identificación de las víctimas es en los casos de grandes catástrofes con múltiples víctimas, que generalmente se ven sometidas a condiciones extremas de temperatura, aplastamiento o inmersión y fuerzas generadas por terremotos. En estos casos, la odontología forense juega un papel importante en la recuperación, selección, clasificación de las partes de las víctimas y cuyo estudio culmina con la identificación de cada víctima.⁷

Los hechos relacionados con incendios y explosivos son de suma importancia para la investigación en el campo de la criminalística, dado que los incendiarios pueden tener la intención de cubrir alguna evidencia importante y así confundir al investigador.⁸

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos. La exposición a un incendio puede producir la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves. Para que se inicie un fuego es necesario que se den conjuntamente estos tres factores: combustible, oxígeno y calor o energía de activación.⁹

Por todo lo anteriormente expuesto en este estudio se han analizado los cambios que sufren la amalgama dental y el esmalte cuando las piezas dentarias se someten a altas temperaturas.

En la actualidad, debido a la necesidad de obturaciones dentales resistentes y duraderas, se emplean amalgamas; las cuales al formar parte de la estructura dental, se ven sujetas también a todos los cambios y daños causados por condiciones adversas como son: fracturas por traumas, agrietamientos y cambios fisicoquímicos por altas temperaturas.

La amalgama dental es una aleación de mercurio con uno o más metales. Es una mezcla de mercurio líquido con partículas sólidas de plata, estaño, cobre y a veces zinc, paladio, indio y selenio. La combinación de metales se conoce con el nombre de aleación de amalgama. Existe diferencia entre la amalgama dental y la aleación para amalgama que se produce y comercializa en forma de pequeñas partículas de limaduras o esfenoidales, o una combinación de ambas, las cuales son aptas para ser mezcladas con el mercurio líquido y así obtener la amalgama dental.

La especificación no. 1 de ANSI/ADA American Dental Association incluye un requisito sobre su composición. La composición química debe incluir esencialmente plata y estaño. Puede incluir cobre, zinc, oro, paladio, indio, selenio o mercurio en pequeñas cantidades. Se pueden añadir metales como paladio, oro e indio, en pequeñas cantidades y cobre en cantidades superiores para modificar la resistencia a la corrosión. Se pueden agregar éstos y otros elementos, siempre y cuando el fabricante remita la composición de la aleación junto con datos clínicos y biológicos adecuados al Council on Scientific Affairs de la American Dental Association para demostrar que la aleación es segura para su uso en boca si se cumplen con las instrucciones.¹⁰

La composición de las aleaciones para amalgama dental se clasifican en:

1. **Aleaciones para amalgama convencionales** 65-70% en peso de plata y 26-28% en peso de estaño, 3 a 5% de estaño y en ocasiones 1% de zinc.
2. **Aleaciones con alto contenido de cobre**, más del 13% y hasta el 28-29% en peso.
3. **Aleaciones para amalgama de fase dispersa.**¹¹

Se inició su uso en Francia en 1826. Townsend, mejoró las propiedades de la amalgama con una aleación de plata y estaño en partes iguales y Flagg, mejoró esta aleación modificándola con 60% de plata 35% de estaño y 5% de cobre.

En 1896, Black estudió y demostró que una aleación con un 68% de plata y proporciones menores de estaño, cobre y zinc, confería a la amalgama resultante mejores propiedades a las utilizadas hasta entonces. Pasando a Estados Unidos bajo la denominación de pasta de plata.

Hacia 1900 se utilizó la “amalgama de cobre” tratando de aprovechar el efecto bactericida del cobre, no consiguiendo el resultado esperado, hoy en día se utilizan amalgamas con cobre y sin cobre.

En Estados Unidos y Europa se han realizado aproximadamente 200 millones de restauraciones con amalgama, a pesar de no ser estética y de la información negativa sobre los efectos nocivos para la salud que últimamente se ha determinado por el uso del mercurio.

La amalgama tiene ya una historia prolongada donde periódicamente han surgido dudas acerca de la biocompatibilidad de ese material, en particular por la generación de reacciones alérgicas al mercurio. Aún así, se ha demostrado que no existe ningún material donde el 100% de la población sea inmune el 100% del tiempo. No obstante, estas respuestas alérgicas suelen desaparecer al cabo de pocos días; en caso contrario basta con eliminar la amalgama. Aparte de diversos informes sobre la acumulación del mercurio, no se han demostrado otros efectos locales o sistémicos derivados del mercurio presente en las amalgamas dentales. Si se utiliza correctamente, la biocompatibilidad de la amalgama no debe ser ningún problema.¹²

Las amalgamas dentales tienen algunos inconvenientes: su color no coincide con el de la estructura dental, son más frágiles y menos resistentes de lo deseable, están expuestas a la corrosión, pueden sufrir deterioro marginal con el tiempo y no se unen bien a la estructura dental.

Una de las tareas más significativas de la medicina forense es la que realiza una autopsia o examen *postmortem*; la autopsia médico-legal, cuya función es múltiple, incluye los siguientes objetivos:

1. La identidad del cuerpo.
2. La causa de la muerte.
3. La naturaleza y el número de heridas.
4. El tiempo de muerte.
5. La presencia de veneno.
6. La expectativa de duración de vida en casos de pólizas de seguros.
7. La presencia de una enfermedad natural y su contribución a la muerte, en especial cuando también hay traumatismo.
8. La interpretación de las heridas, sean criminales, suicidas o accidentales.
9. La interpretación de cualquier otro trastorno no natural, incluidos aquellos relacionados con procedimientos médicos o quirúrgicos.¹³

Los trabajos de identificación requieren una metodología donde se involucran diferentes métodos científicos entre los que se incluyen:

- a) La presencia de tatuajes, o cualquier tipo de señales sobre la piel, como lunares y cicatrices.
- b) Identificación de restos esqueletizados.
- c) Estudio del sexo y la edad probable.
- d) Estimación de la estatura.
- e) Estudios antropométricos de cráneo y reconstrucción facial.
- f) Estudio de genética molecular (ADN).

g) Identificación por métodos odontológicos.¹⁴

Este preámbulo escrito, es una síntesis de lo referente a la medicina y odontología forense; así como, a los métodos de identificación de víctimas; representando al mismo tiempo el contexto dentro del cual se llevó a cabo este trabajo, de tal manera que la idea de realizarlo, surge de la necesidad objetiva, de resolver algunos problemas que se presentan en nuestro entorno y en general a nivel internacional.

El estudio que se llevó a cabo se presenta por apartados: En el primero se menciona la introducción, en el segundo se hace alusión a los antecedentes históricos de los estudios realizados acerca de los efectos del calor sobre los dientes y sobre identificación de víctimas de fuego por medio de los dientes. En el tercer apartado se lleva a cabo la justificación del trabajo realizado. Se menciona la tasa muy alta de asesinatos en la ciudad de Culiacán, Sinaloa (México), y el intento de hacer desaparecer cualquier indicio o evidencia que permita la identificación de las víctimas o posibilite descubrir al agresor. Posteriormente se presentan los objetivos que se persiguen al realizar este trabajo de tesis, las variables que se relacionaron en esta investigación y las hipótesis que se intentaron probar en este estudio, además de la justificación, la presentación de resultados de la investigación, el análisis de datos, criterios de aplicación, la discusión y las conclusiones, además de la bibliografía y se concluye la investigación con los anexos.

II. ANTECEDENTES

Existen antecedentes históricos acerca de las investigaciones desarrolladas sobre los tejidos dentarios, así como los distintos materiales empleados en los tratamientos dentales. Aquí se presentan algunos estudios relacionados con los cambios en la coloración y el aspecto de los dientes y de las estructuras óseas en función de la temperatura.

El fuego ha constituido para los hombres y mujeres un elemento básico para su mantenimiento y desarrollo, pero igualmente es positivo y es a su vez un enemigo implacable cuando deja de ser dominado.¹⁵

El incendio es una combustión viva que se propaga, por efecto de las llamas que produce, destruyendo todos los materiales combustibles que se encuentran a su paso.

La combustión, conforme lo demostró Lavoisier en 1787, no es otra cosa que un proceso de oxidación, es decir una reacción mediante la cual un elemento se combina con otro alcanzando un grado de oxidación mayor. Conforme este principio, los materiales que intervienen en una combustión quedarían clasificados en dos grandes grupos: a. Los combustibles que arden y b. Los comburentes que posibilitan esa combustión, siendo el oxígeno del aire el comburente habitual en estos casos.¹⁶

El fuego es una reacción química en cadena con desprendimiento de luz y calor, donde intervienen tres elementos (combustible, calor y oxígeno) conocidos como el triángulo del fuego.¹⁷

Combustible:

Los materiales combustibles los encontramos en tres estados:

sólidos, líquidos, gaseosos.

madera, gasolina, propano.

papel, alcohol, butano.

tela, thinner, acetileno.

cartón, diesel, hidrógeno.

plástico, aguarrás, metano.

Todo material combustible debe calentarse para producir vapores inflamables que combinados con el oxígeno y la fuente de ignición producen fuego.

El oxígeno:

La atmósfera está compuesta por un 100% de volumen distribuido de la siguiente manera: 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y un 1% de gases nobles. Normalmente el fuego requiere de un mínimo del 16% de oxígeno y un máximo de 21%, en las mezclas inferiores al 16% el fuego entra en un estado latente y eventualmente se extinguirá por falta de oxígeno.

El calor:

Las fuentes de calor (en un accidente) a menudo pueden originarse en un equipo que falla o en el equipo encendido, mientras éste trabaja apropiadamente (hornos, calderas, secadores y otros).

El calor es el elemento más importante del producto de la combustión para la propagación del fuego, permitiendo que otros materiales emitan vapores inflamables que combinados con oxígeno forman una mezcla explosiva.

Reacción en cadena:

Una vez que se ha presentado la combustión, o sea, que se ha dado inicio el fuego, se presenta un cuarto factor y éste es la reacción química en cadena. Esta es una reacción autosuficiente que produce energía o productos que pueden causar reacciones ulteriores de la misma clase.¹⁷

En los estudios presentados en estos antecedentes se mencionan las modificaciones de los tratamientos dentales por efecto de la temperatura y el fuego. Otros aspectos importantes citados, son los factores físicos que producen cambios en el cadáver y que son de interés médico-legal.

La identificación humana de las víctimas de fuego es abordada por Brkic,¹⁸ en un artículo sobre los resultados y métodos de identificación dental en mil cadáveres en mal estado de conservación. También se incluye una revisión de los procedimientos de

identificación humana recomendados en situaciones de accidentes con múltiples víctimas o grandes catástrofes.

La odontología forense es la manipulación adecuada, el examen y la evaluación de los indicios dentales en interés de la justicia. Del estudio de los dientes se puede derivar la estimación de la edad y datos sobre la identificación.

Los dentistas forenses participan en las siguientes áreas de especialización:

- Identificación de restos humanos.
- Identificación de víctimas en grandes catástrofes.
- Evaluación de las lesiones de la mordedura
- Evaluación de los casos de maltrato (infantil, nupcial, anciano)
- Participación en los casos civiles por mala praxis.
- Estimación de la edad.¹⁹

El primer manual de Interpol sobre identificación de víctimas de grandes catástrofes fue publicado en 1984, como el resultado del trabajo de dos años por el Comité permanente para la organización e identificación de víctimas de grandes catástrofes, que puso en marcha un grupo de trabajo especial sobre el tema.^{20,21}

II.1 Efectos de la temperatura sobre los tejidos dentarios y los materiales empleados en los tratamientos dentales.

Entre las investigaciones llevadas a cabo en este aspecto, podemos mencionar, el trabajo de Nossintchouk en el año de 1991, que presenta en su libro Manuel d'Odontologie Médico-légale, que a su vez está apoyado en otros trabajos previos realizados por Dyer y Esch (1976), en donde se muestra un conjunto de resultados sobre la acción del fuego;

además de un resumen de los cambios de coloración del mismo, dependiente de la temperatura que se alcanza.

Los trabajos de carbonización experimental de Franchet-Nossintchouk-Tavernier²², en el año 1989, presentan el proceso de destrucción por la acción del fuego y los colores que van adquiriendo los dientes en las diferentes fases de la carbonización. Es importante notar que cuando la temperatura alcanza umbrales de 1,200°C, la pieza dental inevitablemente se pulveriza.

II.1.1 Cambios en la coloración y el aspecto de los dientes y de las estructuras óseas en función de la temperatura.

Dechaume y Derobert (1934)²² relacionan la temperatura con la coloración y modificaciones en la estructura del diente (agrietamiento poco profundo, fisuras y agrietamiento de las raíces hasta caída del esmalte). Observándose una fuerte disminución en el volumen, un torcimiento y una coagulación de las raíces cuando son expuestas a temperaturas de 800°C.

Acerca de las estructuras óseas faciales en función de la temperatura, existe un trabajo muy interesante de Nossintchouk y Tavernier²² en el año 1983, sobre estudios radiográficos de la cara y del perfil, un examen dental, así como un examen de las restauraciones dentales y las prótesis. Además se realizó un examen fotográfico, disección de tejidos carbonizados, estudios histopatológicos y serológicos.

Cabe destacar que los resultados expuestos determinaron que los dientes están cubiertos de un revestimiento ennegrecido donde el esmalte dentario presenta un aspecto brillante metálico de 300 a 400°C. Tras un examen minucioso parece que simula una reconstrucción protésica o un acto de odontología conservadora. Las variaciones de volumen de las estructuras óseas y de los órganos dentarios son apreciadas en los fragmentos. Estas correcciones traerán aportaciones a las medidas antropológicas en caso de que se encuentren unos restos esqueletizados.

Las amalgamas de acuerdo con su naturaleza molecular, ceden su capacidad de resistencia a la acción del fuego, siendo el mercurio el primer componente que empieza a perderse a 870°C. Los silicatos empiezan a separarse de los dientes cuando la temperatura se halla entre los 800 y 1,000°C. Sin embargo, se conserva la forma de la cavidad, los dientes deberán buscarse en los alveolos de la cavidad bucal del cuerpo carbonizado.

Un diente expuesto al calor puede experimentar los siguientes cambios: quedar intacto, quemado (manchado superficialmente y cambio de color), carbonizado (reducido a carbón por combustión incompleta), incinerado (reducido a cenizas) y/o estallado.²³

II.1.2 Modificaciones de los materiales dentales por efecto de la temperatura y el fuego.

En 1991 Nossintchouk²², en su estudio destaca la resistencia del material dentario y prótesis bajo la acción del fuego. El estudio comprende una presentación de materiales que se utilizan en la reconstrucción dental, como es el platino, la amalgama, y los aceros, cuando son sometidos a diversas temperaturas en las amalgamas se forman burbujas y esferas gaseosas, al someterlas a 175°C durante 15 minutos, vuelven a su estado previo tras su enfriamiento; sin embargo, a 200°C, las amalgamas se disocian y el mercurio es liberado a temperaturas mayores, la amalgama adquiere el aspecto de un depósito polvoriento. Las amalgamas de cobre son más resistentes a la temperatura. Para los aceros cromados con níquel y molibdeno el intervalo de fusión es el de 1,370 a 1,450°C.

II.2 Factores que producen cambios en el cadáver y que son de interés médico-legal.

Es difícil que un cuerpo se destruya totalmente en un incendio, aunque hay casos raros descritos en catástrofes aéreas o bajo violentos y grandes incendios consecutivos a ataques bélicos de pueblos o ciudades.

Por lo general se conservan algunos elementos, como son restos óseos y dentarios. Se ha establecido que para incinerar a un sujeto adulto se requieren 60 minutos a una temperatura de 800°C y 2 horas a 400°C.²²

Si la acción del fuego está limitada por la intensidad de la temperatura; entonces, las modificaciones en los cadáveres son moderadas y las retracciones articulares pueden estar acompañadas de desgarros. La piel adquiere un tinte negruzco, despegado, en pedazos de tejidos por debajo y a los lados de color grisáceo. Los pelos son cercenados y resisten hasta 175°C y se carbonizan entre 300°C y a 400°C, las vísceras casi siempre se conservan en buen estado. Con la intensidad del calor, donde la temperatura de inducción térmica es mayor, la retracción se hace más considerable y la piel negruzca se carboniza, las masas musculares son destruidas, los miembros se descomponen de forma espontánea sólo al tocarlos de manera repentina los cuerpos se adelgazan, deforman y estallan.

Una cremación experimental a temperaturas de 500° C y un tiempo de exposición de 30 minutos, permite medir los resultados de la carbonización. El cadáver adquiere un color negro carbón, los músculos contiguos al cráneo no quedan más que jirones o pedazos, los músculos de la caja craneana son desmenuzables es decir ceden bajo poca presión, la masa encefálica se escapa por los orificios (vacuolización cerebral). Los músculos faciales son calcinados y desmembrables y los cartílagos de la pirámide nasal son calcinados y retraídos. Las fosas pterigomaxilares se vacían parcialmente y los restos que permanecen son reducidos a masas negras y desmembrables. Los revestimientos de las encías y paladar se deshacen y desaparecen parcialmente. Los dientes se recubren de un color negruzco, los tejidos de la mandíbula desaparecen totalmente, las tablas externas y los cóndilos son adelgazados. Los tejidos de los carrillos son carbonizados se oscurecen, los labios son fuertemente retraídos y ennegrecidos, la lengua se retrae en una masa carbonizada.²²

Con base en aquellas descripciones de los estados corporales expuestos al fuego intenso se requiere de un criterio, que permita la identificación de víctimas que han sido sometidas a altas temperaturas.

II.3 Identificación humana.

La identificación humana es un proceso que reúne las mas diversas áreas del conocimiento, pudiendo estar o no asociada a recursos computarizados o de imágenes. Los medio más comunes de identificación humana son el reconocimiento visual hecho por parientes o amigos y la identificación por medio de la dactiloscopia, pero ambos tienen sus limitaciones, pues los cuerpos que se presentan carbonizados, esqueletizados, o en fase adelantada de descomposición dificultan la identificación por medio de estos métodos.^{24,25}

La identificación es el proceso mediante el cual se recogen y agrupan ordenadamente las diferentes características de una persona. Este proceso es parte de la medicina legal y está relacionado con aspectos administrativos, sociales y económicos (herencias, seguros de vida, indemnizaciones).²⁶

El establecimiento de la causa y el mecanismo de muerte de las víctimas mortales de una gran catástrofe son problemas prioritarios que exigen la práctica de una autopsia judicial completa. Por el tipo de problemas médico-legales que se plantean en estos casos puede resultar especialmente relevante la descripción del estado de los vestidos y objetos personales, y un exhaustivo examen externo del cadáver, con incorporación de fotografías y esquemas de las posibles lesiones, o datos identificativos como estigmas, cicatrices, tatuajes, etc. Además del examen interno completo incluyendo todas las cavidades, resulta pertinente la práctica de estudios complementarios toxicológicos y de anatomía patológica para detectar la presencia de intoxicaciones (farmacológica, drogas de abuso o alcohol), y confirmar las lesiones morfológicas que justifiquen la causa de la muerte.²⁷

El servicio de medicina forense de la ciudad de México, SEMEFO-CAPEA D.F. utiliza para identificar personas, desaparecidas o extraviadas, vivas o muertas, un manual propuesto por la doctora Briseño.²⁸

II.3.1 Aplicación de métodos de ADN

Barbería y cols. (2005) presentan un exhaustivo trabajo sobre la organización y metodología para la identificación de víctimas del tsunami en Tailandia. En este estudio se

menciona la importancia de la obtención de la información dental *antemortem* y *postmortem*, así como la aplicación de los métodos de ADN.²⁹

Cabe mencionar aquí el trabajo publicado por Penacino (1997)³⁰ acerca de la aplicación de métodos de biología molecular y extracción de ADN para la identificación de personas en casos de paternidad discutida o desastres masivos.³⁰

II.3.2 Estudio de los arcos dentales.

Cuando no se tiene disponible las historias clínicas *antemortem*, es necesario recurrir a combinaciones de métodos tales como se menciona en un artículo de Nedell y cols. (2009) donde se realiza un amplio estudio de ADN de los arcos dentales de las víctimas *postmortem*.³¹

Sin embargo, existen situaciones donde las grandes catástrofes pueden tener causas totalmente imprevistas, tales son aquellos causados por ataques terroristas que hoy han aumentado su frecuencia en todo el mundo. El arma de ataque puede ser diversa como: agentes químicos, bacteriológicos, explosivos, etc., que hacen aun más compleja la labor de identificación de víctimas.^{32,33}

II.3.3 Determinación del sexo.

Un método para conocer el sexo de la víctima es la determinación del diámetro mínimo supero-inferior de cuello femoral, También es posible obtener este dato utilizando las mediciones de talud y calcáneo.^{34,35}

II.3.4 Identificación por medios radiográficos.

La toma de radiografías sistemáticas y sus exámenes en intervalos regulares en repetidas ocasiones, sería los métodos más recomendables deseables. Tomando en cuenta ambos aspectos, se deben recomendar tomas de radiografías posteriores en intervalos 1-3 años, dependiendo de la edad de los individuos y su *status* de grupo de riesgo, así como la historia de caries dental (bajo o alto riesgo).³⁶

Es de especial importancia hacer mención del trascendental trabajo realizado por Bush y cols. (2006)³⁷, donde se establece la identificación de las víctimas a través de fluorescencia (XRF) de los dientes restaurados con materiales de resina, el trabajo se realizó en individuos cremados y no cremados.³⁷

Briseño (2007)³⁸ en México, ha estudiado la comparación de radiografías, como método de identificación personal en cadáveres carbonizados para lo cual, se efectúa previamente una autopsia o necropsia oral, la cual se ejecuta de manera exclusiva en el caso de cadáveres carbonizados. La técnica quirúrgica de elección, consiste en realizar cortes a la altura de las comisuras bucales derecha e izquierda, en dirección de trago auricular, prolongando este corte por toda la extensión de los músculos maseteros, con sumo cuidado, evitando fracturar las coronas clínicas dentales, las cuales pueden estar muy frágiles debido a la acción del fuego, sobre todo, los correspondientes a los dientes anteriores, hasta llegar a la zona de la articulación temporomandibular. A continuación se abate la mandíbula; desarticulándola de la cavidad glenoidea, para así observar, estudiar y valorar cada órgano dentario, con los parámetros de la necropsia medico-legal; metódica, completa de forma gráfica, iniciando por el tercer molar superior derecho, continuando hasta el tercero izquierdo, en el sentido de las manecillas del reloj y finalizar en el tercer molar inferior izquierdo; el estudio que presenta se denomina: La radiología en la investigación estomatológica forense.³⁸

La identificación mediante la superposición de imágenes es una propuesta metodológica se explica en un artículo escrito por Alemán y cols.³⁹

II.3.5 Identificación por medio de los dientes.

