

Análisis estereomicroscópico de materiales dentales de uso en endodoncia sometidos a altas temperaturas

Stereomicroscopic analysis of dental materials employed in endodontic exposed to high temperatures

Johana ARAMBURO¹, Ángela ZAPATA¹, Sugey ZÚÑIGA¹, Freddy MORENO²

1. Estudiantes de Odontología de último año de la Universidad del Valle. 2. Odontólogo. Profesor Escuela de Odontología, Universidad del Valle. Grupo de Investigación Cirugía Oral y Maxilofacial, Universidad del Valle. Profesor Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana-Cali.

RESUMEN

Objetivo: Describir los cambios físicos estereomicroscópicos que ocurren en los tejidos y en los materiales dentales empleados en un tratamiento endodóncico convencional al ser sometidos a altas temperaturas.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio experimental *in Vitro* para observar los cambios físicos macro-estructurales de los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) y de los materiales de uso odontológico empleados comúnmente en endodoncia (gutapercha *Maillefer Dentsply*®, cemento endodóncico a base de óxido de zinc-eugenol *Eufar*®, cemento endodóncico a base de resina epóxica *Top Seal*® *Dentsply*®, ionómero de vidrio *Fuji I*® *GC América*®, amalgama de plata *GS80*® *SDI*® y resina *Point 4*® *Kerr*®) en 124 dientes humanos, sometidos a cinco rangos de temperatura (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C).

Resultados: Los tejidos y los materiales dentales estudiados presentan gran resistencia a las altas temperaturas sin variar considerablemente su micro-estructura, de tal manera que los cambios físicos (estabilidad dimensional, fisuras, grietas,

fracturas, textura, color, carbonización e incineración) pueden observarse a través de estereomicrofotografías y asociarse a cada rango de temperatura específico.

Conclusiones: Los cambios macro y micro-estructurales de los tejidos y los materiales dentales ocurren de forma específica en cada rango de temperatura, razón por la cual pueden emplearse en el cotejo antepostmortem durante el proceso de identificación de un cadáver o restos humanos quemados, incinerados o carbonizados.

Palabras clave: Odontología forense, identificación humana, estereomicroscopía, materiales dentales, altas temperaturas.

SUMMARY

Objective: To describe the physical stereomicroscopical changes that occur in dental tissues and materials employed in a conventional endodontic treatment after application of high temperatures.

Methods: An *in Vitro* study was carried out to observe microscopic, structural & physical changes on hard dental tissues (enamel, dentine and cement) and on endodontic materials (gutta-percha *Maillefer Dentsply*®, endodontical cement based on oxide of zinc-eugenol *Eufar*®, cement based on epoxic resin *Top Seal*® *Dentsply*®, glass ionomer *Fuji I*® *GC America*®, silver amalgam *GS80*® *SDI*® and composite *Point 4*® *Kerr*®) in 124 human teeth,

submitted to five temperature ranks (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C).

Results: The studied tissues and dental materials presented great resistance to the high temperatures without varying considerably their micro structure, such as that the physical changes (dimensional stability, cracks, pits, fractures, texture, color, carbonization and incineration) can be observed through stereomicrophotographies and can be associated to each specific rank of temperature.

Conclusions: Some macrostructural changes of dental tissues and the dental materials occur of specific form in each rank of temperature, and for this reason they can be employed in the comparison before and postmortem during the process of identification of burned or charred corpse and human remains.

Keywords: Forensic dentistry, human identification, stereomicroscopy, dental materials, high temperatures.

INTRODUCCIÓN

Basado en el amplio campo de acción, el Grupo de Investigación Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad del Valle (Colombia), conceptualiza la odontología forense como una especialidad de la odontología la cual, a través del trabajo clínico, técnico y científico interdisciplinario junto con las demás ciencias forenses, procura

Recibido para publicación: Enero 26 de 2011.

Aceptado para publicación: Julio 29 de 2011.

Correspondencia:

F Moreno, Universidad del Valle.

(freddymg@univalle.edu.co)

la recta administración de la justicia bajo principios éticos y morales, mediante la evidencia que ofrecen los dientes, las estructuras anatómicas, las patologías y los tratamientos odontológicos; valorados durante la observación y análisis del sistema estomatognático, para el caso de este estudio, cuando se requiere la identificación de cadáveres o restos humanos quemados, carbonizados e incinerados. Esto es posible porque los dientes son las estructuras que mejor se conservan del cuerpo humano (1,2); debido a que el esmalte dental es el tejido más duro del organismo y se preserva inclusive al ser expuesto a las altas temperaturas (3-6).