La identificación dental se obtiene cuando del proceso de comparación de los datos dentales *antemortem* y *postmortem* se concluye que existen coincidencias suficientes, y ninguna discrepancia absoluta, que permitan al odontólogo forense alcanzar un grado de certeza suficiente para establecer la identidad entre el cadáver y los datos clínicos dentales del paciente.

La identificación por medio de los dientes se hace necesaria cuando ha sido imposible la identificación por otros medios.

Los rasgos más importantes por identificar son:

- Especie
- Sexo
- Talla
- Edad
- Grupo Racial
- Ocupación
- Nivel socioeconómico
- Lugar de origen.⁴⁰

II.3.6 Identificación de víctimas de fuego.

La identificación personal de las víctimas de fuego es abordada en un trabajo realizado por Brkic (1998)¹⁸, en un artículo que comunica los resultados y métodos de identificación dental de 1,000 individuos inhumados en Croacia. Además de las catástrofes de origen natural y los accidentes de tráfico, las guerras, de acuerdo a Brown (1984)⁴¹ también representan una forma de desastres masivos en los cuales gran número de víctimas puede desaparecer o morir.

En esa labor de identificación humana liderada por Brkic¹⁸, participaron un odontólogo forense, un antropólogo forense y técnicos especialistas en identificación genética de muestras biológicas obtenidas de la pulpa dental y la dentina. Es importante observar el criterio utilizado, donde los trabajos de los odontólogos se combina con los parámetros antropológicos, como la edad, sexo y peso, así como otras características específicas: tatuajes identificación personal, ropa, joyería y tipos de ADN. En este estudio, los hallazgos derivados del estudio de los dientes fueron muy relevantes en los procesos de identificación de los individuos; destacando, el tamaño, la forma y material de aplicaciones protésicas, extracciones de dientes, amalgamas, restauraciones y caries dental. Las

variaciones antropológicas de los dientes tales como forma, tamaño, color y edad fueron usadas en la confirmación de identificación del total de los casos.¹⁸

Un estudio retrospectivo realizado por Andersen (1994)³⁶, analiza el poder de los indicios odontológicos en víctimas que sufrieron quemaduras. En el trabajo se revisó la información *antemortem* y *postmortem*. Se representaron los grupos por edades y cabe señalar que la identificación por datos dentales u odontológicos es considerada en la actualidad como uno de los métodos más confiables para la identificación humana. En el estudio se concluyó que la identificación dental fue un poderoso instrumento en la identificación de las víctimas por quemaduras.

En el estudio realizado por Valenzuela y cols, (1999)⁴² en relación a la identificación de 28 víctimas humanas quemadas en un accidente de autobús en España, utilizan procedimientos forenses *postmortem*, para identificación, que incluyen un examen externo general, fotografías de rutina y radiografías, complementadas con métodos biológicos. La identificación dental permitió el establecimiento de la identidad de las víctimas en un 57% de los casos. Cuando las víctimas eran menores de 20 años de edad, el porcentaje de identificación por métodos dentales fue más alto (76% de víctimas en este grupo de edad). El establecimiento de la edad dental permitió conocer la identidad de cuatro víctimas. El estudio presenta una relación de alteraciones orales, establecimiento de la edad dental con otras patologías encontradas, sexo, y algunas observaciones específicas del estado de salud oral, y su utilidad para el establecimiento de la identidad.⁴²

Las contribuciones de la odontología a la identificación de las víctimas fueron muy importantes en uno de los más trágicos desastres en la aviación militar de EE.UU. y la historia (diciembre de 1985) de un accidente DC-8 cerca de Charter Gander, Newfoundland, Canadá (ahora conocida como Terranova y Labrador), en el que murieron 248 militares y 8 tripulantes²⁵. La mayoría de los registros dentales de las víctimas militares fueron destruidos en el accidente y, como consecuencia de ello, esta pérdida, les causó dificultades en el trabajo de identificación. Ese artículo documenta el trabajo odontológico de la organización, metodología y una notable variedad de problemas con los cuales el equipo investigador tropezó.²⁵

Según los resultados obtenidos en el trabajo de Espina (2004)⁴³, las alteraciones macroscópicas y microscópicas de los tejidos dentales provocados por la exposición al fuego, pueden proveer información útil acerca del tiempo que la pieza dental permaneció expuesta al mismo. Se considera que es posible detectar patrones de comportamiento diferente en dientes expuestos al fuego directo, los cuales están en relación con la edad cronológica del individuo.⁴³

Moreno y cols. (2007)⁴⁴ llevaron a cabo un estudio sobre dientes sometidos a diversas temperaturas (de 200°C a 1200°C) donde se analizan los cambios macroscópicos y microscópicos que sufren las piezas dentales y los materiales de restauración.

Entre los cambios macroscópicos están los cambios de color, desprendimiento del esmalte y desadaptación; y entre los cambios microscópicos el sistema de fisuras y grietas desarrolladas a causa de las grandes temperaturas; con la información recabada se intenta construir parámetros que coadyuven a la identificación de víctimas quemadas.

En grandes catástrofes con múltiples víctimas, la identificación es siempre difícil por el gran número de cuerpos mutilados y requiere el involucramiento de equipos multidisciplinarios. El proceso de identificación dental varía considerablemente dependiendo de la naturaleza del accidente, la nacionalidad y el país de residencia de las víctimas, la incidencia de tratamientos dentales, la disponibilidad de historias clínicas adecuadas y el grado de los daños dentales.

La composición de las comisiones de identificación dental puede ser diferente para cada accidente, como lo fue en los casos publicados por Valenzuela y cols. (2002), en los que participaron patólogos forenses, odontólogos forenses, radiólogos asistentes, técnicos forenses y policías del departamento de identificación de la Guardia Civil de Madrid, España. Los procedimientos de la investigación fueron similares en ambos desastres. La identificación humana depende de dos factores: 1) La disponibilidad de información antemortem suficiente obtenida de las historias clínicas y facilitada por los familiares y 2) La existencia de materiales postmortem suficiente para completar la historia clínica y otros datos de identificación. La identificación de víctimas de fuego es muy difícil por los daños serios y/o desintegración de los cuerpos de los muertos. El motivo de ese estudio fue

discutir las ventajas y limitaciones de los métodos dentales para la identificación de víctimas quemadas. En ambos accidentes todos los cadáveres se encontraban casi completamente calcinados. Se describen los procedimientos de comparación para la identificación y las diferencias significativas en la eficiencia de métodos dentales entre los dos accidentes, destacándose la importancia de la organización, planificación y experiencia personal en estos sucesos.⁴⁵

Las características únicas de la dentición humana sirven de apoyo para la identificación personal, al igual que las pruebas de DNA. Las comparaciones dentarias tienen gran importancia en la identificación de víctimas de violencia en grandes catástrofes y en accidentes con múltiples víctimas. La identificación dentaria clásica utiliza la comparación de registros *antemortem* y *postmortem* (principalmente notas escritas y radiográficas) para determinar similitudes y excluir discrepancias. Muchas veces la identificación del individuo no es lograda cuando no existen los registros *antemortem*. En esta situación se realiza un perfil biológico dental que pueda ayudar en la búsqueda de la identidad. Con este perfil el odontólogo forense puede identificar y relatar indicadores para la edad en el momento de la muerte, características raciales (dentro de los cuatro grupos étnicos mayores) y sexo. En adición a esto el odontólogo forense puede ser capaz de dar más detalles individuales.⁴⁶

Conservar los rasgos faciales del cadáver es importante cuando se practica la autopsia bucal, aun después de haber estado expuesto a la acción de altas temperaturas. En algunos trabajos sobre los procesos de identificación en grandes catástrofes, la información decisiva para la identificación de los cadáveres, surgió a partir de las rondas de reconocimiento visual en las que participaron familiares y amigos de las víctimas. Se hacen consideraciones en cuanto al manejo cuidadoso con el cual deben tratarse tanto las piezas dentarias como los rasgos faciales, cuando se llevan a cabo las maniobras necesarias para el abordaje de la cavidad bucal. El reconocimiento visual representa un medio orientador en el proceso de identificación médico-legal, en conjunto con otros elementos de identificación personal. Esto es especialmente útil en los países en vías de desarrollo donde los registros

dentales ante-mortem no son fácilmente localizables y no se dispone de técnicas de biología molecular, como el perfil de ADN.⁴⁷

La elevada resistencia ante las agresiones físicas y químicas que caracteriza las piezas dentales, hace que en muchos siniestros la evidencia dental sea la única disponible. Sin embargo, durante la autopsia bucal, la manipulación de las estructuras dentarias quemadas debe ser cuidadosa, para evitar la pérdida de información valiosa, se debe tener en cuenta los daños estructurales que éstas experimentan debido a la acción del fuego, los cuales a su vez proveen claves valiosas en las investigaciones criminalísticas y cuando se estudian incendios.

Otro aspecto muy importante a considerar dentro de los procedimientos de identificación médico-legal, son las condiciones de sufrimiento y confusión en la que quedan sumergidos los sobrevivientes y familiares de las víctimas de un desastre masivo. Se hace necesario entonces, realizar futuras investigaciones acerca del comportamiento de estos individuos en el marco de la cultura propia de los países, en especial latinoamericanos, ya que por lo general, sus patrones morales-religiosos contemplan el respeto hacia la integridad de los muertos y la necesidad de conservar los cadáveres intactos. Estos valores se encuentran fuertemente arraigados en la mentalidad de la población, por lo que se observa con elevada frecuencia que los familiares de las víctimas muestran rechazo hacia la ejecución de algún tipo de autopsia u otro procedimiento invasivo, requerido para la identificación de los cadáveres.⁴⁷

En situaciones de accidentes con múltiples víctimas, se necesitan los servicios de dentistas forenses para determinar la identidad de las víctimas. En América del Norte y Europa, los equipos de dentistas forenses realizan ejercicios de simulacro de desastres. Es vital que en estos ejercicios de simulacro se reproduzcan las características reales de situaciones de desastre, en la medida de lo posible. Pretty⁴⁸ realizó un estudio para determinar las características de los desastres a que había asistido el personal dental. A través de un cuestionario, los datos se solicitaron a 38 odontólogos. La media de los desastres a la que asistieron los encuestados fue de ocho, con un promedio de 94 el número

de víctimas. Los accidentes de aeronaves fueron la causa más frecuente, que atendieron los odontólogos. Los autores concluyen que los futuros ejercicios de simulacro de desastre deben reproducir las características de los accidentes de aeronaves tan estrechamente como sea posible; además, éstos deben exigir la identificación de un número realista de personas para garantizar la autenticidad y el máximo de preparación logística de los participantes.⁴⁸

En un trabajo presentado por Miguel y cols.(2009)⁴⁹ se menciona una forma de conocer científicamente la probable resistencia de los dientes al fuego, colocando distintas piezas dentarias con diferente forma, estructura, estadio de extracción, restauraciones y caries en un moderno horno para prótesis de porcelana, con la finalidad de observar los cambios que se fueran produciendo, y tener ideas más precisas para aplicar los conceptos en los peritajes sobre cadáveres y piezas dentarias sometidas a los efectos de la temperatura.⁴⁹

Millet (2006)⁵⁰ presenta una colección de colores sobre los dientes cuando cambia la temperatura sobre ellos, también muestra los cambios de color que sufren las amalgamas cuando son sujetas a cambios de temperatura.⁵⁰

El estudio de la evolución del color en los dientes al cambiar la temperatura de menor a mayor, tuvo sus orígenes en la investigación de la evolución del color de los huesos cuando son sometidos a temperaturas diversas de menor a mayor (Devlin 2008).⁵¹

Los estudios de la evolución del color en los dientes tuvieron sus orígenes cuando ya existía una gran cantidad de investigaciones realizadas sobre los huesos en este tema. (Beach, 2008)⁵².

Relacionando algunos de los resultados observados en la investigación de los huesos con los resultados obtenidos en los estudios sobre los dientes, sobre todo en lo referente a la evolución del color. Posteriormente se realizaron investigaciones sobre el comportamiento de las piezas dentales de manera más integral, analizando además de la evolución del color los patrones de fisuras y agrietamiento en la corona, en la raíz y en las amalgamas⁵³, además de la pérdida de peso de los órganos dentales.

Aunque, de acuerdo a lo escrito anteriormente, existen muchos trabajos realizados

por otros investigadores, en el campo de la odontología forense y de la identificación de víctimas, de los cuales en esta introducción se mencionaron algunos, el estudio realizado y presentado en esta tesis, intenta colaborar de alguna manera en el desarrollo de este campo de la investigación.

En el estudio que se llevó a cabo, se estudiaron los cambios y daños sobre dientes y amalgamas considerando diversas temperaturas, edad, color y sexo. También se presentan los resultados observados en la evolución del color en el esmalte de los órganos dentales.

Existe el pleno convencimiento de que aún se requiere mucha investigación experimental, para confirmar y afinar las relaciones encontradas, siendo por lo tanto, este trabajo, apenas un paso en ese sentido.

III. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La comunidad científica forense reconoce la relevancia que tiene el estudio odontológico para obtener la identificación de cadáveres. En circunstancias en que el fuego u otros agentes externos producen graves deformidades o mutilaciones a las víctimas, lo que dificulta su identificación, la odontología colabora, junto con la antropología forense, aportando métodos y procedimientos que ayudan al diagnóstico de individualidad de las víctimas.

Sinaloa presenta una tasa de asesinatos muy alta, de 29.5 crímenes por cada 100 mil habitantes y por lo común, se acompaña de un intento de hacer desaparecer cualquier indicio o rasgo que permita la identificación de las víctimas o posibilite descubrir al agresor. Los accidentes de circulación ocurren con frecuencia, algunas veces suceden explosiones y colisiones hasta llegar al incendio del vehículo y con ello la carbonización de personas; esto hace que sea frecuente la participación de peritos odontólogos forenses que colaboren en los procesos de identificación de aquellos.

Ante los hechos que se suscitan en el país, como es el caso de incendios de conjuntos habitacionales, zonas de reserva ecológica, incendios de fábricas, plataformas petroleras y otros; hacen que la mayoría de las víctimas permanezcan irreconocibles y muchas de ellas no pueden ser identificadas por los métodos tradicionales de reconocimiento visual o por el estudio de las huellas dactilares, que en ocasiones son los únicos elementos que tiene el médico forense para su realizar su labor, creándose así una necesidad judicial, policial y social para la identificación de estas personas.⁵⁴

Además de catástrofes que ocurren a consecuencia de accidentes de avión; en cuyos casos, será necesario la recolección de datos antemortem como son: historia clínica y otros estudios, que son una importante ayuda para que el odontólogo forense obtenga información sobre el tipo de tratamientos dentales recibidos por el paciente en vida, así como otro tipo de material relevante que acompaña a la historia clínica dental.

Tratamientos odontológicos restaurativos y estéticos utilizan materiales como: amalgamas, resinas, incrustaciones, porcelanas, prótesis fija, prótesis removible, prótesis completas, endodoncias, endopostes, e implantes dentales.

Los órganos dentales son los tejidos más resistentes del cuerpo y pueden resistir a la descomposición parcial o total en periodos de cremación corto^{55,56} y son precisamente estas cualidades las que los hacen sujetos de estudio. Aunque la comunidad forense posee mucha información, no se conoce con exactitud la estabilidad exacta de cada uno de ellos, al someterlos a diferentes temperaturas, por lo cual, el propósito de la investigación experimental, nos proporcionará los criterios y conocimientos sobre su estabilidad estructural y de color, ofrecerá la posibilidad de reconocimiento de las víctimas, de calcular su edad y sexo.

Las **hipótesis de partida** son las siguientes:

1. Los daños ocasionados a los órganos dentarios en el sexo femenino, son mas severos que en el sexo masculino, sometidos a la misma temperatura.
2. La temperatura máxima a la que se destruyen los dientes rehabilitados con amalgama es mayor o igual a 600°C.
3. Hipótesis nula: Los cambios de temperatura no afectan las cualidades de los dientes.
4. Hipótesis alternativa: Los cambios de temperatura afectan las cualidades de los dientes.
5. Los órganos dentarios de ambos sexos en adultos mayores sufren daños más severos que los jóvenes para la misma temperatura.

En consecuencia, **los objetivos** que nos planteamos en el presente trabajo de investigación, son los siguientes:

- 1 Describir los cambios en el tejido dental al someter las piezas restauradas con amalgamas a diferentes temperaturas a un tiempo fijo de treinta minutos.
- 2 Analizar la estabilidad de las amalgamas dentales sometidas a diferentes rangos de temperatura, a un tiempo fijo.
- 3 Analizar las características que adquieren las piezas dentales y las amalgamas bajo diversas temperaturas.
- 4 Estudiar las posibles diferencias de los daños de las piezas dentarias en relación a la temperatura, edad y sexo.

En la presente investigación, las variables que se van a considerar son:

- a) Grado de deterioro (daño) del órgano dental.
- b) Cambio de coloración del órgano dental.
- c) Temperatura de exposición.
- d) Edad.
- e) Sexo.

El ensayo experimental consistió en aplicar temperaturas distintas sobre los dientes obtenidos de personas vivas con edades y sexos diferentes. Así mismo, observar los cambios que presentan los dientes obturados con el material dental de amalgama de acuerdo con el nivel seleccionado de temperatura durante un tiempo de exposición de 30 minutos.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV) de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México. Las piezas dentarias, convenientemente numeradas y clasificadas, se colocaron en recipientes individuales inmersas en agua bidestilada para evitar la deshidratación.

El material dental de partida consistió en 30 piezas dentales procedentes de 14 hombres y 16 mujeres. Las muestras dentales utilizadas en este estudio se obtuvieron de la clínica de enseñanza de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa y de consultorios privados de la localidad, recolectados durante dos años; los cuidados a que estuvo expuesto cada espécimen consistió en: una vez realizada la extracción, se empleó un cepillo para retirar los residuos de sangre y material orgánico, lavando al chorro de agua, en seguida se colocó cada espécimen en un frasco etiquetado con los datos de edad y sexo del paciente. Las piezas dentales se extrajeron de pacientes por motivos ortodónticos o periodontales, previa la obtención del consentimiento informado correspondiente. La experimentación con humanos realizada está de acuerdo con las normas legales y éticas y en consonancia con los principios recogidos en la Declaración de Helsinki.

En consecuencia, los dientes que fueron incluidos en esta investigación fueron aquellos que cumplieron con los requisitos necesarios para poder investigarlos, es decir fueron órganos dentales relativamente completos:

Dientes obturados con amalgamas.

Dientes extraídos por motivos ortodónticos

Dientes extraídos por motivos periodontales.

Dientes hidratados.

Dientes con todos los datos de edad, sexo.

Dientes que se puedan rehabilitar.

Los criterios de exclusión aplicados a los dientes fueron los siguientes:

Dientes deshidratados.

Dientes que no se pudieron rehabilitar.

Dientes sin los datos de edad, sexo.

Dientes obturados con otros materiales.

Por último, los criterios de eliminación se aplicaron a aquellos dientes que por razones varias, se hubieran destruido en el proceso experimental.

La preparación de las piezas dentales se llevó a cabo de acuerdo a las necesidades de la investigación; en las piezas que se encontraron con menor grado de caries se realizaron preparaciones poco profundas, eliminando la caries con una fresa de bola de carburo, se continuó alisando las paredes con una fresa de cono invertido de diamante, una vez que las paredes estuvieron alisadas se colocó una base de hidróxido de calcio y ionómero de vidrio, enseguida se procedió a colocar la amalgama (se colocó la cápsula predosificada en el amalgamador, se indicó el tiempo de aproximadamente 14 segundos, una vez concluido el tiempo se abrió la cápsula y se colocó en una manta para amalgama, sin exprimir se tomó con el portamalgama y se llevó a la cavidad, en capas condensando en cada capa hasta llegar a la oclusión para posteriormente darle la anatomía con el instrumento adecuado.

Los dientes se agruparon en número de cuatro, en función de la edad cronológica del paciente en el momento de la extracción. Un primer grupo incluía sujetos hasta 17 años de edad, el segundo grupo fue hasta 32 años, el tercero 47 y el cuarto 62 años, para ambos

sexos Es importante hacer notar que en dos intervalos de edad no estaban disponibles piezas dentarias de hombres.

Se realizó un sorteo entre los grupos de edad, para la realización del ensayo para cada temperatura (200°C, 400°C, 600°C y 800°C) iniciando con el intervalo de menor edad del grupo de mujeres, continuando con el de hombres; siguiendo el mismo procedimiento en cada uno de los intervalos. Cabe mencionar que en cada sorteo la numeración de cada submuestra se colocó en una tabla diseñada *ex profeso* (Ver Tabla 1) y así conocer el lugar de cada espécimen en el horno; con esto se formó una submuestra de ocho elementos, uno de cada intervalo para cada temperatura, de tal manera que en esta submuestra se colocan las piezas dentarias de hombres y mujeres representando a todas las edades. En total hubo cuatro submuestras, obtenidas de cuatro sorteos.

Para los 200°C se realizó un sorteo, inmediatamente se tomaron los especímenes de los recipientes en donde estaban colocados, se secaron con un campo, se sometieron a tratamiento térmico de 200°C, más tarde se tomaron fotografías con el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y por último, se fotografió con el Microscopio Óptico.

Después del sorteo de los 400°C se secaron las muestras con un campo y se realizó una toma de fotografías con el microscopio óptico. En esta ocasión se colocaron en un recubridor de muestras de vacío durante 40 minutos. Una vez finalizado este proceso, a cada una de las muestras se les colocó una marca de barniz de plata, en la cara contraria a la que se observaría en el microscopio, para obtener una fotografía posterior del mismo sitio, luego se observaron al microscopio electrónico de barrido.

Una vez realizado el procedimiento se llevó al horno a una temperatura de 400°C durante 30 minutos, tomando en una segunda ocasión las fotografías en el microscopio electrónico de barrido para hacer una comparación del antes y después del tratamiento térmico. Finalmente se tomaron fotografías con el microscopio óptico y por último, se guardó cada muestra en su respectivo recipiente.

Posterior al sorteo de los 600°C se sacaron las muestras de los frascos contenedores con agua bidestilada se secaron con un campo, se realizó la toma de fotografías ópticas,

luego se colocaron en un desecador a base de sílica de gel durante 12 hrs. luego se sometieron al tratamiento térmico, finalizando con la toma de fotografías del microscopio electrónico de barrido y del microscopio óptico.

Una vez que se tuvieron las últimas muestras, no hubo necesidad de sorteo para los 800°C y con el orden ascendente de edad, iniciando por grupo de mujeres terminando con el de hombres de mayor edad, procediéndose a retirar las muestras de los frascos con agua bidestilada, secar las muestras con un campo para luego colocarlas en un desecador a base de sílica de gel durante 12 hrs. Posteriormente se someten al tratamiento térmico, finalizando con la toma de fotografías del microscopio electrónico de barrido y del microscopio óptico.

Para concluir el experimento se realizó la observación por medio de la técnica de Espectroscopía por Dispersión de Energía (EDS) con el microscopio electrónico de barrido (MEB) para observar los cambios que generaron en la amalgama en cada temperatura.

Tabla 1 Diseño experimental, grupos de temperaturas y posición en el horno.**Temperatura de 200° C**

Desde el intervalo:

Se saca el diente:

Lugar en el horno:

| | | |
|-----|--------|---|
| I | D III | 1 |
| II | D VIII | 2 |
| III | D XII | 3 |
| IV | D XVI | 4 |
| 1 | D 4 | 5 |
| 2 | D 6 | 6 |
| 3 | D 8 | 7 |
| 4 | D 13 | 8 |

Temperatura de 400°C

Desde el intervalo:

Se saca el diente:

Lugar en el horno:

| | | |
|-----|-------|---|
| I | D II | 1 |
| II | D VII | 2 |
| III | D X | 3 |
| IV | D XV | 4 |
| 1 | D 3 | 5 |
| 2 | D 5 | 6 |
| 3 | D 10 | 7 |
| 4 | D 12 | 8 |

Temperatura de 600°C

Desde el intervalo:

Se saca el diente:

Lugar en el horno:

| | | |
|-----|----------------|---|
| I | D I | 1 |
| II | D V | 2 |
| III | D XI | 3 |
| IV | D XII | 4 |
| 1 | D 1 | 5 |
| 2 | No hay muestra | 0 |
| 3 | D 9 | 6 |
| 4 | D 14 | 7 |

Temperatura de 800°C

Desde el intervalo:

Se saca el diente:

Lugar en el horno:

| | | |
|-----|----------------|---|
| I | D IV | 1 |
| II | D VI | 2 |
| III | D IX | 3 |
| IV | D XIV | 4 |
| 1 | D 2 | 5 |
| 2 | No hay muestra | 0 |
| 3 | D 7 | 6 |
| 4 | D 11 | 7 |

El instrumental y equipamiento científico empleado fue el siguiente:

- * Jeol JSM-5800LV Scanning Microscope de alto y bajo vacío
- * Horno Linberg/blue
- * Estereoscopio microscopio Olympus SZH10 Research Stereo
- * Desecador a base de sílica de gel
- * Recubridor de muestras de vacío Denton Vacuum Desk II
- * Marcador de barniz de plata (AG)
- * Pieza de mano Concentrix
- * Amalgamador Fijo Dent
- * Cámara digital Samsun 7.0
- * Abanico de Pantone.

V. RESULTADOS

Con base en la hipótesis que se sustentó en este trabajo de investigación, se llevó a cabo un experimento que consistió en probar la estabilidad dental en amalgamas y esmalte dental, expuestos a diferentes temperaturas. Sobre este particular en tanto, el tiempo se consideró factor fijo; se clasificaron en cuatro tratamientos de calorimetría. Sin embargo, previo al análisis de los atributos mencionados, primero se analizaron los distintos aspectos de color que presentaron las piezas dentales en tanto cambiaron los grados de temperatura °C; además se propuso una tabla para valorar las grietas y fisuras que se generan bajo las circunstancias descritas (Ver tablas 2 y 3).

Los resultados de la colorimetría sobre los especímenes se vaciaron en los árboles que se adjuntan, así como el abanico de Pantone que se manejó para ordenarlos; además se empleó una escala del grado de agrietamiento para clasificar los daños estructurales en los tejidos dentarios, la escala se adjunta a continuación (Ver figuras 1, 2 y 3).

En el diagrama de los árboles se define:

Ci: Equivale al color iésimo (cualquiera de acuerdo a Pantone)

Di: Equivale al daño iésimo (del 1 al 16) de acuerdo a la tabla de grietas (Ver tablas 2 y 3).

Es importante hacer notar que debido a la escasez de referencias para clasificar dichas grietas, se ha tenido la necesidad de diseñar un método de evaluación de las mismas.

Las gráficas que se obtuvieron en el estudio experimental, relacionan las variables color, edad, sexo y temperatura.

- a) Edad vs color Pantone (ver árbol masculino y femenino)
- b) Edad vs grietas, temperatura constante a 200°C, 400°C, 600°C, 800°C
- c) Sexo vs color Pantone (ver árbol masculino y femenino)
- d) Sexo vs grietas(daño) a temperatura constante de 200°C, 400°C, 600°C, 800°C
- e) Temperatura vs color (independientemente del sexo)

- f) Temperatura vs grietas (daño) independientemente del sexo y edad.
- g) Temperatura vs grietas (daño) dependiendo de edad y sexo.
- h) Curva envolvente de temperatura vs grietas (daño) independientemente del sexo y edad.



Fig. 1 Abanico de Pantone

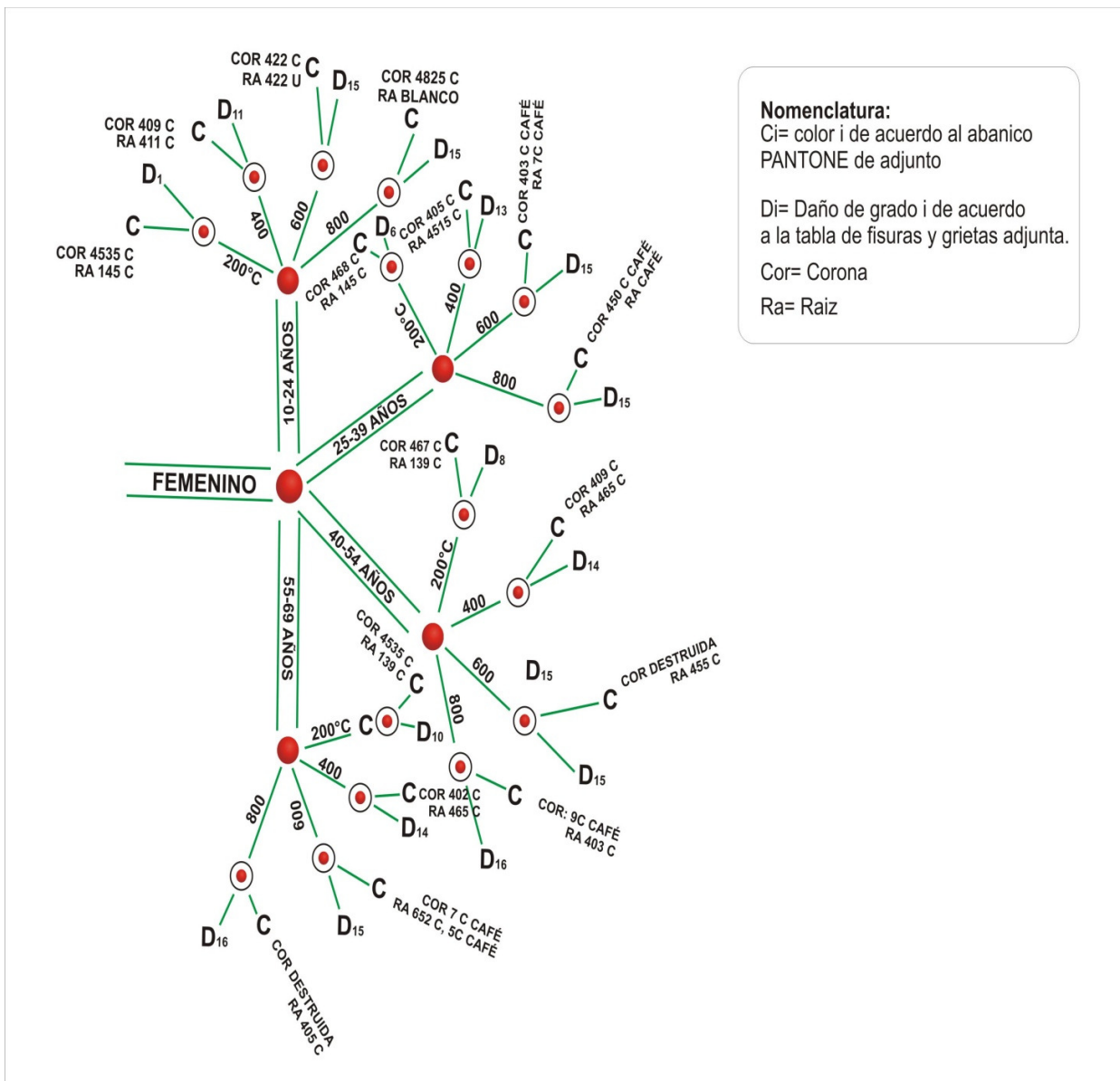


Fig. 2 Árbol femenino

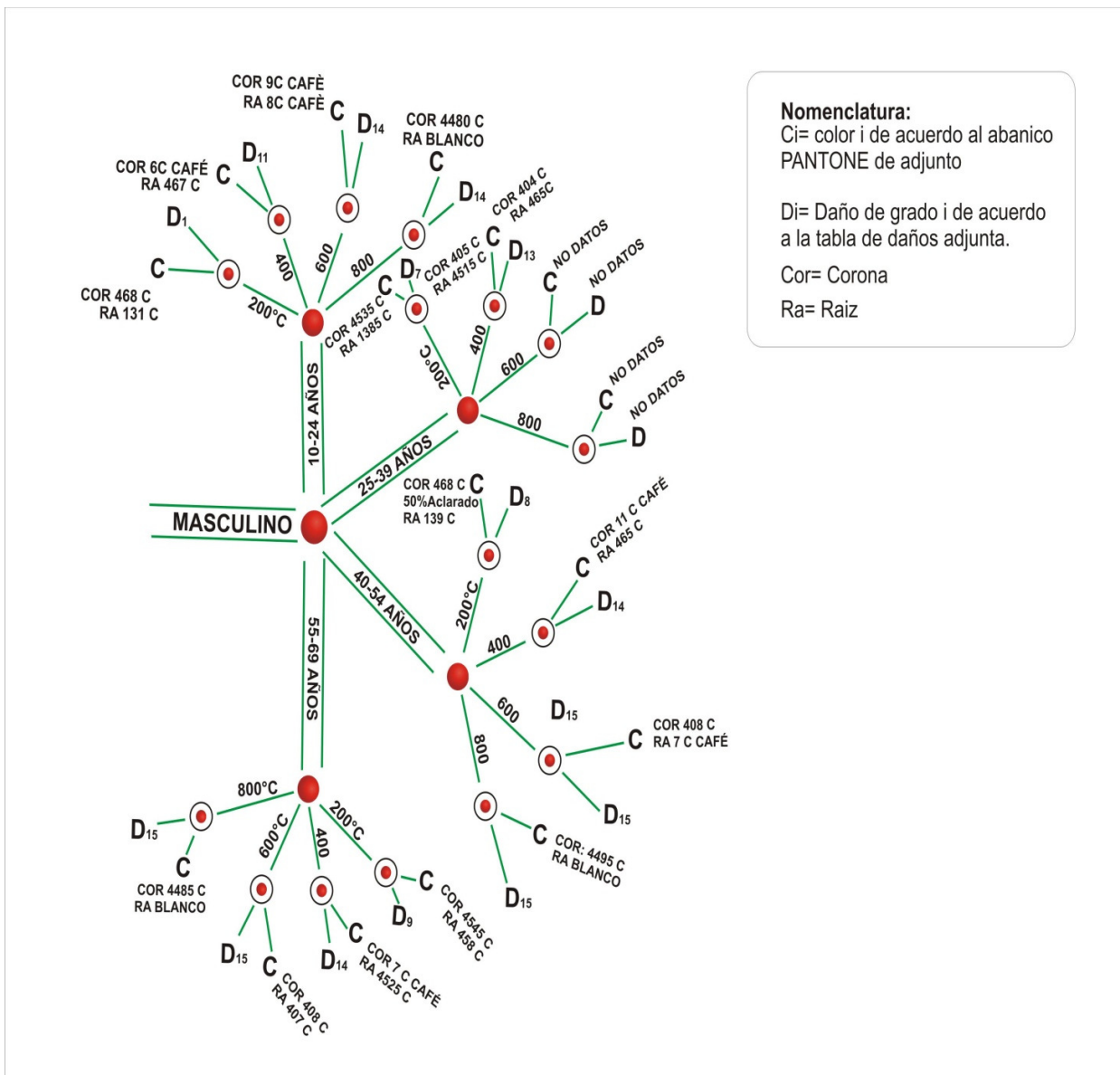


Fig. 3 Árbol masculino

Definición de daño: Daño sobre una estructura, es el evento o conjunto de eventos que amenazan a la estructura para que no pueda cumplir con su función específica.

Estructura: Elemento o conjunto de elementos que trabajan como un sistema, de tal manera, que la acción ejercida sobre uno de ellos, repercute sobre los otros y viceversa. El trabajo en forma de sistema garantiza continuidad entre los elementos estructurales.

En este caso, la estructura está representada por un órgano dental que está compuesto por corona y raíz; esmalte, dentina, pulpa y cemento.

La función específica: de un diente es cortar, desgarrar, triturar, además de contribuir a la función de fonación y estética.

Daño sobre los dientes: Cualquier evento o conjunto de eventos que amenacen con no cumplir cualquiera de las funciones arriba mencionadas. Las fisuras y grietas amenazan con que un órgano dental no puedan cumplir con estas funciones; por lo tanto, son daños a la estructura del diente.

Grado de daño, Di: Es el potencial de la amenaza sobre el órgano dental para que no pueda cumplir con su tarea específica; así, una grieta ancha profunda y ramificada vuelve inútil al diente, mientras que una grieta de baja profundidad y anchura no ramificada, todavía permite cumplir su función específica a la pieza dentaria.

En esta investigación el tamaño y forma de la grieta se considera como el valor del daño.

Tabla 2 Clasificación de fisuras; valor del daño que produce sobre el órgano dental.

| Tamaño de la fisuras | Valor numérico del daño. Di |
|---|------------------------------------|
| Fisura tipo I: Apenas perceptible, lineal simple | 1 |
| Fisura tipo II: Perceptible, lineal simple | 2 |
| Fisura tipo III: Muy perceptible, lineal simple | 3 |
| Fisura IV: Simple sin ramificación | 4 |
| Fisura V: Simple con ramificaciones abiertas | 5 |
| Fisura VI: Piel de cocodrilo con ramificaciones cerradas | 6 |

Tabla 3 Clasificación de grietas; valor del daño que produce sobre el órgano dental.

| Tamaño y forma de las grietas | Valor numérico del daño Di |
|---|-----------------------------------|
| Grieta tipo I: Ligera, simple, apenas visible y lineal | 7 |
| Grieta tipo II: Ligera ramificada (piel de cocodrilo) | 8 |
| Grieta tipo III: Anchura y profundidad significativa, mediana simple | 9 |
| Grieta tipo IV: Mediana ramificada (piel de cocodrilo) | 10 |
| Grieta tipo V: Fuerte simple, trazo oscuro y anchura mediana | 11 |
| Grieta tipo VI: Fuerte ramificada, trazo oscuro y anchura mediana | 12 |
| Grieta tipo VII: Muy fuerte destructiva simple, trazo oscuro y gran anchura | 13 |
| Grieta tipo VIII: Muy fuerte destructiva ramificada (piel de cocodrilo) | 14 |
| Grieta tipo IX: Muy fuerte destructiva ramificada (mosaico) trazo oscuro gran anchura desplazamiento de las partes, destrucción del continuo | 15 |
| Grieta tipo X: Destrucción por fragilidad, desprendimiento parcial o total de las partes | 16 |

V.1. Resultado del estudio de grietas (daño) en el esmalte a distintas temperaturas en función de la edad y el sexo.

Primero se revisó el daño ocasionado en el esmalte del órgano dental y posteriormente se continuó con el daño ocasionado en las amalgamas dentales.

Temperatura de 200°C

Clasificación: el primer paso que se dió fue definir en lo posible cuántos tipos de grietas se encontraron en las piezas tratadas térmicamente, considerando su forma y su profundidad. (Investigación de patrones de grietas).

Se analizaron las grietas a 200°C independientemente de la edad y sexo; para 23-24 años. Se observaron fisuras muy tenues a 200°C en hombres y mujeres dichas fisuras apenas se percibieron y presentaron un patrón de piel de cocodrilo.

Fueron analizadas las grietas a 200°C en 36 y 37 años de edad en hombres, se registraron grietas tenues que han dejado de ser fisuras; son grietas simples verticales; mientras que en grupo de mujeres se mantuvieron como fisuras, y no se observaron grietas importantes, continuando el patrón de piel de cocodrilo.

A 200°C para una edad de 54 años aproximadamente se observó que el patrón de fisuras de piel de cocodrilo tiende a ampliarse más, transformándose en un patrón de grietas ligeras ramificadas independientemente del sexo.

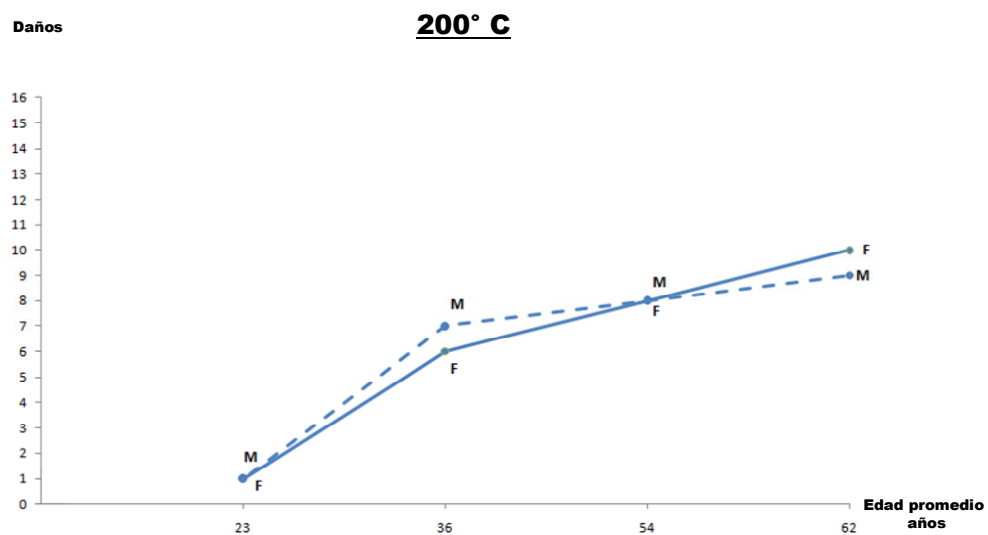
Se analizaron las grietas para una edad de 63 años aproximadamente de hombres y mujeres. Se observa que el patrón de fisuras de piel de cocodrilo se cierra más y las grietas se tornan más profundas en los hombres (grietas ligeras a medianas) mientras que en las mujeres, el patrón de fisuras de piel de cocodrilo se mantiene con aparición de grietas diagonales, de un orden mediano sobre el patrón de piel de cocodrilo.

En la Gráfica 1 se presenta un resumen del comportamiento de las piezas dentales al ser sometidas a 200°C , en función de la edad y el sexo, comportándose de la forma

siguiente: A los 200°C se presenta un mínimo de daño tanto en mujeres como en hombres a los 23 años; a los 36 años de edad va aumentando en los hombres masculino más que en las mujeres, a los 54 años se incrementa sensiblemente para ambos sexos, al llegar a los 62 años las piezas de mujeres sufren mayor daño que las de los hombres.

La tendencia de apreciación de grietas es más sensible en el hombre que en la mujer en el intervalo de edad de 23 a 36 años. Sin embargo, después de esta edad, la sensibilidad aumenta en mujeres en tanto que en hombres se suaviza ligeramente.

Gráfica 1 : Daños a 200°C dependiendo de edad y sexo



Temperatura de 400°C

Se analizaron las muestras de hombres a 400°C para edades de 16 a 26 años aproximadamente. El patrón de fisuras de piel de cocodrilo se transformó en patrón de grietas de orden mediano; se observa además que en este patrón sobresalen algunas grietas fuertes, verticales y horizontales, por tener probablemente mayor anchura y profundidad.

En el grupo de mujeres el patrón de fisuras de piel de cocodrilo se generalizó en toda la corona encontrándose también un patrón de grietas verticales de orden mediano y grietas horizontales de orden fuerte.

Este sistema de grietas amenaza con la destrucción de la estructura dental.

Se analizaron dientes sometidos a 400°C de personas de ambos sexos de 37 años de edad aproximadamente.

En el espécimen de hombre se observó que el patrón de fisuras de forma de piel de cocodrilo evolucionó al patrón de grietas de la misma forma, pero con grietas de orden mediano a fuerte, además se observaron grietas muy fuertes destructivas, de la corona.

En el grupo de mujeres se observó lo mismo que en el espécimen masculino.

Se analizaron especímenes de personas de 50 años de edad aproximadamente. El patrón de fisuras de forma de piel de cocodrilo evolucionó al mismo, pero de grietas mayores, encontrando grietas ligeras, medianas, fuertes, y fuertes destructivas de la estructura dental.