Para el caso de individuos quemados, carbonizados e incinerados, el proceso de identificación se realiza de acuerdo al estado de los restos humanos. Para ese fin, Norrlander (3) realizó una clasificación de las quemaduras corporales, con fines forenses, en cinco categorías: 1. quemaduras superficiales; 2. áreas de la epidermis destruidas; 3. destrucción epidermis, dermis y áreas de necrosis en tejidos subyacentes; 4. destrucción total de la piel y tejidos profundos; y 5. restos cremados.

Usualmente los odontólogos son llamados a asistir los procesos de identificación de las víctimas quemadas en donde la destrucción de los tejidos es extensa y no pueden ser identificados por los métodos convencionales, reconocimiento visual o huellas dactilares (categorías tres, cuatro y cinco de Norrlander).

La identificación de un individuo quemado o incinerado mediante procedimientos odontológicos se realiza comparando los registros postmortem con la historia clínica odontológica antemortem a través de información que proporciona el sistema estomatognático. Las comparaciones o cotejos más frecuentes se realizan a partir de tratamientos odontológicos como restauraciones protésicas y obturaciones dentales, rasgos morfológicos dentales y óseos individualizantes, variaciones patológicas individuales y obtención de ADN

de la pulpa en dientes que no haya sido afectada por las altas temperaturas (7,8).

Es por ello, que describir los cambios físicos micro-estructurales que ocurren en los tejidos y en los materiales dentales sometidos a altas temperaturas, podrá eventualmente, apoyar la evaluación de los restos humanos quemados, carbonizados o incinerados para determinar qué tipos de tratamientos odontológicos existían y los materiales dentales con que se elaboraron, lo que fundamentará científicamente los cotejos ante-mortem a partir de la historia clínica odontológica al momento de establecer la identificación fehaciente de un individuo o sus restos mortales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este es un estudio experimental *in Vitro* sobre el comportamiento de la acción de altas temperaturas en los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) y de algunos materiales de uso odontológico (gutapercha, cemento endodóncico a base de óxido de zinc-eugenol, cemento endodóncico a base de resina epóxica, ionómero de vidrio, amalgama de plata y resina compuesta. Para ello se recolectó una muestra escogida por conveniencia de 124 dientes recién extraídos por motivos ortodóncicos y periodontales, que no presentaran caries, restauraciones, tratamientos de endodoncia, patología pulpar y malformaciones congénitas.

Las variables tenidas en cuenta en este estudio obedecen a los cambios observados en los tejidos dentales y en los materiales dentales de empleados para obturar los conductos pulpares y la cavidad de acceso durante un tratamiento de endodoncia. Dichos cambios serán descritos, para facilitar la discusión, de acuerdo a los tejidos y los materiales dentales y al rango de temperatura, teniendo en cuenta la desadaptación de los materiales de obturación; las fisuras, grietas, aspecto cuarteado y fracturas, los cambios en la textura; los cambios de color y los niveles de carbonización e incineración.

Recolección de la muestra

Una vez avalada la investigación por el Comité de Ética en Seres humanos de la Universidad del Valle de acuerdo con la Resolución 8430 del Ministerio de Protección Social (9) y a la Declaración de Helsinki (10) y previa autorización de las directivas de la Escuela de Odontología y firma del consentimiento informado por los pacientes, se procedió a obtener la muestra a partir de los dientes extraídos en la clínica de cirugía oral de la Escuela de Odontología de la Universidad del Valle que cumplieran con los criterios de inclusión.

Manejo y conservación de la muestra

Inmediatamente después de ser extraídos, los dientes se lavaron con agua no estéril para eliminar residuos de sangre y se introdujeron en un recipiente oscuro con solución fijadora cloramina T al 5% durante una semana. Después se colocaron en solución salina a 37°C con una humedad relativa de 100%. Cada dos semanas se cambió la solución salina según la norma ISO/TS 11405/2003 (11), hasta iniciar los procedimientos.

Preparación de las cavidades

Los investigadores realizaron a cada uno de los dientes una cavidad palatina Tipo I de acuerdo a las indicaciones de acceso de acuerdo a la literatura endodóncica hasta exponer la cámara pulpar a través de una pieza de alta velocidad marca NSK® con refrigeración constante y fresas redondas de diamante de grano medio-fino (*Diatech*®).