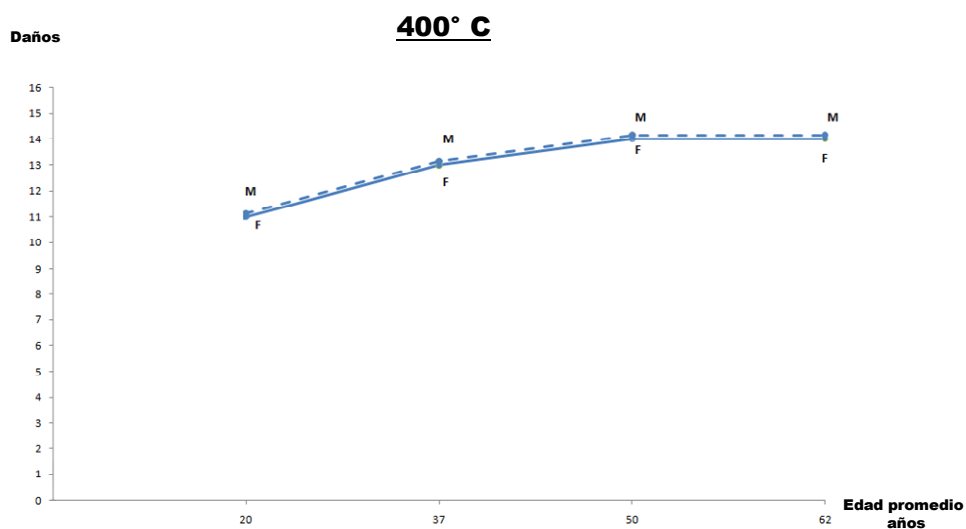
Se analizaron especímenes de hombre de 62 años aproximadamente. Se observó que el patrón de fisuras de piel de cocodrilo evolucionó al mismo, pero de grietas ligeras, medianas, fuertes y fuertes destructivas, ocasionando explosión del esmalte.

En la observación del espécimen de mujeres se encontró el patrón de fisuras de forma de piel de cocodrilo que evolucionó al patrón de grietas de la misma forma con grietas leves, medianas, fuertes y fuertes destructivas.

En la Gráfica 2 se presenta un resumen del comportamiento de las piezas dentales al ser sometidas a 400°C , en función de la edad y el sexo, comportándose de la forma siguiente: A los 400°C el daño es un poco más severo tanto en mujeres como en hombres, a los 20 años de edad; a los 37 aumenta un poco en ambos sexos; a los 50 sigue aumentando para ambos sexos, a los 62 años para ambos sexos el daño es prácticamente el mismo que para los adultos de 50 años.

El grado de sensibilidad de la tendencia de daños está determinado por la pendiente de esta curva generada y como puede observarse en esta gráfica, la sensibilidad es mayor de los 20 a los 37 años para ambos sexos.

Gráfica 2 : Daños a 400°C dependiendo de edad y sexo



Temperatura de 600°C

Se analizaron muestras de hombres y de mujeres sometidas a 600°C de temperatura, cuyo promedio de edad es de 12 años.

Se observó que en el patrón de grietas de piel de cocodrilo, predominaron las grietas medianas, fuertes a muy fuertes; son muy escasas las grietas ligeras. En las mujeres, se observó el patrón de mosaico y grietas muy fuertes destructivas.

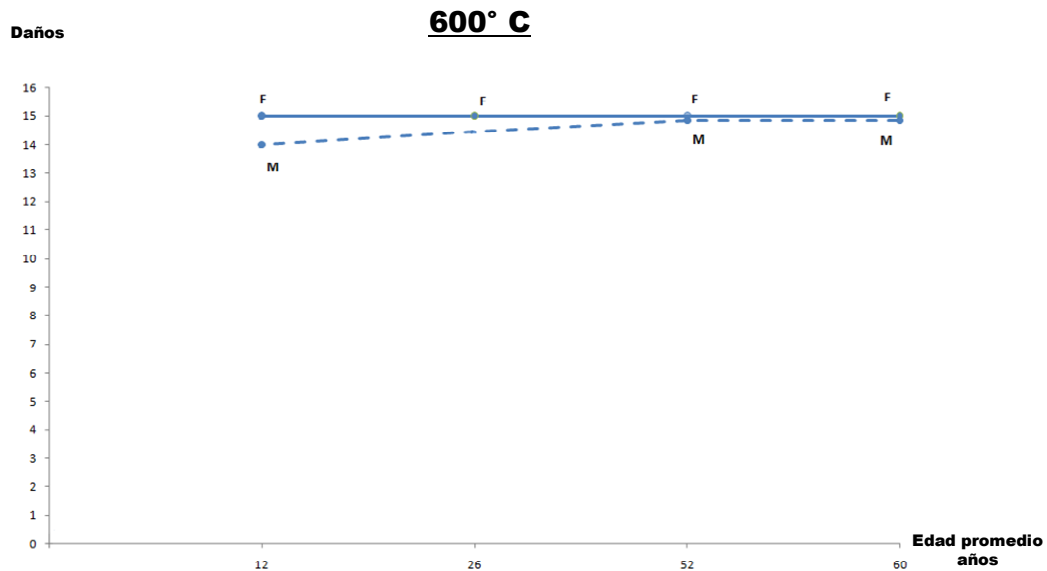
Se observaron los especímenes de mujeres a 600°C cuyo promedio de edad es 26 años aproximadamente. Existe un patrón de grietas que evolucionó igual que el anterior.

En el análisis de los especímenes de hombres y de mujeres de 52 años de edad aproximadamente, se observaron especímenes muy frágiles con patrones de grietas de forma de piel de cocodrilo donde las grietas son del orden de medianas, fuertes y fuertes destructivas, también aparecieron grietas con patrón de mosaicos.

Análisis de especímenes de 60 años de edad aproximadamente, los patrones de grietas evolucionaron igual que el caso anterior.

En la Gráfica 3 se presenta un resumen del comportamiento de las piezas dentales al ser sometidas a 600°C, en función de la edad y el sexo. En el grupo de mujeres a los 12 años sufre un daño más severo que el grupo de hombres de la misma edad. Después de esta edad, se observa en esta gráfica poca sensibilidad en la tendencia de daños para todas las edades y ambos sexos.

Gráfica 3 : Daños a 600°C dependiendo de edad y sexo



Temperatura de 800°C

Se analizaron especímenes de mujeres a 800°C para edad de 20 años aproximadamente.

Se observó un patrón de grietas que evolucionó desde el patrón de fisuras de forma de piel de cocodrilo, transformándose en un patrón de grietas fuertes y fuertes destructivas, en forma horizontal y vertical formando secciones cuadradas bien delimitadas (mosaicos), se observó mucha fragilidad.

En el espécimen de hombre se observó todavía un patrón de grietas de forma de piel de cocodrilo formada por grietas medianas a fuertes y fuertes destructivas.

Se analizaron especímenes de 28 años de edad aproximadamente.

Se observó un patrón de grietas que evolucionó desde el patrón de fisuras de piel de cocodrilo transformándose en un patrón de grietas medianas de piel de cocodrilo,

apareciendo grietas fuertes y fuertes destructivas, en forma horizontal y vertical sobre un patrón de mosaico.

Se analizaron especímenes de 41 años de edad aproximadamente. En los hombres se observó el patrón de piel de cocodrilo, pero a nivel de fisuras sobresaliendo grietas muy fuertes horizontales y verticales destructivas de mosaico. En las muestras de mujeres se observó un patrón generalizado de grietas ligeras del patrón de grietas de piel de cocodrilo; así mismo se observaron grietas medianas, fuertes y muy fuertes destructivas de forma horizontal y vertical (mosaico), causando desprendimiento de esmalte con explosión de dentina y separación de la corona del cemento, se destruye con facilidad.

Se analizaron especímenes de 58 años de edad aproximadamente. En las piezas de hombre se observó un patrón de grietas fuertes en forma de piel de cocodrilo, además grietas muy fuertes destructivas horizontales y verticales, (mosaico), además de las grietas fuertes diagonales. En las mujeres el perfil de grietas muy fuertes destructivas evolucionó a un perfil de grietas de mosaico horizontales y verticales, formando secciones rectangulares de material dentario.

Se observó también la aparición de grietas medianas del perfil de piel de cocodrilo en todas y cada una de las de las secciones rectangulares antes mencionadas.

A estas temperaturas el espécimen se destruye con facilidad, destrucción por fragilidad.

En la Gráfica 4 se presenta un resumen del comportamiento de las piezas dentales al ser sometidas a 800°C, en función de la edad y el sexo, observándose que el espécimen de mujer sufre mayor daño que el de hombre, para todas las edades.

Observando la gráfica, también puede notarse que la sensibilidad en la tendencia de daños se mantiene muy baja en ambas curvas.

Gráfica 4 : Daños a 800°C dependiendo de edad y sexo

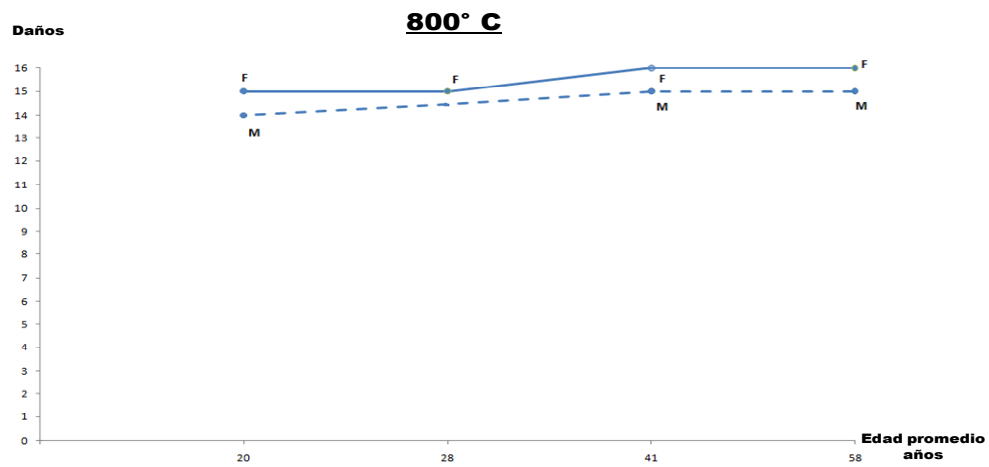
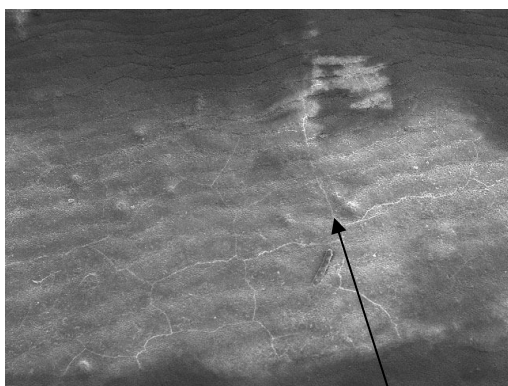
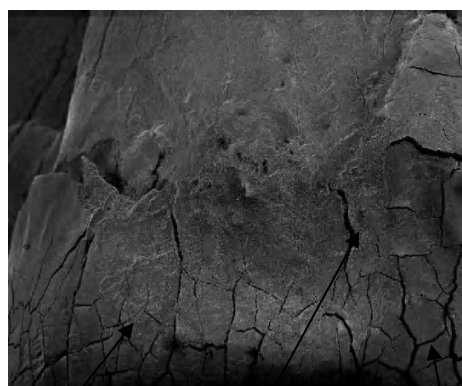


Figura 4. Fotografías de especímenes sometidos a diversas temperaturas tomadas con el microscopio electrónico de barrido (MEB); se indica el tipo de grietas y el valor del daño.



D5

200°C

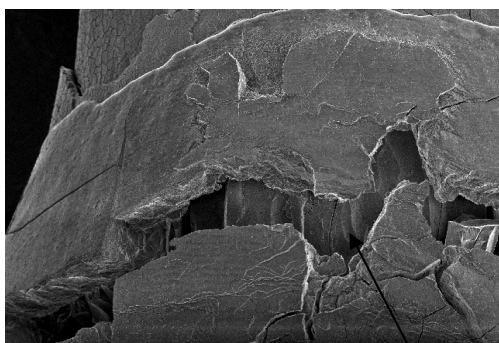


D10

D11

D14

400°C



D15

600°C



D15

D16

800°C

Criterio: De la serie de daños que presenta un órgano dental o una amalgama, rige el daño de mayor valor.

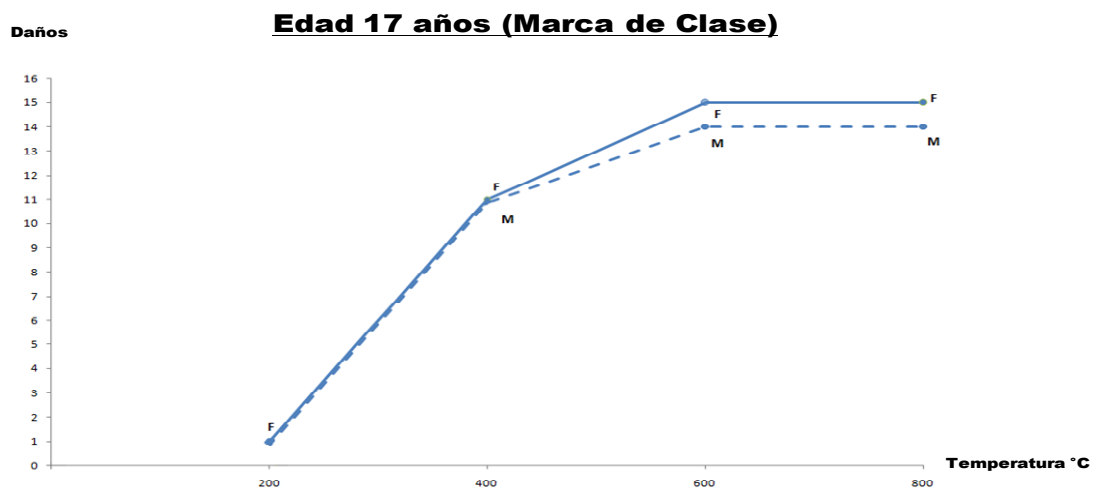
V.2. Resultado del estudio de grietas (daño) en el esmalte a temperatura variable.

En una segunda fase del experimento, la variable edad (promedio) permanece fija, mientras que la temperatura varía.

En la Gráfica 5 se presentan los cambios de la muestra a diversas temperaturas. A los 17 años de edad y a 200°C, los especímenes sufren el menor daño tanto en las muestras de hombre como de mujer, incrementándose éstos, conforme se incrementa la temperatura en ambos sexos, no obstante a los 600 y 800°C se estabiliza ese daño, que es el mayor alcanzado en todo el experimento, para ambos sexos, sufriendo las muestras de mujer un daño ligeramente mayor que las de hombre.

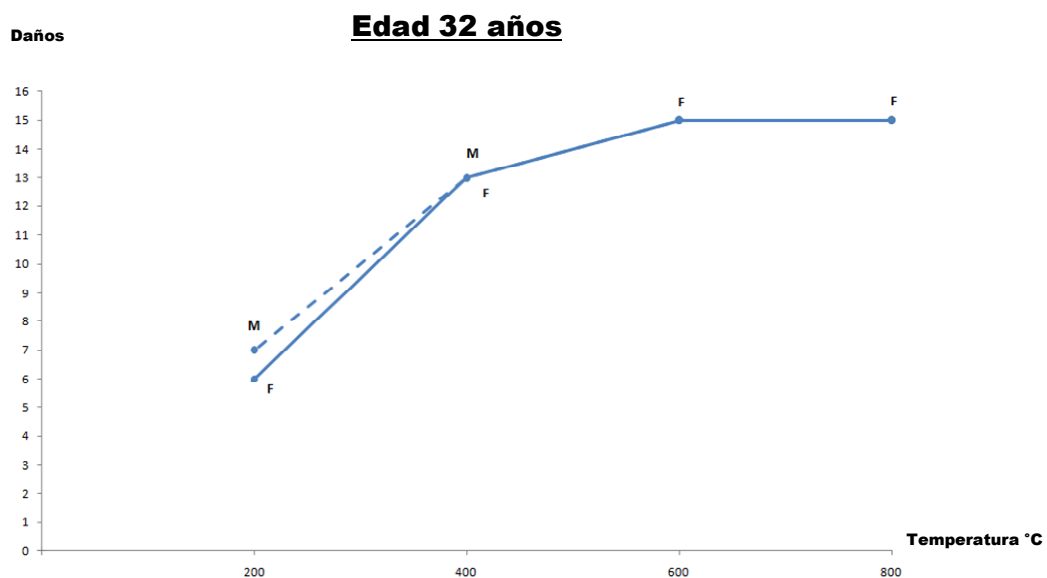
La curva generada es cuadrática o de segundo grado, posiblemente la rama superior de una parábola; en la gráfica puede observarse que la parte más sensible de la tendencia de daños corresponde a los 200 a 400°C.

Gráfica 5 : Daños/Contra Temperatura a 17 Años, considerando al sexo.



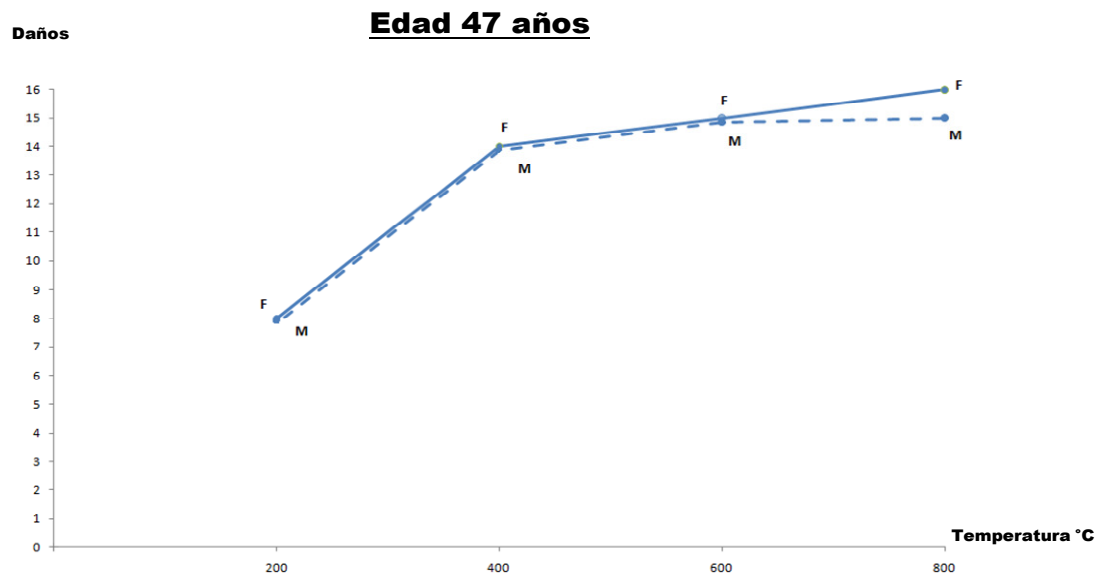
A los 32 años y a 200°C, el espécimen de hombre sufre mayor daño que el de mujer, creciendo a los 400°C, siendo igual para ambos sexos; continúa incrementándose hasta los 600°C, aumentando muy poco el valor de este daño a los 800°C (Gráfica 6). En esta gráfica se observa que el intervalo de mayor sensibilidad corresponde a los 200 a 400 °C.

Gráfica 6 : Daños contra temperatura a los 32 Años, considerando al sexo.



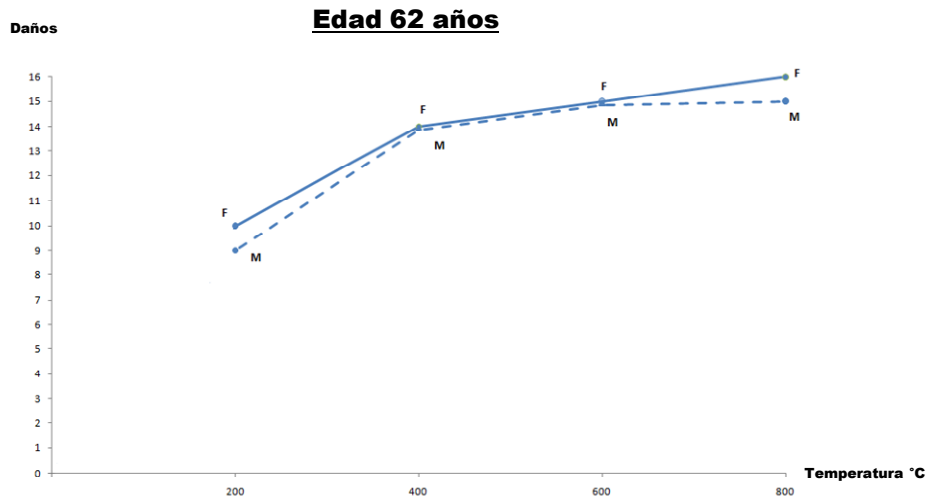
A la edad de 47 años y a 200 °C (Gráfica 7) el daño en ambos sexos es de igual grado, aumentando en función de la temperatura; a los 400 °C se observa la mayor sensibilidad, para ambos sexos; a partir de los 400 °C hasta los 800 °C se observa baja sensibilidad a la tendencia de daños, que para ambos sexos prácticamente tienen el mismo grado notándose una pequeña diferencia en el sexo mujer.

Gráfica 7 : Daños contra temperatura a 47 Años, considerando al sexo.



En la Gráfica 8 se presentan los daños los 62 años. A 200°C, el daño en el hombre es ligeramente menor que en la mujer, aumentando para ambos sexos el grado de daño al aumentar la temperatura. A los 400°C se observa el mismo valor para ambos sexos; en la gráfica se ve que en el intervalo 200°C, a 400°C presenta mayor sensibilidad a la tendencia de daños. De los 400 a 800°C esta sensibilidad es muy baja. Finalmente la gráfica indica que los especímenes del sexo mujer sufren mayor daño que del hombre en todo el intervalo de 200 a 800°C.

Gráfica 8 : Daños contra temperatura a 62 Años, considerando al sexo.



En la Gráfica 9 se representa un diagrama de dispersión y se describe el estado de fisuras y grietas (daños) que mostró cada espécimen seleccionado de manera aleatoria, estando las muestras formadas por unidades dentarias de todas las edades y sexos.

A los 200 °C se observa que el daño aumenta dependiendo de la edad; la mujer sufre el mayor daño. A los 400 °C el daño aumenta según la edad y presenta el mismo grado de daño en ambos sexos a los 47 y 62 años. A los 600 °C el hombre de 17 años exhibe el menor daño; sin embargo, el daño para las mujeres en las edades de 17, 32, 47 y 62 años es mayor.

En resumen la gráfica indica que a los 600 °C las muestras de mujeres sufren mayor daño en todas las edades.

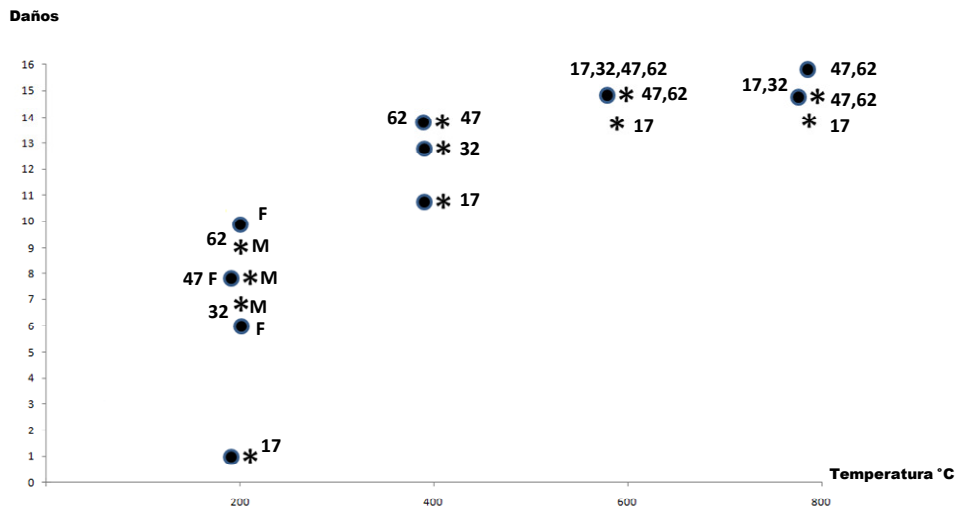
A los 800 °C el daño es mayor en la edad adulta de 47 a 62 años en mujeres.

En general se observa la tendencia que para todas las temperaturas el sexo mujer muestra mayor grado de daños, cargándose a todas las edades; esta última observación requiere aún más investigación experimental.

Nomenclatura: *Masculino

●Femenino

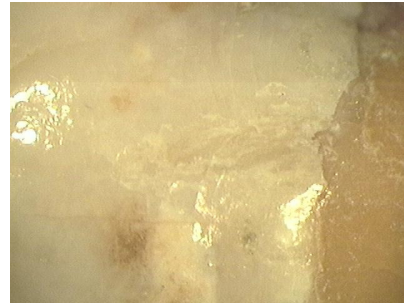
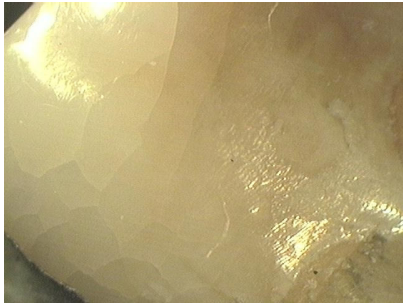
Gráfica 9: Daños por temperatura, considerando edad y sexo



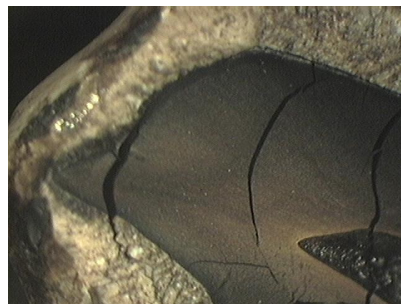
En resumen, se pueden obtener las siguientes conclusiones de los resultados obtenidos en el esmalte dental sometido a distintas temperaturas.

- El daño en la temperatura de 200° C a edades de 17 años es ligero.
- A los 400°C los daños se incrementan aproximadamente en igual magnitud en ambos sexos en todas las edades.
- A los 600°C los daños se incrementan considerablemente en las mujeres y todas las edades.
- A los 800°C existe mayor destrucción en las mujeres en las edades de 47 a 62 años.

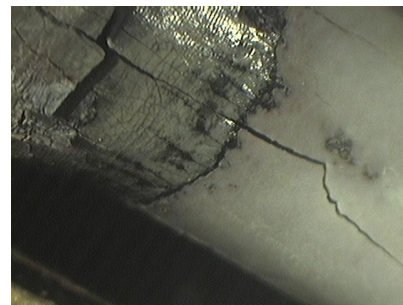
Figura 5. Fotografías de órganos dentarios, sometidos a diversas temperaturas tomadas con el microscopio óptico.



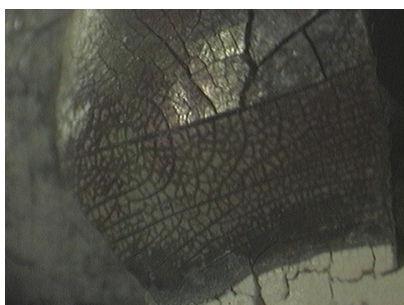
Temperatura 200° C



Temperatura 400°C



Temperatura 600° C



Temperatura 800° C

V.3. Medidas cuantitativas y cualitativas

Medidas cuantitativas: Es la presentación en forma de números de las características de una estructura o elemento de ella.

Medidas cualitativas: Es la presentación en forma comparativa de las cualidades de una estructura o elemento de ella.

Un daño sobre un órgano dental puede presentarse por cualquiera de las dos medidas anteriores.

La medida cuantitativa de un daño será, la longitud y profundidad, anchura de las grietas, escritas en milímetros o micras.

La medida cualitativa del mismo daño será medida por la incapacidad que presenta esta estructura dental para cumplir con cualquiera de las funciones específicas.

Una investigación muy importante podría ser relacionar ambas formas de medición; esto da margen a una nueva investigación y se requiere contar con el equipo adecuado, que por definición tendría que ser muy sofisticado y que por el momento pocos países lo tienen.

V.4. Resultado del estudio de los cambios sufridos por la amalgama dental a diversas temperaturas.

A continuación se presenta la lista del trabajo que se realizó, sobre las amalgamas, considerando edad, sexo, temperatura y daños.

- 1 Sellado de amalgamas o comportamiento de la interfase, bajo diversas temperaturas.
- 2 Agrietamiento de las amalgamas en relación de la temperatura.
- 3 Gráficas considerando las siguientes variables: temperatura, edad y sexo.

- a) Sellado vs temperatura, independientemente de la edad y sexo.
- b) Sellado vs temperatura, considerando edad.
- c) Sellado vs temperatura, considerando sexo.
- d) Daños bajo los diferentes grados de temperatura independientemente de la edad y sexo.

V.4.1. Estudio de las muestras del sexo mujer.

A. Temperatura 200 °C

Intervalo I (10-24 años): Se observó que al someter al espécimen a 200°C durante 30 min se rompe la interfase por una grieta que va de ligera a mediana simple (tipo III valor 9) además aparecen grietas perpendiculares a la interfase.

Intervalo II (25-39 años): No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

Intervalo III (40-54 años): Se observaron grietas simples (tipo I valor 7)

Intervalo IV (55-59 años): Se observó en la amalgama una superficie porosa, debido a desprendimientos globulares por el calor, en la interfase se observaron grietas medianas simples (tipo III valor 9)

B. Temperatura 400 °C

Intervalo I (10-24 años): Se observó la interfase afectada por grietas (tipo V simple valor 11). La superficie de la amalgama presentó grietas medianas ramificadas, (piel de cocodrilo) (Tipo IV valor 10) además de grietas perpendiculares a la interfase de tipo fuerte simple (tipo V valor 11).

Intervalo II (25-39 años): Se observó la interfase afectada con grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13), en la amalgama de la superficie se encontró altamente erosionada con grietas ramificadas medianas (tipo IV valor 10)

Intervalo III (40-54 años): Se observó la interfase afectada por grietas muy fuertes destructivas (tipo VII valor 13), además la superficie de la amalgama se encontró altamente erosionada con desprendimiento de material y de un sistema de grietas ramificadas de fuertes a ligeras (tipo VI valor 12)

Intervalo IV (55-69 años): En la interfase se observó una grieta muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13). En la superficie de la amalgama se observó altamente erosionada con fuerte desprendimiento de material y la aparición de corpúsculos esféricos además de un sistema de grietas ramificadas medianas (tipo IV valor 10)

C. Temperatura 600 °C

Intervalo I (10-24 años)

Posterior a la exposición de 600° C durante un periodo de 30min aparecieron grietas muy fuertes destructivas (tipo VII valor 13).

Se observaron superficies erosionadas en la amalgama, producida por el desprendimiento de material por cambio de volumen de la masa.

Además se observaron grietas ligeras ramificadas que no llegan a formar, la piel de cocodrilo (tipo II valor 8).

Intervalo II (25-39 años)

En la interfase de la amalgama se observó en toda la periferia una grieta muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13). La amalgama se observó igual que en el caso anterior.

Intervalo III (40-54 años)

En la interfase (unión amalgama-órgano dental) de la amalgama se observó una grieta muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13)

Intervalo IV (55-69 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen

D. Temperatura 800 °C

Intervalo I (10-24 años)

En la interfase se observaron grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13)

En la superficie de la amalgama hubo destrucción por fragilidad. (tipo X valor 16)

Intervalo II (25-39 años)

En la interfase de la amalgama se observaron grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13) y en la superficie de la amalgama se encontró destrucción por fragilidad (tipo X valor 16) junto a un sistema de grietas medianas que no llega a formar piel de cocodrilo.

Intervalo III (40-54 años)

En la interfase de la amalgama se observaron grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13) en la superficie de la amalgama se encontró destrucción por fragilidad (tipo X valor 16) además de un sistema de grietas medianas que no llega a formar piel de cocodrilo.

Intervalo IV (54-69 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

V.4.2. Estudio de las muestras del sexo hombre.

A. Temperatura 200 °C

Intervalo 1 (10-24 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

Intervalo 2 (25-39 años)

Se observaron grietas ligeras en la interfase para este espécimen (tipo I valor 7)

Intervalo 3 (40-54 años)

Se observaron la superficie de la amalgama de forma granular, debido a una pérdida del material en forma de grumos y agrietamiento ligero ramificado (tipo II valor 8). Además la interfase se encontró afectada por grietas simples (tipo I valor 7)

Intervalo 4 (55-59 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

B. Temperatura 400 °C

Intervalo 1 (10-24 años)

Se observó la interfase con tipo de grieta fuerte simple (tipo V valor 11). Además en la superficie de la amalgama se observó un sistema un sistema de grietas ligeras a medianas, ramificadas (tipo II valor 8)

Intervalo 2 (25 a 39 años)

Se observó la interfase afectada por grietas muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13) En la superficie de la amalgama se encontraron grietas ramificadas de orden ligero mediano a fuertes (tipo IV valor 10) sin llegar a ser piel de cocodrilo.

Intervalo 3 (40-54 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

Intervalo 4 (55-69 años)

La interfase presentó grietas medianas a fuertes con desprendimiento parcial de la amalgama dejando parte de la cavidad expuesta (tipo VII valor 13). En la amalgama que se conservó, se existe un sistema de agrietamientos de medianos a ligeros (tipo IV valor 10) erosionada como el caso anterior.

C. Temperatura 600 °C

Intervalo 1 (10-24 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

Intervalo 2 (25-39 años)

No se tienen fotografías del microscopio óptico ni del microscopio electrónico de barrido de la amalgama para este espécimen.

Intervalo 3 (40-54 años)

En la interfase (unión amalgama-órgano dental) de la amalgama se observó una grieta muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13).

Intervalo 4 (55-69 años)

En la interfase se observó una grieta muy fuerte destructiva simple (tipo VII valor 13).

En la superficie de la amalgama se observó destrucción por fragilidad (tipo X valor 16), en algunas zonas y en el resto se observó un sistema de grietas medianas ramificadas (tipo IV valor 10).

D. Temperatura 800 °C

Intervalo 1 (10-24 años)

En la interfase se observaron grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13). En la superficie de la amalgama hubo destrucción por fragilidad. (Tipo X valor 16)

Intervalo 2 (25-39 años)

No hay espécimen.

Intervalo 3 (40-54 años)

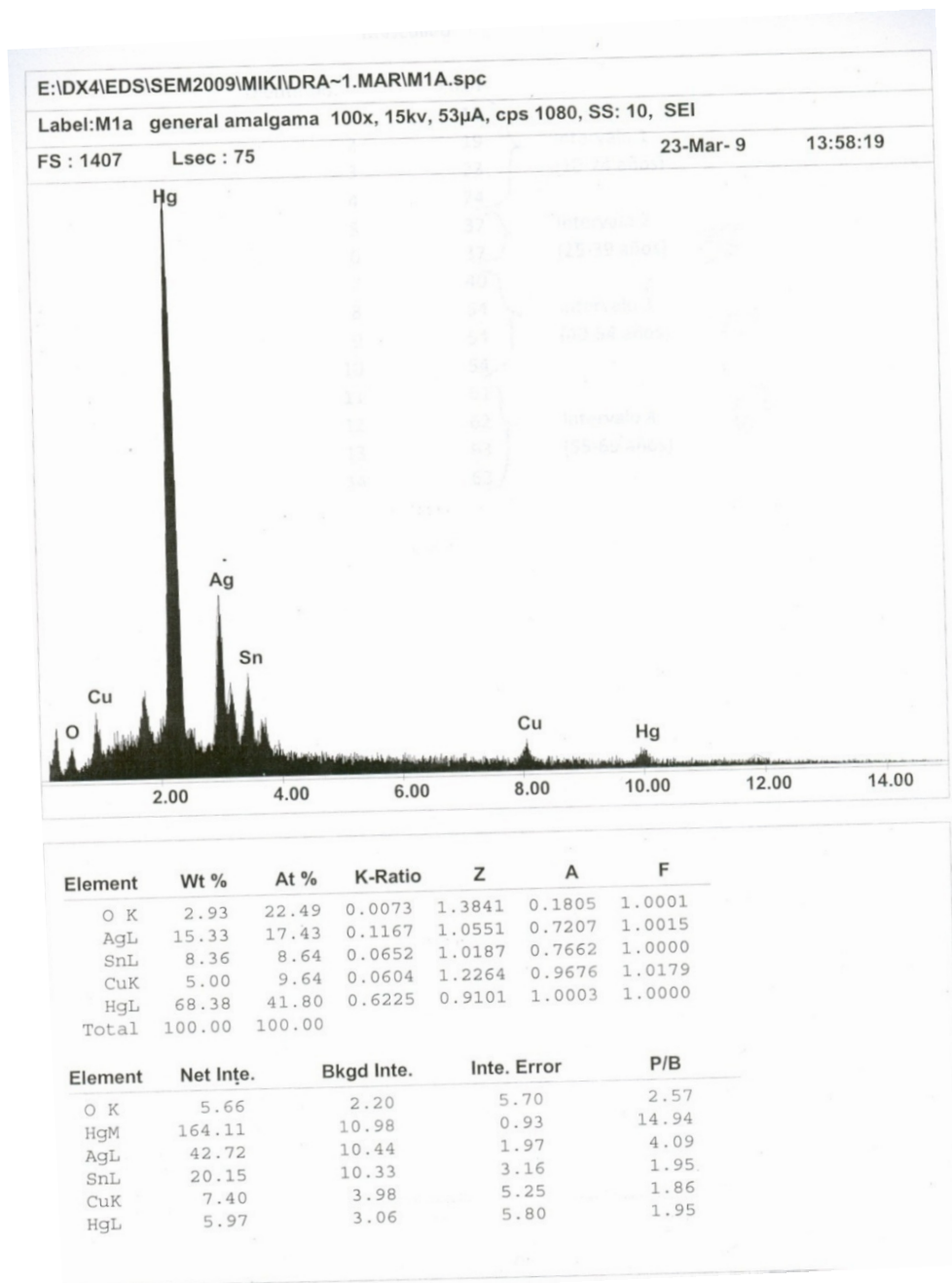
En la interfase de la amalgama se observaron grietas muy fuertes destructivas simples (tipo VII valor 13) en la superficie de la amalgama hubo destrucción por fragilidad (tipo X valor 16) además de un sistema de grietas medianas que no llega a formar piel de cocodrilo.

La interfase en este caso presentó grietas periféricas medianas.

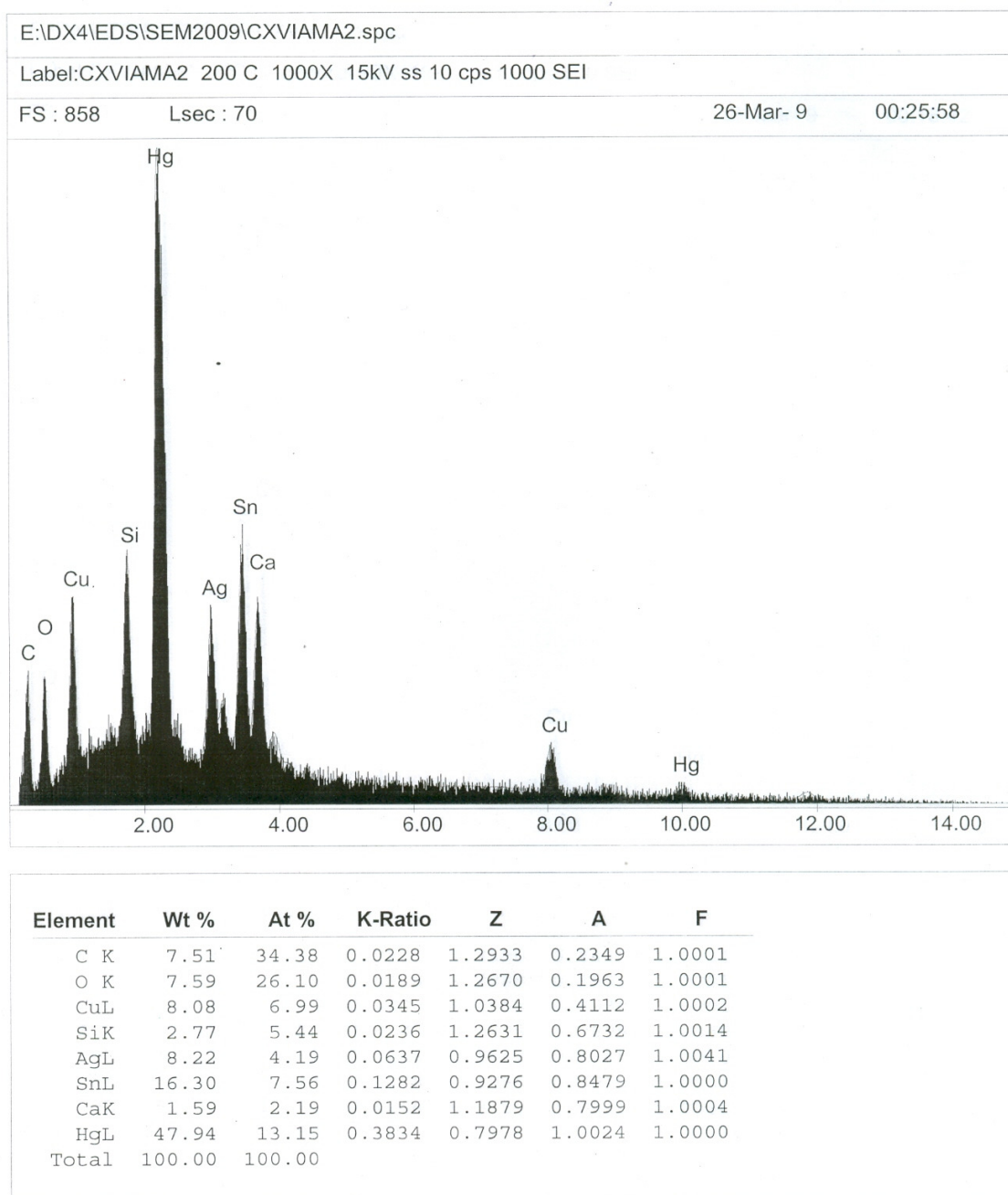
Intervalo 4 (54-69 años)

En la interfase se observó una grieta muy fuerte destructiva (tipo VII valor 13) en la superficie de la amalgama, hubo un sistema de grietas de piel de cocodrilo y en algunas zonas presentó destrucción por fragilidad (tipo X valor 16).

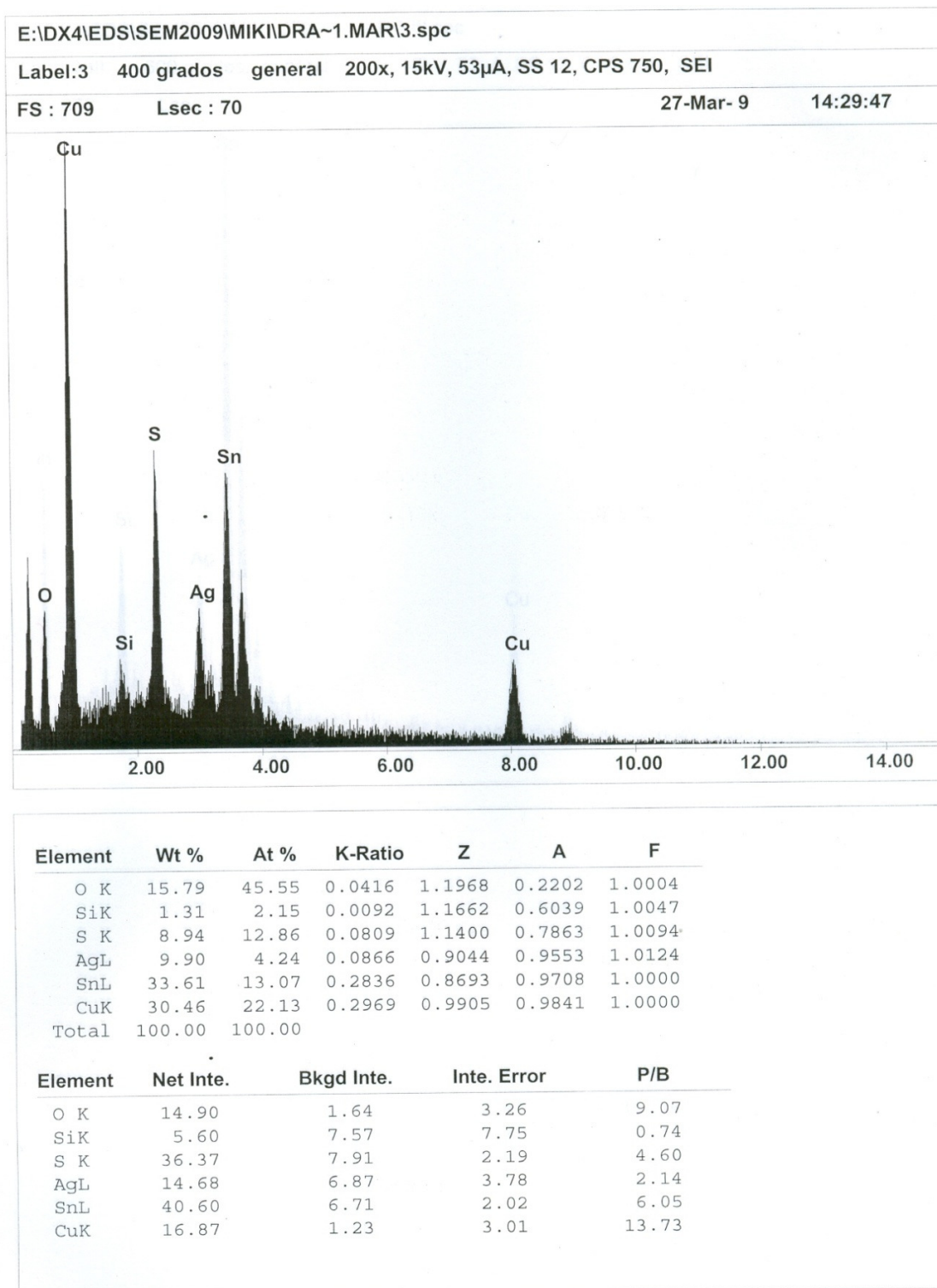
V.5. Cambios de en la composición de las amalgamas dentales a distintas temperaturas estudiados por microscopía electrónica de barrido.