Tratamiento de endodoncia

Se realizó un tratamiento de endodoncia de acuerdo a la técnica telesecópica (12): conductometría, preparación biomecánica del conducto, conometría y obturación del conducto mediante técnica de condensación con conos de gutapercha y cemento de obturación. Una vez verificada la obturación radiográficamente, se cortó el penacho de los conos a 2 mm por debajo de la línea

Tabla 1. Distribución de los dientes que constituyen la muestra por rangos de temperatura

Rangos de temperatura (°C)	Grupo 1 (42 dientes obturados con gutapercha, cemento óxido zinc eugenol, amalgama de plata)	Grupo 2 (41 dientes obturados con gutapercha, cemento óxido zinc eugenol, resina compuesta)	Grupo 3 (41 dientes obturados con gutapercha, cemento en resina, resina compuesta)
200	8	8	8
400	8	9	8
600	8	8	8
800	9	8	9
1000	9	8	8

amelocementaria y se selló con ionómero de vidrio.

Obturación de las cavidades

Se realizó con relación al grupo al que pertenecen los dientes de acuerdo al material de obturación de la cavidad:

Grupo 1:

42 dientes a los que se les realizó el tratamiento de conducto ya descrito y cuyo conducto fue obturado con gutapercha *Maillefer Dentsply*® y cemento de óxido de zinc eugenol *Eufar*®, y sellado con ionómero de vidrio *Fuji I*® *GC América*®. La cavidad se obturó con amalgama de plata *GS80*® *SDI*® por medio de la técnica convencional de empaçado, condensado, bruñido y pulido de la restauración.

Grupo 2:

41 dientes a los que se les realizó el tratamiento de conducto ya descrito y cuyo conducto fue obturado con gutapercha *Maillefer Dentsply*® y cemento de óxido de zinc eugenol *Eufar*®, y sellado con ionómero de vidrio *Fuji I*® *GC América*®. La cavidad se obturó (previo grabado ácido del esmalte y acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico al 37.5% -*Gel Etchant*® *Kerr*®- y aplicación de adhesivo -*OptiBond Solo Plus*® *Kerr*®-) con resina compuesta *Point 4*® *Kerr*® mediante técnica por incrementos fotopolimerizados con una lámpara *Spectrum 800*® *Dentsply*®. Se finalizó con el pulido y brillo de la restauración para eliminar la capa inhibida superficial con los sistemas *Hiluster Plus*®

y *Oclubrush*®. En todos los procedimientos se siguieron las indicaciones de los fabricantes.

Grupo 3:

41 dientes que fueron cavitados a los que se les realizó el tratamiento de conducto ya descrito y cuyo conducto fue obturado con gutapercha *Maillefer*® *Dentsply*® y cemento de resina *Top Seal*® *Dentsply*®, y sellado con ionómero de vidrio *Fuji I*® *GC América*® y resina *Point 4*® *Kerr*®. La cavidad se obturó con el mismo protocolo del Grupo 2. A su vez, los dientes de cada uno de estos grupos fueron divididos de acuerdo al rango de temperatura al que fueron expuestos (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C) (Tabla 1).

Aplicación de altas temperaturas

Una vez hechas las obturaciones, los dientes se colocaron en bandejas individuales de revestimiento refractario (*Cera-Fina*® *Whipmix*®) para facilitar su manipulación y se sometieron al calor directo dentro de un horno tipo mufla (*Thermolyne*®) previamente calibrado a cinco diferentes rangos de temperatura (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C) con una tasa de ascenso de 10°C por minuto desde una temperatura inicial de 37°C hasta alcanzar cada uno de los rangos propuestos. Terminada la aplicación de la temperatura y una vez fríos, los dientes se rociaron con laca para cabello con el fin de conferirles cierto grado de resistencia y facilitar su manipulación (4). Posteriormente, 30 dientes (10 de cada grupo -2 por rango de temperatura-) fueron

embebidos en acrílico transparente (*New Estetic*®). A 15 se les realizó un desgaste (recortadora *WhipMix*®) en sentido sagital (corte longitudinal) y los 15 restantes en sentido horizontal (corte transversal) para exponer el tratamiento endodóncico.

Observación

Los investigadores observaron y describieron los cambios macro-estructurales de los tejidos dentales y los materiales de uso en endodoncia de los 30 cortes mediante fotografías digitales tomadas con una cámara digital (*Sony*® *Cyber-Shot*® *DSC-H50* de 8.1 mega píxeles) a través de un estereomicroscopio (*Stemi 2000C*® *Carl Zeiss*®).