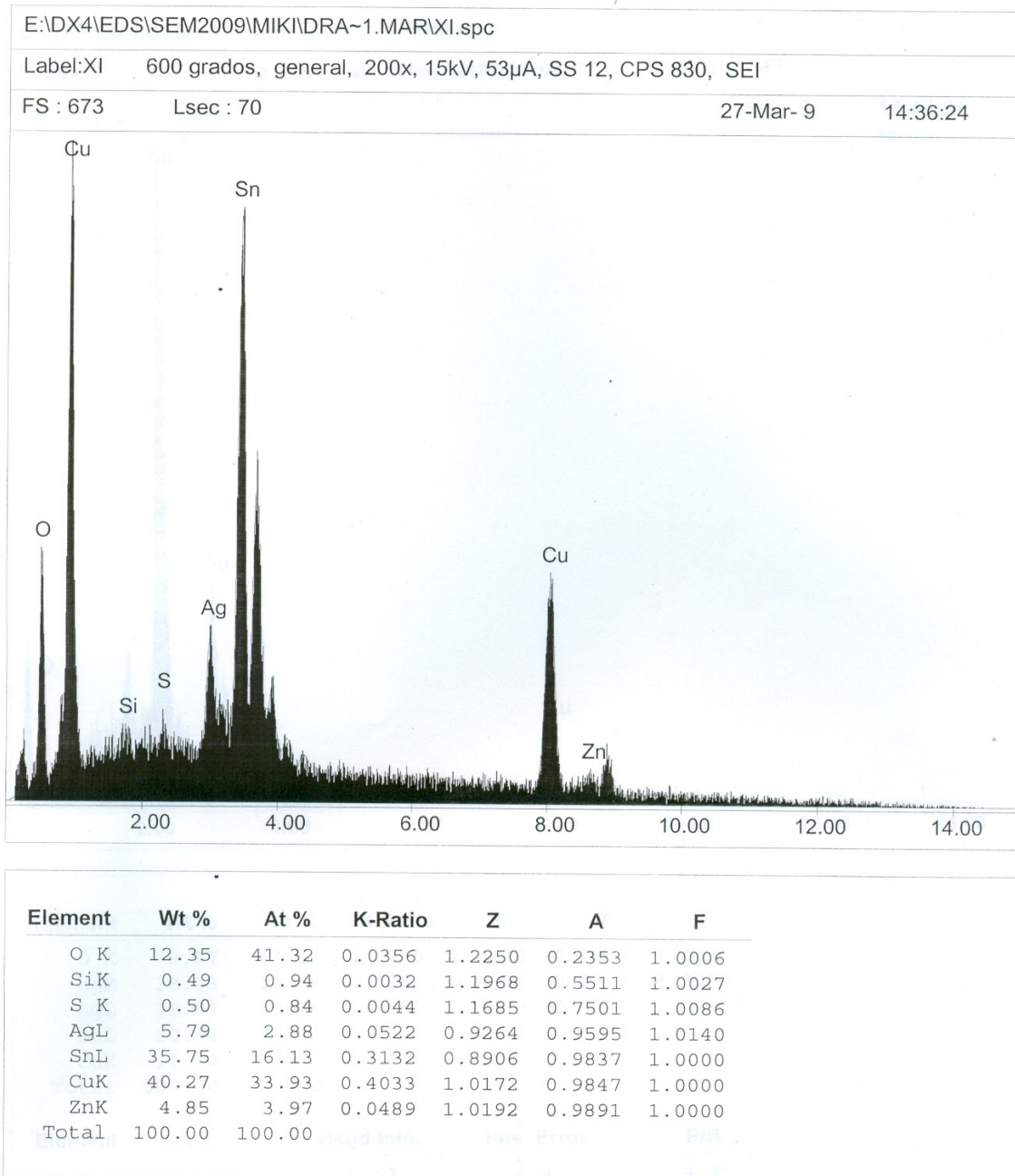
Espectro I: Amalgama a temperatura ambiental.



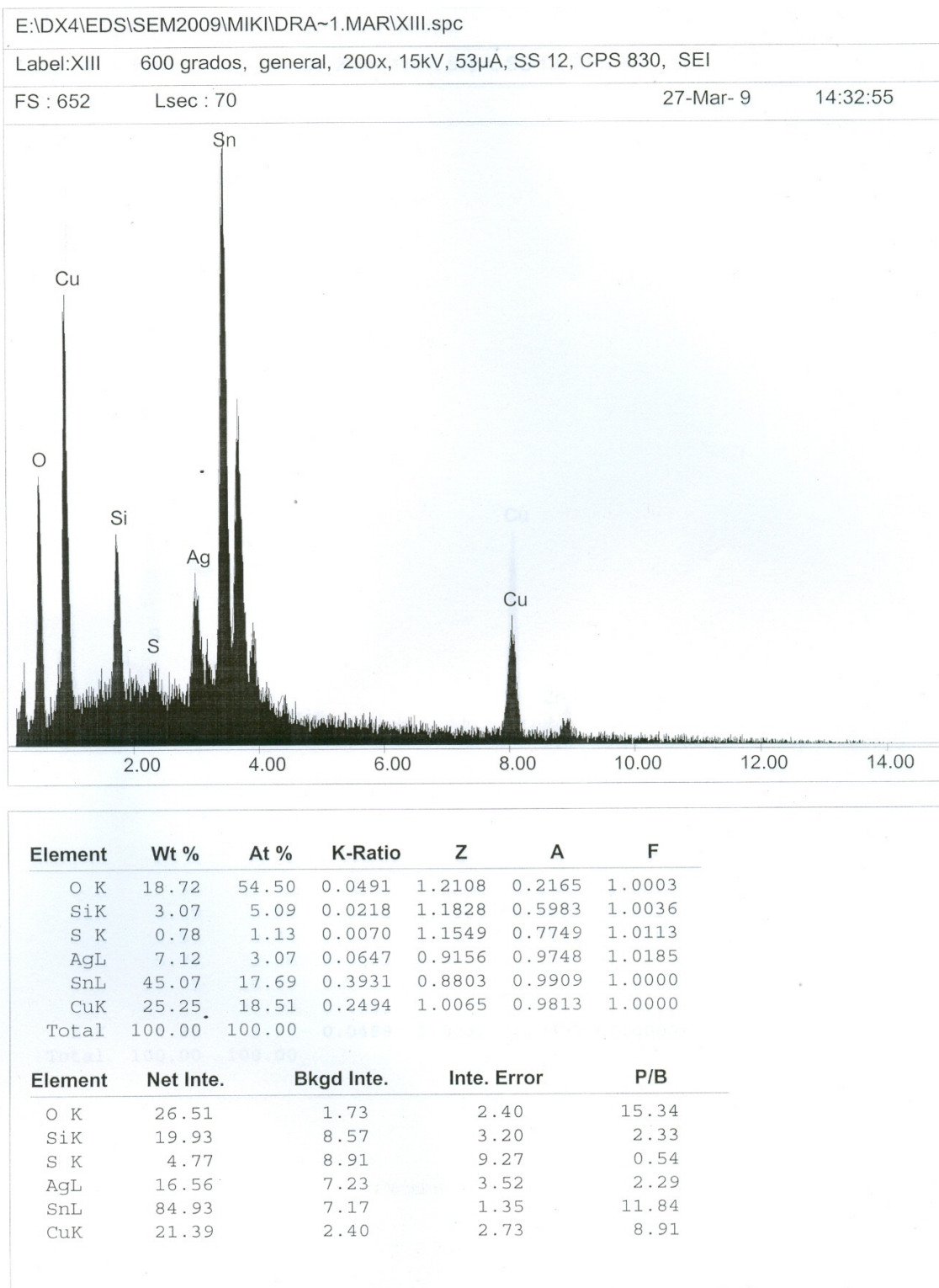
Espectro II Amalgama sometida a 200°C



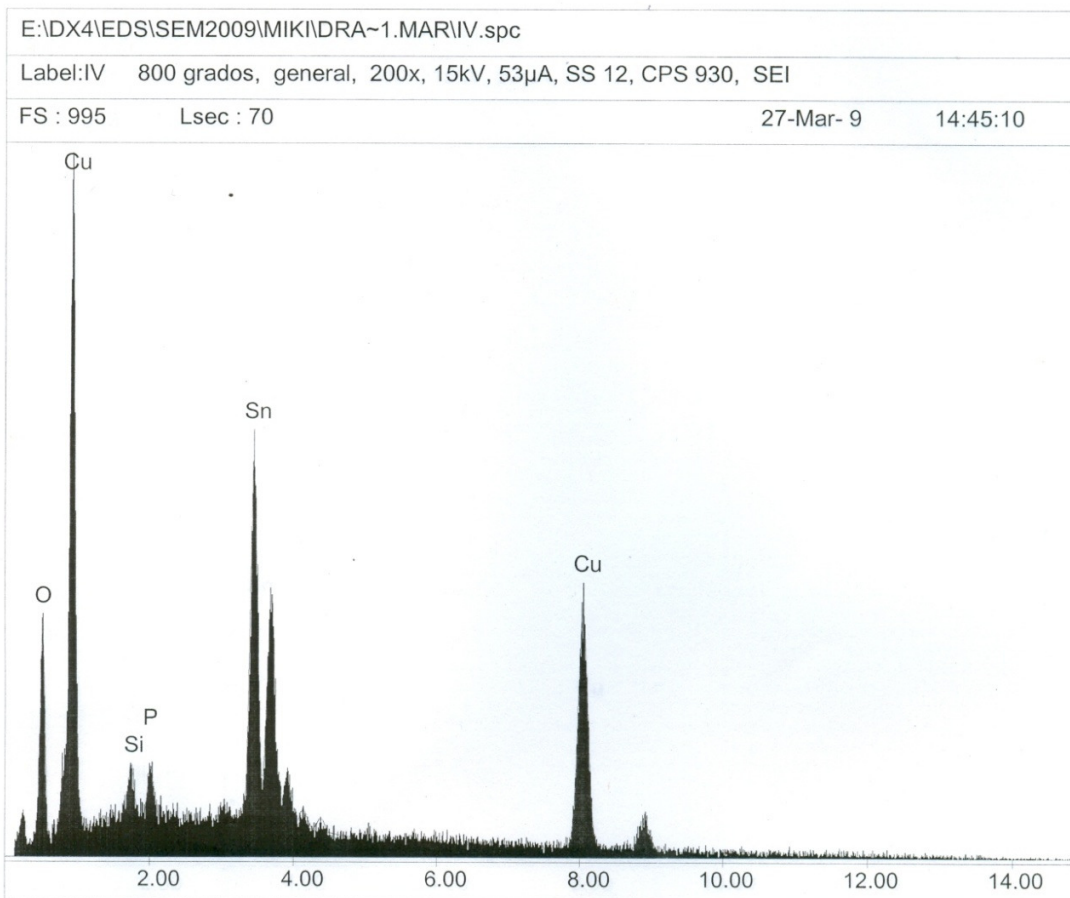
Espectro III: Amalgama sometida a 400°C



Espectro IV: Amalgama sometida a 600°C



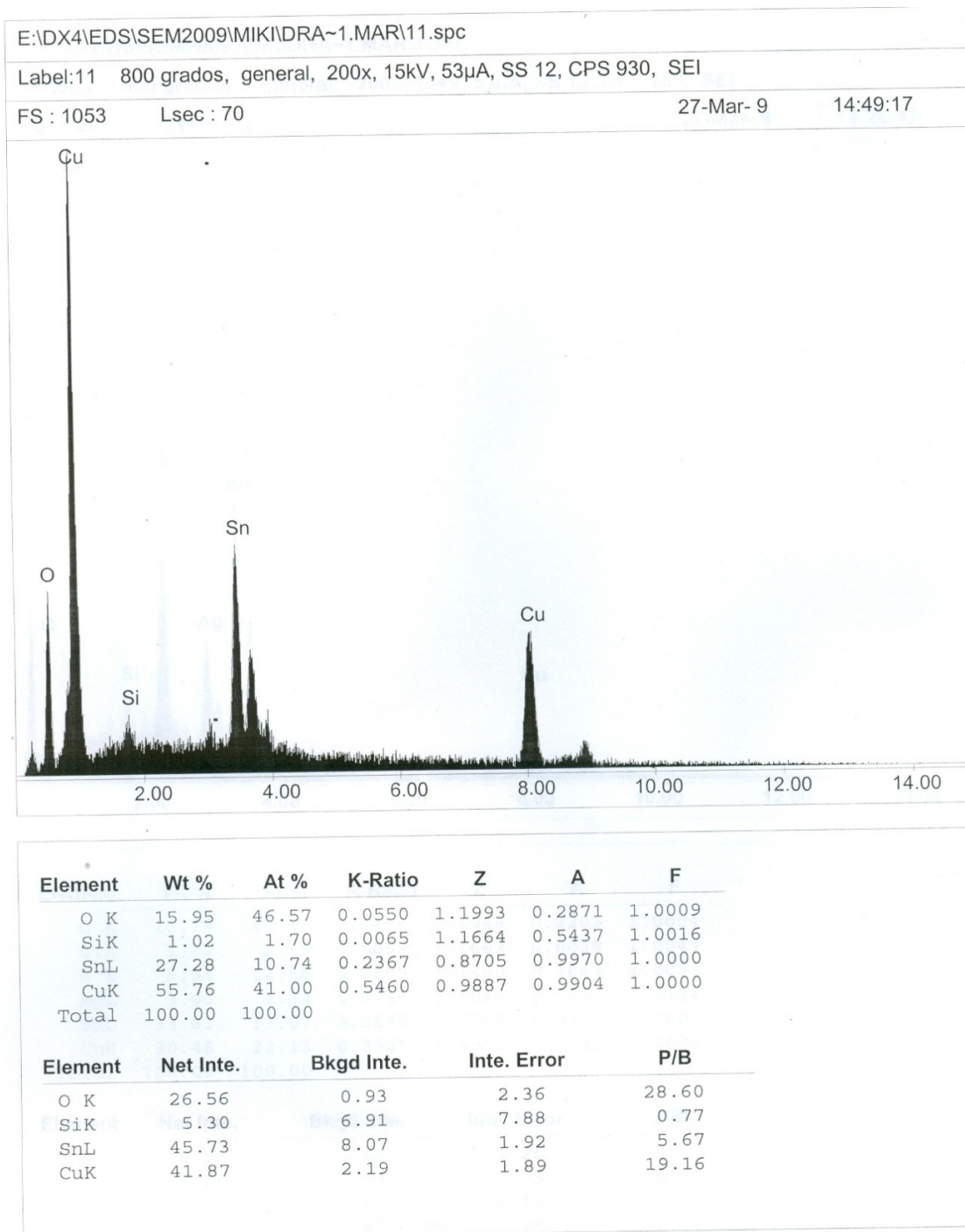
Espectro IV': Amalgama sometida a 600°C



| Element | Wt % | At % | K-Ratio | Z | A | F |
|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| O K | 12.79 | 39.91 | 0.0424 | 1.2086 | 0.2740 | 1.0009 |
| SiK | 1.24 | 2.21 | 0.0079 | 1.1768 | 0.5415 | 1.0020 |
| P K | 1.14 | 1.84 | 0.0084 | 1.1306 | 0.6476 | 1.0032 |
| SnL | 29.08 | 12.23 | 0.2534 | 0.8776 | 0.9931 | 1.0000 |
| CuK | 55.75 | 43.81 | 0.5504 | 0.9980 | 0.9893 | 1.0000 |
| Total | 100.00 | 100.00 | | | | |

| Element | Net Inte. | Bkgd Inte. | Inte. Error | P/B |
|---------|-----------|------------|-------------|-------|
| O K | 30.76 | 1.49 | 2.21 | 20.70 |
| SiK | 9.74 | 8.10 | 5.18 | 1.20 |
| P K | 9.23 | 8.54 | 5.46 | 1.08 |
| SnL | 73.53 | 9.53 | 1.48 | 7.72 |
| CuK | 63.39 | 3.33 | 1.54 | 19.04 |

Espectro V: Amalgama sometida a 800°C



Espectro V': Amalgama sometida a 800°C

En una amalgama que no ha sido sometida a temperaturas altas, menores de 200°C se pudo detectar la presencia de un conjunto de elementos que conforman la amalgama: oxígeno, cobre, plata, estaño y fundamentalmente mercurio. Al aumentar la temperatura a 200°C se observó que predomina todavía el mercurio, pero el cobre y el estaño empezaron a tener mayor presencia.

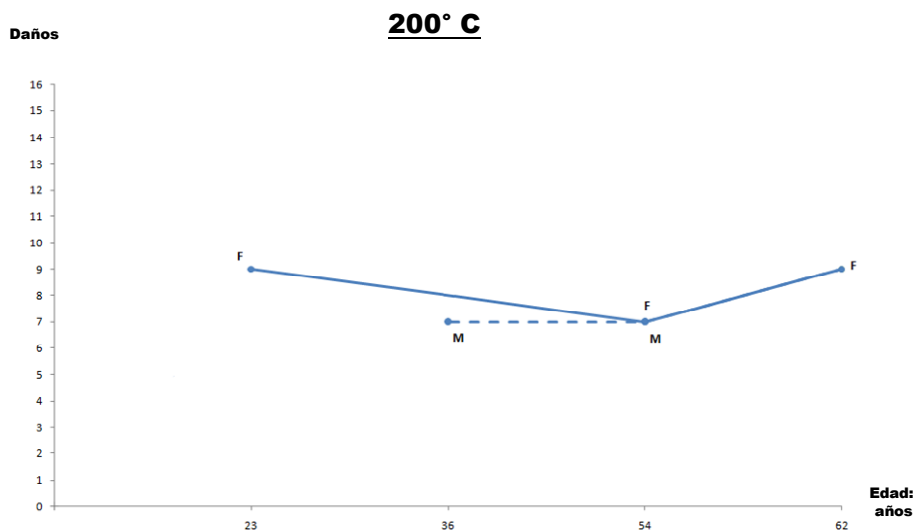
Al incrementar la temperatura a los 400°C no se detectó la presencia de mercurio; en cambio el cobre empezó a tener mayor presencia; se observó también en menor grado otros elementos: estaño, azufre, plata, oxígeno y en menor grado silicio.

A los 600°C el elemento predominante fue el estaño, con una fuerte presencia de cobre y en menor escala silicio, plata, azufre y oxígeno.

A los 800°C es indiscutible el predominio del cobre en los restos calcinados de las amalgamas, pero también tuvo fuerte presencia el estaño con cantidades relativamente pequeñas de silicio y oxígeno.

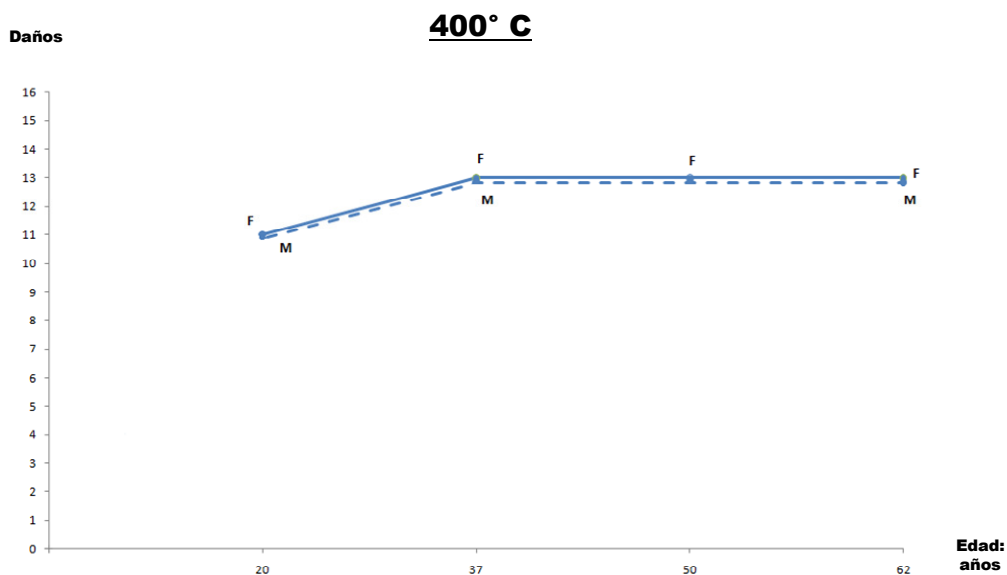
En las siguientes gráficas (Gráfica 10 a 13) se presentan los cambios sufridos por las amalgamas en función de la edad y para los dos sexos. Así, en la Gráfica 10 se puede apreciar que las amalgamas a los 200°C en las muestras de hombre a la edad de 36 años y 54 años presentaron el mismo grado de daño, pero en las muestras de mujeres a los 23 años sufren los mismos cambios que a los 62 años. A los 54 años los daños fueron similares en los dos sexos.

Gráfica 10 : Daños en Amalgamas a 200°C contra edad, considerando sexo.



La amalgama a los 400°C y a los 20 años en el hombre y mujer presenta el mismo grado de daño, aumentando a los 37 años (Gráfica 11). Los cambios se estabilizan y continúan el mismo grado de daños a los 50 años y a los 62 años para ambos sexos. El intervalo de mayor sensibilidad se manifiesta de los 20 a 37 años.

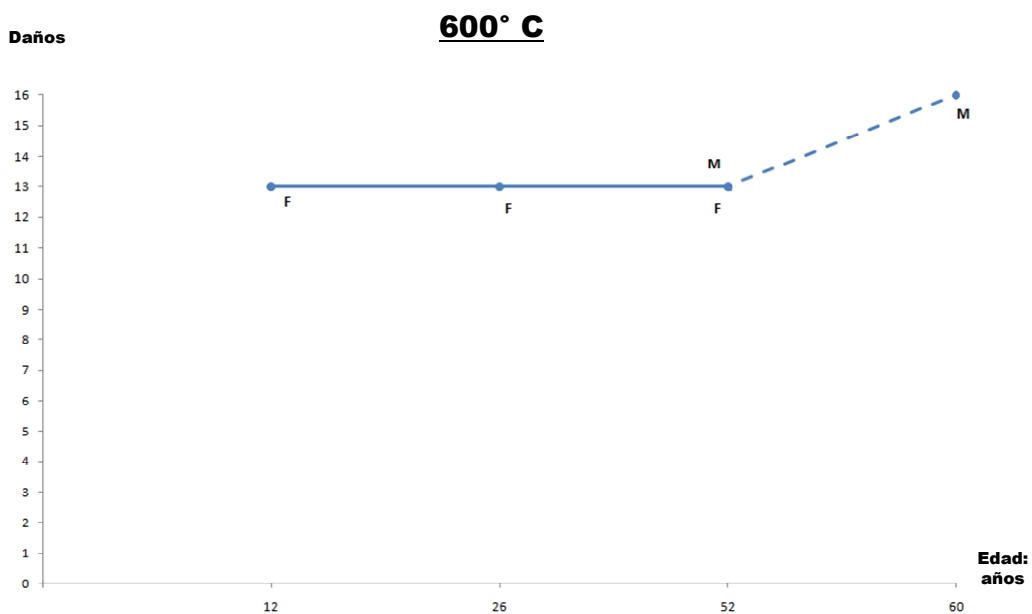
Gráfica 11 : Daños en Amalgamas a 400°C contra edad, considerando sexo.



A los 600°C y a una edad de 12, 26 y 52 años (Gráfica 12) la muestra de mujer sufre el mismo nivel de daño; sin embargo, la de hombre de 52 años también alcanza este grado de daño, pero al aumentar su edad, el daños crece.

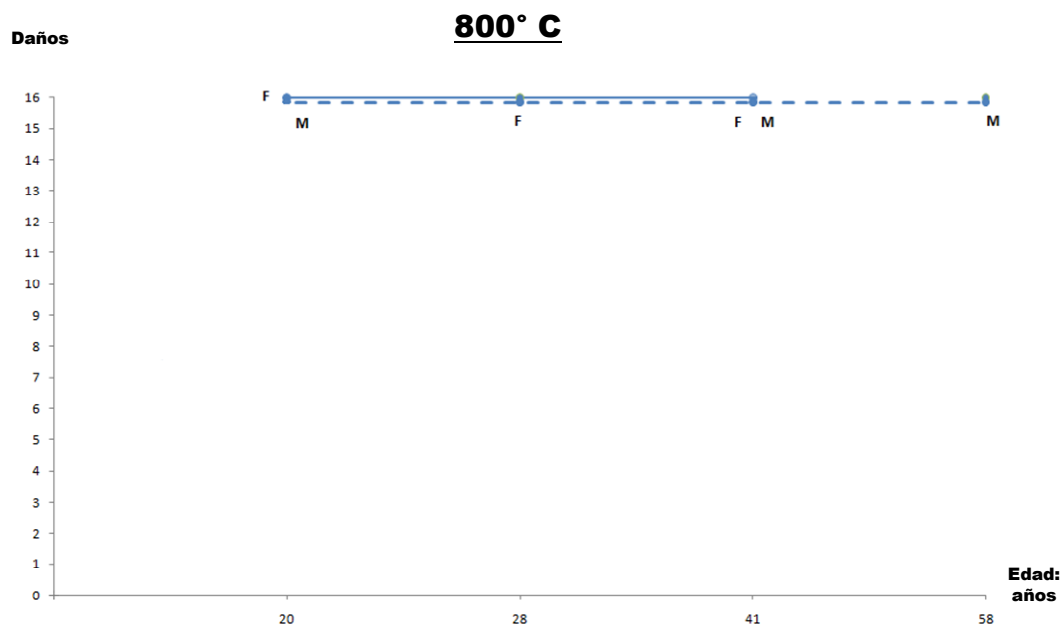
Es importante señalar la falta de especímenes de ambos sexos en esta parte del experimento.

Gráfica 12 : Daños en Amalgamas a 600°C contra edad, considerando sexo.



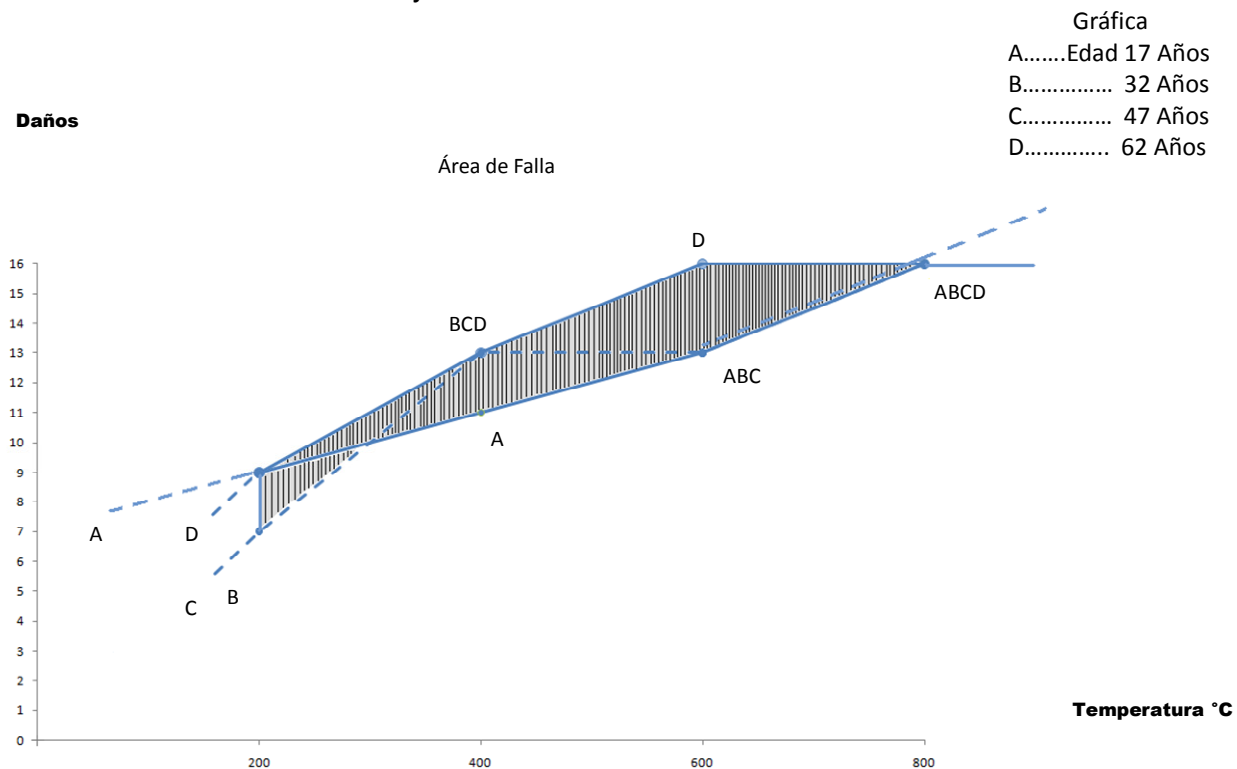
Por último en la Gráfica 13 se aprecian los cambios a los 800°C, a los 20, 28, 41 y 58 años, para hombre y mujer sufriendo el máximo grado de daño en todas las edades, siendo la destrucción total.

Gráfica 13 : Daños en Amalgamas a 800°C contra edad, considerando sexo.



En resumen se puede decir que se incrementa el grado de daño al aumentar la edad y el sexo (Gráfica 14).

Gráfica 14 : Área de falla por nivel de daños, de cualquier diente contra temperatura, considerando edad y sexo.



V.6. Observaciones sobre las amalgamas por microscopía óptica (MO)

A los 200°C los daños que sufrieron las amalgamas aplicadas sobre los especímenes de 23 y 62 años de edad, tendieron a ser iguales, debido a que el material de obturación es el mismo; sin embargo, para los mayores de edad, los órganos dentales sufrieron mayor daño ya que son el soporte de las amalgamas.

A los 400° C el daño que sufrió la amalgama a los 20 años de edad fue el mínimo; sin embargo, a partir de los 37 años en adelante, los daños eran prácticamente los mismos para todas las edades y ambos sexos.

Después de los 600°C el daño fue totalmente destructivo para todas las edades y sexos, tal y como se expone en las siguientes fotografías.

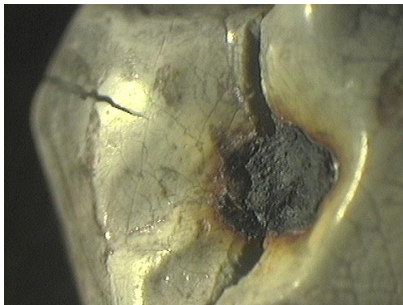


200°C



400°C





600°C



800°C

VI. DISCUSIÓN

En el estudio que se llevó a cabo, se obtuvieron resultados que en general coinciden con los obtenidos por otros investigadores en este campo; sin embargo, es muy importante señalar algunas diferencias que se observaron en la presentación de los resultados, objetivos buscados y los resultados en sí mismos; estas diferencias se explican por el conjunto de variables que aquí se manejan y sus correspondientes relaciones.

En el estudio presentado por Nossintchouk²², se presentan los colores que van adquiriendo los órganos dentarios dependiendo de la temperatura a que son sometidos; en el trabajo de esta tesis se presentan estos mismos resultados, considerando además edad y sexo, cuya presentación global se logra a través del abanico de Pantone y del árbol de colores.

Además en el trabajo de Nossintchouk la destrucción total de los órganos dentarios (fusión), se alcanza a la temperatura de 1200°C, mientras que en nuestro estudio a los 800°C se observó destrucción por fragilidad (vitrificación).

Respecto a las amalgamas, Nossintchouk describe el comportamiento de las amalgamas a diversas temperaturas y reporta la liberación del mercurio a partir de los 200°C; este comportamiento del mercurio se reporta también en esta tesis por medio de los espectros obtenidos con el microscopio electrónico de barrido (MEB)

En el trabajo presentado por Andersen y cols.³⁶ se mencionan los datos obtenidos de órganos dentales, bajo la acción del fuego, así como la información recabada *antemortem* y *postmortem*; en él se considera la edad, el sexo de las víctimas y el lugar del accidente.

En el trabajo de esta tesis como se ha mencionado anteriormente, se considera también la edad, el sexo y además la magnitud de la temperatura, clasificando específicamente el tipo de daños que sufren los órganos dentarios.

En el trabajo presentado por Valenzuela y cols.⁴² se describe un criterio para la identificación de víctimas quemadas que en términos generales consiste en la utilización de procedimientos forenses *postmortem* que incluyen: examen externo general, fotografías y radiografías complementadas con métodos biológicos. También se menciona la información *antemortem* como son historias clínicas, informes familiares, etc.

En el estudio de esta tesis no se utiliza la información mencionada, puesto que fue una investigación experimental específica; sin embargo, siendo un objetivo principal de este trabajo, que es coadyuvar a la identificación de víctimas quemadas se está totalmente de acuerdo con todos los procedimientos que Valenzuela y cols. proponen, en el cual este trabajo sería un elemento más al servicio de la identificación forense.

Moreno y cols.⁴⁴ presentan interesantes resultados de la investigación que llevaron a cabo, donde el objetivo principal es encontrar parámetros en el comportamiento de los órganos dentarios que puedan utilizarse en la identificación de víctimas. Relacionan temperatura, tipo de material de obturación dental y cambios macroscópicos y microscópicos observados después de ser sometidos a diversas temperaturas que varían de 200°C a 1200°C.

Es importante señalar las coincidencias del trabajo presentado por Moreno y cols. con el aquí propuesto.

- La búsqueda de parámetros que puedan ser utilizados para la identificación de víctimas.
- El análisis macroscópico y microscópico de los órganos dentales después de ser sometidos a temperaturas variables.
- El rango de temperatura utilizada que va de 200°C a 800°C en el estudio que se presenta aquí, y de 200°C 1200°C en el estudio de Moreno y cols.
- La presentación de fotografías donde se aprecian las fisuras y grietas del esmalte y de la amalgama dental.

En el estudio realizado para esta tesis, se intenta ir más allá en la descripción de los resultados, así como la utilización de otras variables como la edad y el sexo; otras diferencias importantes son las siguientes:

- Clasificación de fisuras y grietas típicas como consecuencia de temperaturas específicas en esmalte y amalgama dental.
- Definición de medidas de apreciación cualitativa y cuantitativa.
- Presentación en forma gráfica (parámetro) entre temperatura y daños, considerando edad y sexo.
- Presentación de características macroscópicas como son cambios de color en función de la temperatura en forma de árboles, en un intento de sistematizar los resultados obtenidos considerando edad y sexo.
- La utilización de estas gráficas (parámetros) de ayuda, para la obtención de otros nuevos parámetros para coadyuvar a la identificación de víctimas.

En general, en el estudio macroscópico de los órganos dentarios en el aspecto del color existen coincidencias con lo observado por Moreno, con la diferencia de que en el trabajo de esta tesis los colores observados se definen para todas las edades y sexos, para las diversas temperaturas y se presentan en forma de árbol apoyados en un código internacional que es el abanico de Pantone, esto con la intención de evitar juicios subjetivos respecto a la observación y clasificación del color.

En el estudio macroscópico realizado sobre las amalgamas, en esta tesis sólo se observó el sistema de fisuras y grietas formadas por la acción del calor; no se realizó un estudio sobre la colorimetría tal como fue realizado por Moreno y cols.

La diferencia en el aspecto de fisuras y grietas sobre amalgamas es que en este trabajo de tesis se realizó una clasificación típica de las mismas, correspondiente a cada temperatura específica, lo cual no presentó Moreno.

Otras diferencias con Moreno y cols. son las siguientes:

- Las grietas empiezan en el esmalte a tener importancia estructural (daños importantes) desde los 400°C a diferencia de Moreno, que de acuerdo a su estudio las grietas empiezan a formarse a partir de los 600°C.
- Respecto al sistema de grietas que se forma, Moreno reporta un aspecto cuarteado a partir de los 600°C; y desde este punto hasta los 1200°C, grietas longitudinales que se continúan con la dentina radicular y ocasiona en algunos órganos dentales fragmentación de las raíces.
- En cambio en este estudio, el sistema de grietas empieza a formarse desde los 400°C y a los 600°C este sistema ya evolucionó a formas complejas; ramificadas (piel de cocodrilo) y a los 800°C forma mosaicos vitrificados previos a la destrucción total por fragilidad.

Es importante mencionar la subjetividad que se genera al clasificar una fisura o una grieta, es por esa razón que en el estudio de esta tesis se propone una tabla de valores para fisuras y grietas apoyada en el aspecto de la funcionalidad estructural.

En el estudio llevado a cabo por Schmidt 2008⁵³, se propone un método para la recolección y conservación de órganos dentarios humanos quemados. Esta información podrá ser utilizada con fines antropológicos o también para identificación forense; este método estandarizado propuesto por Schmidt es muy útil e importante para la recolección de dientes cuando se trata de víctimas quemadas debido a explosiones o cuando estos restos se encuentran en zonas geográficas que son azotadas por grandes vientos o lluvias torrenciales que podrían fácilmente desplazar estos órganos a lugares relativamente lejanos de donde ocurrió el siniestro.

Este problema también se presenta en regiones donde existen animales depredadores que se alimentan de la carroña de las víctimas produciendo el mismo efecto de desplazamiento.

Este criterio consiste en generar en el terreno cuadrículas y un punto de referencia con el objeto de fijar las coordenadas del lugar específico donde se encontró cada pieza o fragmento dental haciendo de esta manera, un mapeo de la zona, ayudados de las

fotografías que se van tomando, de tal manera que pueda ser fácilmente presentado para su estudio y análisis en un programa de computo, o reproducir en otro lugar que puede ser el laboratorio, la forma en que estaban distribuidos dichos fragmentos.

En el estudio que se presenta en esta tesis no se propone un método para la ubicación de los órganos dentarios en la zona donde ocurrió el siniestro, sin embargo, se reconoce que este paso previo que recomienda Schmidt es muy importante en la metodología forense para la identificación de víctimas humanas quemadas. Schmidt también propone los métodos usados en arqueología y materias afines para la búsqueda, recolección y conservación de las piezas dentarias utilizando herramientas adecuadas como brochas, palillos, espátulas, etc., la forma cuidadosa en que deben descubrirse, recogerse, guardarse y transportarse debido a la gran fragilidad que presentan algunos órganos quemados a temperaturas muy altas.

En el trabajo de Schmidt también se menciona la evolución del color de los dientes cuando son sujetos a temperaturas que varían de 200°C a 800°C con una duración de 30 min, a 1 hrs. de exposición.

Resumiendo esta exposición de color determina que para temperaturas muy bajas cercanas a los 200°C las piezas dentarias presentan un color amarillo claro y un aspecto normal, al incrementarse la temperatura el color evoluciona a un color negro oscuro o café cuando la temperatura y/o duración de exposición se incrementa, los dientes se vuelven a un color gris azulado, si la temperatura aumenta, el color evoluciona un color blanco tiza, cuando se presenta esta condición se le conoce como calcinación.

En este estado, la mayoría de las proteínas y agua han sido quemadas y evaporadas, solo lo que permanece material inorgánico.

La evolución del color de los dientes sometidos al calor, es de acuerdo con este autor, parecido a la evolución del color de los huesos.

En el estudio para la investigación de esta tesis, la evolución del color de los dientes fue registrada cuidadosamente desde la observación a los 200°C hasta la máxima que fue de 800°C, en intervalos de 30 min. de exposición.

En nuestra investigación los especímenes sometidos a 200°C registraron un color amarillo claro en la corona dental y la raíz, posteriormente a los 400°C el color evolucionó a un amarillo oscuro con bandas cafés en corona y raíz a los 600°C, el color evolucionó a un café con manchas grises con la raíz de un color gris oscuro, a los 800°C el color gris se iba aclarando en toda la corona y el color en la parte de la raíz evolucionó a un color blanquizco.

Esta evolución de colores se observó en general independientemente de la edad y sexo.

Esta evolución es una aproximación de la tendencia general del color de los órganos dentales, independientemente de la edad y sexo.

En general, existe una concordancia entre la coloración presentada por Schmidt y la presentada en esta tesis.

Schmidt presenta también la evolución y tendencia del patrón de grietas que se desarrollan al cambiar la temperatura. En su trabajo él registra la aparición de grietas longitudinales y transversales en la corona y en la raíz de un modo transversal. Sólo que en su trabajo no especifica las temperaturas que generan la aparición de fisuras y grietas de manera específica, pero sí describe el patrón de grietas de forma ramificada y finalmente, la aparición de verdaderos “mosaicos” formados por grietas profundas y fuertes, en la fase final de los dientes calcinados.

En el trabajo presentado para esta tesis se llevó un registro de la aparición del patrón de fisuras a temperaturas aproximadas de 200 °C; la evolución en forma y magnitud de estas fisuras a grietas al incrementarse la temperatura. Es importante notar que se observaron patrones específicos de fisuras y grietas a temperaturas específicas; sin embargo la variable, edad y sexo tiene cierto peso en la aparición de estos mismos patrones. De tal manera que por ejemplo el patrón de grietas “piel de cocodrilo” aparecería a menor temperatura en el diente de una persona de edad mayor que el mismo patrón en el diente de una persona joven.

Por otro lado la aparición del patrón de grietas que menciona Schmidt, sin especificarlo aparece también en los dientes que se estudiaron en esa investigación, como son “piel de cocodrilo” y el de “mosaico”; este último patrón se presenta en la fase final de la calcinación tal como lo menciona Schmidt y que coincide con el trabajo de este estudio.

Schmidt también da una explicación del agrietamiento de los órganos dentarios y menciona a la vez una teorías como la de “palomitas de maíz” donde trata de explicar el agrietamiento del esmalte por la destrucción explosiva de la pulpa de la dentina ya que esta contiene elementos orgánicos que al calentarse pueden generar vapor.

Otra explicación del agrietamiento del esmalte de los dientes, de acuerdo a otros investigadores podría ser que el encogimiento de la dentina por la pérdida de colágeno al encontrarse adherida al esmalte, genera grandes tensiones en su superficie y siendo este un material frágil, cuya capacidad es de compresión y no de tensión, genera agrietamientos para disipar la energía de deformación que la dentina le induce.

Sin embargo, observando el patrón de agrietamiento en el esmalte de los dientes podría pensarse que la causa podría ser más compleja que deformaciones por cambio de volumen.

Si observamos el complejo sistema (patrón) de grietas y el grado de destrucción del esmalte en la fase terminal podría generarse una hipótesis que aquí se expone: en la primera fase del calentamiento del diente, este calor va del esmalte hacia la dentina y como las leyes físicas así lo determinan los cuerpos, al calentarse incrementan su volumen pudiendo pensarse que el esmalte sufre por este hecho, fisuras antes de empezar el encogimiento de la dentina; el cambio de volumen de ésta profundizan más las fisuras sobre el esmalte, hasta convertirlas en pequeñas grietas sin modificar el patrón, puesto que se trata del mismo efecto por cambios volumétricos.

Fase dos: al perder colágeno y pulpa en la dentina se generan vapores que tienden a escapar violentamente generándose verdaderas explosiones que fragmentan la estructura de la corona que ya se encuentra muy debilitada. Generándose un patrón de grietas más complejos y explicando de esta manera por que este patrón en la fase final es simétrico con

formas predominantemente regulares; este aspecto podría explicarse si consideramos fuerzas expansivas uniformes de adentro hacia afuera.

En resumen esta hipótesis es la consideración simultánea de las dos que menciona Schmidt con la diferencia de que aquí el esmalte es el que tensiona a la dentina y no al contrario, después la dentina comprime al esmalte.

En el trabajo presentado por Beach 2008⁵² se menciona la relación que existe entre la evolución del color de los huesos y de los dientes cuando son sometidos a diversas temperaturas y tiempo de incineración (Shipman et al., 1984; Nelson 1992; Holden et al., 1995; Symes et al., 2005) se observó una gran similitud en esta evolución, aunque desde el punto de vista estructural la composición de los huesos y de los dientes son diferentes, dado que los huesos poseen un mayor contenido orgánico y colágeno en cambio los dientes poseen una cantidad mínima de contenido orgánico y colágeno concentrados en la dentina.

Esta evolución del color fue la siguiente: sometidos a bajas temperaturas el color era amarillo claro, cuando incrementó la temperatura este color evolucionó a un amarillo más oscuro, al incrementar de nuevo la temperatura el color pasó a un color café o negro oscuro, después ante otro incremento de temperatura éste evolucionó a un color azul grisáceo, en la fase final de huesos y dientes el color fue blanco y la textura de los materiales era frágil y quebradizo.

En esta evolución presentada coincide Schmidt y Beach y los resultados que se obtuvieron en la investigación para esta tesis en lo referente a la evolución del color en los dientes.

Ante este hecho es importante señalar que en general todos los cuerpos (madera, plástico, telas, concretos, papel, etc.) sometidos a temperaturas crecientes presentan este mismo patrón de evolución de acuerdo a observaciones cotidianas.

Sin embargo, lo que sí es importante notar es que las temperaturas que generan estos colores específicos varían de acuerdo a cada material, por esta razón resulta interesante y necesario conocer los rangos de temperatura para el color de cada material, en particular comparar dichas temperaturas que actúen sobre los huesos y sobre los dientes.

En la investigación que se llevó a cabo para esta tesis no se realizaron experimentos para el estudio de la evolución del color en los huesos; en los trabajos presentados por los autores mencionados no se especifica claramente esta relación de temperatura y color en los huesos. En los resultados obtenidos el estudio para la presentación de esta tesis se observó la evolución del color pero para los dientes. Este patrón se generó para temperaturas que varían de 200°C a 800°C con un intervalo de exposición de media hora. Aquí se observó la fase terminal del esmalte de los dientes cuando éstos fueron sometidos a 800°C, Beach llegó a este grado de calcinación a los 593 °C.

Esta aparente contradicción podría explicarse por las diferentes metodologías utilizadas en la experimentación.

En este estudio presentado los especímenes se someten a media hora a temperaturas específicas que van de 200 a 800 °C, se les realiza la observación y estudios requeridos y ya no vuelven a utilizarse, es decir cada subconjunto de la muestra que se compone de ocho especímenes de una muestra de 32 (que era lo teóricamente necesario de acuerdo al análisis estadístico) representa el comportamiento de dientes de diversas edades y sexo a los 200°C.

Otro subconjunto de ocho especímenes de la muestra se somete a 400 °C, se le realiza las mediciones correspondientes, este subconjunto representa el comportamiento de los dientes ante esta temperatura a las diversas edades y sexo.

El criterio que aquí se sigue para la experimentación intenta representar lo que sucede con las víctimas de incendio en la realidad. Pues no es lógico que una víctima que ha sufrido un accidente automovilístico, o sea intencionalmente incinerada por algún delincuente, sea sometida una y otra vez a diversas temperaturas.

En cambio en la metodología empleada por Beach se entiende que los mismos especímenes sufren de diversas temperaturas con periodo de enfriamiento.

Desde el punto de vista estructural todo cuerpo que es sometido a un proceso de calentamiento y enfriamiento, necesariamente también está sujeto a cambios de volumen que generan fisuras y grietas en su superficie, por las cuales las temperaturas que posteriormente le son aplicadas penetran en la masa de dichos cuerpos, en este caso en las

capas de esmalte y dentina; además de esto, la capacidad de disipación del calor puede ser menor que el calor inducido en el órgano dental, de tal manera que el grado de calcinación y destrucción podría alcanzarse a más bajas temperaturas por ejemplo a 600 °C, que en las piezas que no están sujetas a estos cambios volumétricos.

Es importante aclarar que cuando un cuerpo acumula calor o frío, acumula grandes energías de deformación, la única manera de disiparlas o liberar toda esta energía excesiva es en forma de fisuras o grietas.

La hipótesis que se deriva de la observación de muchos fenómenos cotidianos tendría que demostrarse en investigaciones posteriores sobre los dientes.

En el estudio de Beach también se menciona la pérdida de peso debido al tiempo de exposición al calor. En el estudio de esta tesis no se realizaron mediciones en el peso de los dientes, por lo tanto no podemos hacer una comparación al respecto.

Beach utilizó los códigos de color obtenido de la carta de color de Munsell 2000; en nuestro estudio se empleo el código de color obtenido del abanico de color de Pantone que es también un código internacional, esta diferencia de códigos podría generar algunas aparentes contradicciones en cuanto al color.

Respecto a las amalgamas Norlander 1997 reporta que las amalgamas se queman a 965 °C. En el estudio que se llevó a cabo en esta tesis a 800 °C hubo desprendimiento de amalgamas en algunos especímenes, en otros se observó evaporación de amalgamas, en resumen puede considerarse 800 °C como la temperatura de destrucción de amalgamas.

En el análisis químico de la evolución de las amalgamas ante diversas temperaturas de utilizó el microscopio electrónico de barrido (MEB) por medio de la técnica de Espectroscopía por Dispersión de Energía (EDS), el cual generó una serie de espectros en los cuales indica el contenido de elementos en las amalgamas cuando fueron sometidas a las diversas temperaturas.

Se indica así mismo, el patrón de evolución y en términos generales el rango de temperatura al que fueron sometidos dichas amalgamas, es importante aclarar que algunas

contradicciones que podrían existir se pueden explicar debido a las diferentes metodologías utilizadas durante la experimentación.

Finalmente se debe reiterar que los criterios, métodos, hipótesis y variables utilizadas en un estudio dependerán de los objetivos buscados.

En el caso de este estudio, uno de los objetivos fue relacionar colores y daños específicos sobre dientes, con temperaturas específicas para diversas edades y sexo.

Esto es aplicable también para las amalgamas. Se considera que estos cambios de color y daños se van a generar en los accidentes o eventos donde se encuentren víctimas humanas quemadas, por esta razón se eligió la metodología que aquí se menciona.

Una interesante observación realizada durante el proceso experimental fue que las fisuras y grietas también poseen un patrón de evolución constante a medida que la temperatura se incrementó.

Este patrón observado en la evolución es independiente de las variables edad y el sexo y solamente varía en el grado de calor que sufren los órganos dentales.

Le evolución fue la siguiente: A temperaturas de normales a bajas, es decir, de 38°C a 200°C aparecen las primeras fisuras de un trazo sencillo, lineales y sin ramificaciones.

A medida que la temperatura incrementó, estas fisuras sencillas lineales fueron adquiriendo ramificaciones hasta formar una configuración de “piel de cocodrilo”, al mismo tiempo, por su amplitud y profundidad, no amenazan todavía la funcionalidad de los órganos dentales, no alcanzando por lo tanto, el nivel de grietas

Si la temperatura se incrementa, empiezan a aparecer pequeñas grietas lineales que se transformaran en grietas ramificadas al aumentar el calor.

Estas grietas ramificadas incrementan su amplitud y profundidad transformándose así en grietas más grandes y tendiendo a ramificarse para formar el patrón conocido como “piel de cocodrilo”. Este patrón de grietas ya amenazan la estructura del órgano dental, al aumentar la temperatura será modificado por grandes grietas lineales verticales y

horizontales de mayor profundidad y anchura, que a temperaturas más elevadas evolucionó a un patrón de grietas ramificadas llamadas “mosaicos” que anteceden a la destrucción por fragilidad y calcinación (aprox. a los 800°C).

En esta evolución del patrón de fisuras y grietas se observó que es general para todos los órganos dentales; este hecho sugiere la propuesta de un método, que pueda ser aplicado para la identificación de víctimas, puesto que es posible relacionar temperatura con patrón de grietas (grado de daño), realizando las investigaciones necesarias para considerar la variable de edad y sexo en esta evolución.

Así se propuso en este estudio, la elaboración de gráficas donde se relacione el patrón de grietas (grado de daño) y temperatura.

Los resultados son un conjunto de gráficas obtenidas para aplicarlas en todos los casos de identificación, considerando edad y sexo.

Esto se realiza para daños sobre esmalte y amalgamas y puede considerarse como gráficas de ayuda de identificación o parámetros.

Además se construyeron gráficas donde se relacionó color, temperatura, considerando edad y sexo y se presentaron en forma de árbol de color femenino y masculino.

Este conjunto de gráficas que relacionan edad, temperatura y daños en la estructura de los órganos dentales, podría emplearse de tal manera que, si se encontrara la dentadura de una víctima de incendio el especialista forense puede disponer de una herramienta matemática para conocer el sexo, edad y temperatura a que estuvo sometida la víctima, con un buen grado de probabilidad.

Este criterio acompañado de otros métodos antropológicos podría coadyuvar en la identificación de una víctima, considerando y analizando los estudios y algunas referencias al respecto, no se han encontrado antecedentes que de manera específica persigan estos mismos objetivos ni que hayan propuesto un criterio parecido.

En resumen, dado los objetivos buscados y los resultados que se obtuvieron, no es posible comparar a éstos con los obtenidos por otros investigadores, excepto en aquellas cuestiones que ya han sido señaladas.

Respecto a otros autores mencionados en la bibliografía presentada en esta investigación y que sirvieron de respaldo teórico, debe mencionarse que por no presentar resultados experimentales respecto a grietas y colorimetría, no fue posible comparar resultados con ellos; esto es así debido a que los resultados obtenidos de cualquier investigación está en función del objetivo, las variables que se relacionan a ese objetivo y las hipótesis que se proponen respecto a la relación entre ellas.

Para concluir, esta investigación puede considerarse como un estudio original, que modestamente intenta aportar una pequeña herramienta en la gran tarea de la identificación de víctimas quemadas, aunque se reconoce que para afinar estos resultados se requiere aún mucha investigación experimental.

VII. CONCLUSIONES

Primera: Se puede observar una significativa tendencia de la magnitud de los daños en las mujeres, en todo el proceso de sometimiento de los órganos dentales a las diversas temperaturas, concluyendo que los órganos dentales de las mujeres en general, sufren más daños en este proceso, que los de los hombres, independientemente de la edad de ambos.

Segunda: En el proceso de calentamiento de los órganos dentales con amalgama; a los 600°C se observó que el valor de los daños que se produjeron oscila entre 13 y 16; correspondiendo en general a la aparición de grandes grietas en la interfase, que rompen la estructura entre órgano dental y amalgama y en otros órganos dentales los daños consistieron su fractura y desintegración, días después de haber salido del horno.

Tercera: Utilizando las gráficas correspondientes, así como las tablas de daños, es posible ir reduciendo el conjunto de individuos posibles, que han sido víctimas de crímenes o accidentes y que para lograr su identificación positiva solamente se dispongan de algunos órganos dentales, tal como se plantea en el ejemplo anterior; de tal manera que estas gráficas sean útiles para establecer un criterio de identificación de víctimas apoyándose en otros estudios tales como historias clínicas, radiografías, etc.

Cuarta: De los resultados obtenidos se puede concluir que los órganos dentales de ambos sexos en los adultos mayores sufren daños más severos que los órganos dentales de los jóvenes a la misma temperatura, cualquiera que sea el valor de ésta.

Quinta: Al observar las fotografías de amalgamas por medio del MEB, del MO y de los resultados encontrados se concluye que la interfase amalgama-órgano dental, se empieza a destruir a partir de los 400°C.

Sexta: El mercurio, que es un elemento importante en la composición de la amalgama, se evapora aproximadamente a los 400°C y a los 600°C, los elementos residuales contienen mayormente cobre y estaño.

Séptima: Es muy importante para aquellos países donde el método científico para la identificación de víctimas se encuentra en un estado incipiente, por la falta de tecnología moderna y sofisticada, utilizar criterios científicos apoyados en métodos estadísticos, para fortalecer los métodos utilizados en la Medicina Forense.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1 Moya Pueyo V., Roldán Garrido B., Sánchez Sánchez J.A., Odontología Legal y Forense, Ed. Masson, S.A., 1994. España. pp.3,4,5.

2 Correa Ramírez.A.I., La Mordida Humana en los Delitos de Homicidio y Violación. ^{1a}Ed. 2008. México. D.F. Editorial Sista S.A de C.V.

3 [Fereira Paz, J.L.](#); [Espina De Fereira, A.](#); [Barrios Ferrer, F.](#) y [Espina Rojas, O.](#). Autopsia Bucal Post-Exhumación En Víctimas De Un Desastre Masivo: Masacre De La Cárcel De Sabaneta, Maracaibo, Venezuela. Cuad. Med. Forense [Online]. 2002, N.30, Pp. 23-32. ISSN 1135-7606.

4 González Campos M, Odontología forense.

http://criminalistic.org/index.php?option=com_content&task=view&id=375&Itemid=15

5 Trouboul H. A. Importancia de la odontología forense en la identificación de víctimas.2007.

http://criminalistic.org/index.php?option=com_content&task=view&id=375&Itemid=15

6 Moya Pueyo V., Roldán Garrido B., Sánchez Sánchez J.A., Odontología Legal y Forense, Ed. Masson, S.A., 1994. España. pp. 7,8.

7 Tello FJ, Medicina Forense. México, D.F. Editorial Harla, 1991. pp.326-330

8 Vasquez Granja A. Incendios y explosiones de trabajo.

http://criminalistic.org/index.php?option=com_remository&Itemid=30&func=fileinfo&id=168

9 Incendio. <http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio>

10 Craig R., Hanks C., Kohn D., Koran III A., O'Brien W., Powers J., Wagner W., Wataha J., Materiales de odontología restauradora Ed. Harcour Brace de España S.A. 1998. España p.209

- 11** Macchi R., Abate P., Barreiro M., Bertacchini S., Edelberg M., Kaplan A., Macchi M., Polack M., Materiales dentales. 3ª Edición. Editorial Médica Panamericana S.A. 2002 pp 83-85.
- 12** Craig R., Hanks C., Kohn D., Koran III A., O'Brien W., Powers J., Wagner W., Wataha J., Materiales de odontología restauradora Ed. Harcour Brace de España S.A. 1998. España pp. 231,232.
- 13** Knight B. Medicina Forense de Simpson. 2ª. Ed. Editorial El Manual Moderno. 1999, México D.F. pp.17, 37-44.
- 14** Quiroz A, Medicina Forense. 1ª. Ed. 1977. México D. F Editorial Porrúa.
- 15** Incendios. Seguridad en el trabajo. Fernández Pereira J.M.,Martínez Rosado A. R., González Curbelo W. Criminalistica.com.mx / Derechos Reservados [Mota - Chincoya 2009]
- 16** Lucio E.J. La investigación de los incendios. Enero 2007 <http://www.criminalistaenred.com.ar/files/INCENDIOS.doc>
- 17** Incendio <http://es.wikipedia.org/wiki/Incendio>
- 18** Brkic H, Strinovic D, Kubat M, Petrovecki V. Int. J Legal Med (2000)
- 19** Dentistas Forenses. http://en.wikipedia.org/wiki/Forensic_dentistry
- 20** Víctimas de Desastres. <http://www.interpol.int/Public/DisasterVictim/default.asp>.
- 21** Identificación de víctimas de catástrofes. Formulario *postmortem* (PM) rosa. <http://www.interpol.int/Public/DisasterVictim/forms/use.asp>
- 22** Nossinchouk RM, Manuel d'Odontologie Médico-Legale, Ed. Masson, París, 1991.pp. 147-156.
- 23** Delattre V: Burned beyond recognition: Systematic approach to the dental identification of charred humans remains. J Forensic Sci. 2000; 45(3): 589-596.
- 24** Da Silva, R. F, De La Cruz, B.V.M, Daruge Jr, E Et al. La Importancia De La Documentación Odontológica En La Identificación Humana -Relato De Caso. Acta Odontol. Venez, Mayo 2005, Vol.43, No.2, P.159-164. ISSN 0001-6365.
- 25** Brannon, RB., The Gander Disaster: Dental Identification In A Military Tragedy, Journal Of Forensic Science November 2003, Volume 48, p5. ISSN: 0022-1198

26 Millet Mainguyague J. R. Identificación por medio de las características odonto-estomatológicas I. 2006

<http://www.mailxmail.com/curso-identidad-medio-dientes/identificacion-medio-caracteristicas-odonto-estomatologicas-1>

27 Estrategias y propuestas de intervención de los equipos de identificación en grandes catástrofes: Papel de la odontología forense. Valenzuela Garach A, y col. Ciencia Forense Revista Aragonesa de Medicina Legal Núm. 7 1999. Institución «Fernando El Católico» (C. S. I. C.) Impreso En España - Unión Europea ISSN: 1575-6793

28 Briseño Patlanis B., Manual del método para identificación de personas extraviadas o desaparecidas del SEMEFO-CAPEA D.F. bpatlanis@hotmail.com

29 Barbería E., Arimany J., Vidal C. Bardalet N., Hospital A., Ortigosa J.F, Aizpún E. y Rodríguez J.L. Identificación de víctimas del desastre del *tsunami* en Tailandia *Institut De Medicina Legal de Catalunya (IMLC). Departament de Justícia. Generalitat de Catalunya. Barcelona. España.*

30 Penacino G.A., Corach D., Investigación e implementación de sistemas de identificación de individuos por técnicas de biología molecular (Cap 1 y 2) ... con especial referencia a los estudios post-mortem. Universidad de Buenos Aires, Argentina

31 Nedell F., Nedel A.P, Alves R.H., Guerra R. Evaluation of identification cases involving forensic dentistry in the city of Pelotas, RS, Brazil, 2004-2006 March 25, 2009

32 [N Y State Dent J](#). 2005 Apr;71(3):21-5. Forensic dentistry in a terrorist world.

33 [Pretty LA](#). Dental School and Hospital, Manchester, UK. Forensic dentistry: 1. Identification of human remains. [Dent Update](#). 2007 Dec;34(10):621-2, 624-6, 629-30 passim.

34 Rios, L. (2003): Brief Communication: Sex Determination Accuracy of the Minimum Supero-Inferior Femoral Neck Diameter in a Contemporary Rural Guatemalan Population. *American Journal of Physical Anthropology*, 122, pp: 123-126.

35 Gualdi-Russo, E. (2007): Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Science International*, 171, pp: 151-156.

- 36** Andersen L, Juhl M, Solheim, Borrman Odontological identification of fire victims-potentialities and limitations H. *Int Leg Med* (1995) 107:229-234.
- 37** Bush M, Miller R, Prutsman J, Bush P. Identification though X-Ray fluorescence analysis of dental restorative resin materials: a comprehensive study of noncremated, cremated, and processed- cremated individuals. *J Forensic Sci* January 2007, Vol. 52, No.1
- 38** Briseño B, 2007. La radiología en la investigación odontológica forense. *Odontología Actual*, Año 5. Núm. 53, pp.40-43.
- 39** Alemán, MC. Botella, F. Navarro, Ó. Cordón, S. Damas y J. Santamaría Identificación humana mediante superposición de imágenes. Una propuesta metodológica. *Human identification by superimposition of images. A methodological proposal Cuad. med. forense* n.53-54 Sevilla jul.-oct. 2008. ISSN 1135-7606
- 40** [Martinez Chicon, J.](#); [Luna Del Castillo, J.D.](#) y [Valenzuela Garach, A.](#). La variabilidad de los tratamientos dentales en una población militar española y su importancia para la estimación de la probabilidad de identificación dental. *Cuad. med. forense* [online]. 2008, n.53-54, pp. 223-233. ISSN 1135-7606.
- 41** Brown KA (1984) Dental identification of unknown bodies. *Ann Acad. Med Singapore* 13:3-7
- 42** Valenzuela A, Martin S, Marques T, Exposito N, Bohoyo JM. The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med* (2000) 113:236-239
- 43** Espina, A, Barrios, Fernando, Ortega, Ana *Et Al.* Cambios Estructurales En Los Tejidos Dentales Duros Por Acción Del Fuego Directo, Según Edad Cronológica. *OD*, Ene. 2004, Vol.1, No.1, P.38-51. ISSN 1317-8245.
- 44** Moreno; León; Marín; Moreno. Comportamiento in vitro de los tejidos dentales y de algunos materiales de obturación dental sometidos a altas temperaturas con fines forenses. *Reviata Colombia Médica Alternative*.

45 Valenzuela A, Marques T, Exposito N, Martín-de las Heras S, García G. Comparative Study of Efficiency of Dental Methods for Identification of Burn Victims in Two Bus Accidents in Spain. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology* (2002) 23(4):390-393.

46 Pretty IA, and Addy LD. Associated postmortem dental findings as an aid to personal identification. *Science & Justice* 2002, Vol. 42, No.2; 42:65-74.

47 Fereira JL, Espina AI, Barrios FA y Mavárez, Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. *OD*, ene. 2005, vol.2, no.1, p.58-65. ISSN 1317-8245.

48 Pretty, IA, Webb, DA, Sweet, D, Dental participants in mass disasters a retrospective study with future implications ISSN: 0022-1198.

49 Miguel R. Comportamiento de las piezas dentarias y sus restauraciones a la acción de la temperatura

<http://www.gbsystems.com/papers/legal/miguel.htm>

50 Millet Mainguyague J.R. Comportamiento de las piezas dentarias y sus restauraciones frente a la acción de la temperatura.

<http://www.mailxmail.com/curso-identidad-medio-dientes/comportamiento-piezas-dentarias-sus-restauraciones-frente-accion-temperatura>

51 Devlin J, Herrman N, Bone color as an interpretive tool of the depositional history of archaeological cremains. C.W.Schmidt y S.A. Symes Eds. *The analysis of burned human remains*, Elsevier, London, 2008. Pp 109-128.

52 Beach J, Passalacqua N, Chapman E. Heat-related changes in tooth color: temperature versus duration of exposure. C.W.Schmidt y S.A. Symes Eds. *The analysis of burned human remains*, Elsevier, London, 2008. Pp137-146.

53 Schmidt C, The recovery and study of burned human teeth C.W.Schmidt y S.A. Symes Eds. *The analysis of burned human remains*, Elsevier, London, 2008. pp 55-76

54 Correa A, *Estomatología Forense*. Editorial Trillas. México, D.F. 1ª Ed. 1990.

55 Moya V, Roldán B, Sánchez JA. Odontología legal y forense. Barcelona: Editorial Masson, 1994. pp. 239-254.

56 Ferreira JL, Espina AL, Barrios FA, et al. Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. OD, jan.2005, Vol.2 no.1, p 58-65.

IX. ANEXOS