RESULTADOS

Cortes longitudinales

200°C:

La unión amelodentinaria adquiere un color pardo en toda la extensión de la corona, lo que de acuerdo a Moreno *et al* (13) explicaría el cambio de color de la corona y la pérdida de translucidez del esmalte por la pérdida de la matriz orgánica. La dentina y el cemento no presentan cambios significativos (Figura 1A). Respecto a los materiales dentales, en la amalgama se observa desadaptación marginal, se torna opaca y rugosa al formarse en su superficie nódulos, los cuales son explicados por Rötzscher *et al* (14), como el producto de la evaporación del mercurio que arrastra consigo partículas de plata hacia la superficie de la amalgama y que luego por la presión y la disminución

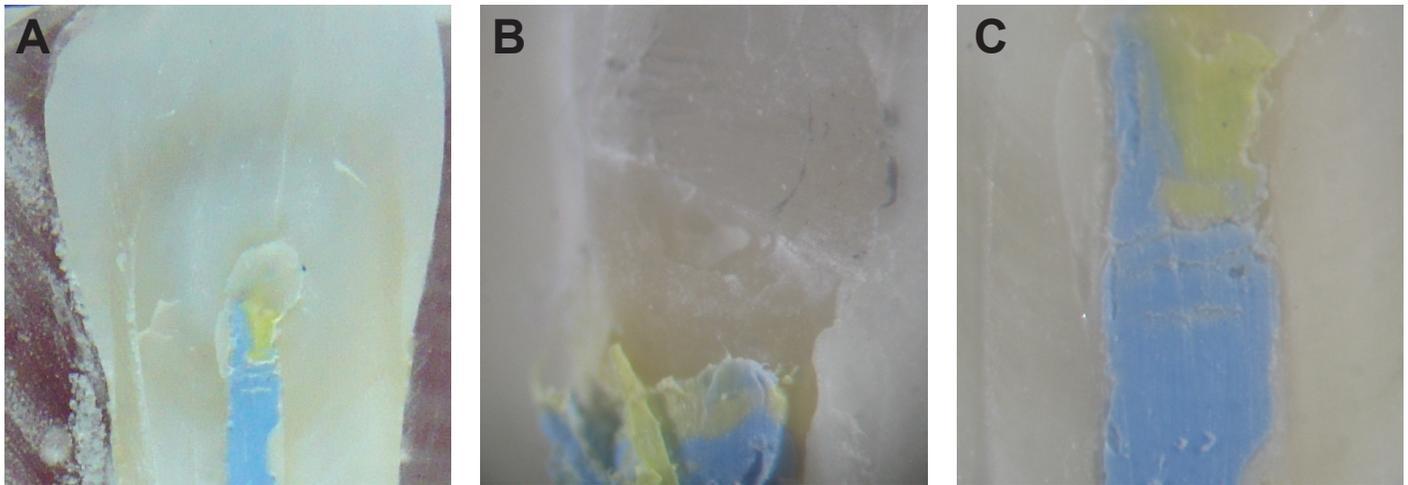


Figura 1. A. Fotografía digital de un diente con cavidad obturada en resina y tratamiento de conductos realizado con cemento a base de resina epóxica y gutapercha, sometido a 200°C y desgastado en sentido vestibulo-lingual, en la cual se aprecia un fragmento de resina. **B.** Estereomicrofotografía de la gutapercha coronal al ser removida la resina. **C.** Estereomicrofotografía del conducto en diferentes regiones en donde se aprecian el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha sin cambios aparentes.

de la temperatura conformarán las llamadas “balas de plata”. La resina presenta retracción marginal y no evidencia cambios macroscópicos significativos (Figura 1B). El ionómero de vidrio se observa intacto pero separado del material de obturación y de la gutapercha. El cemento endodóncico a base de óxido de zinc y eugenol se observa entre los conos de gutapercha desadaptado, al igual que el cemento a base de resina epóxica. La gutapercha, en algunos puntos desadaptada, se observa sin cambios aparentes (Figura 1C).

400°C:

En este rango el esmalte se fisura en toda la corona confiriéndole un aspecto de red de microfracturas que fue denominada por Merlati *et al* (5) como “craquelado del esmalte”. Así mismo, el esmalte se estalla en la zona cervical separándose de la dentina carbonizada (de color negro) y del cemento, el cual se observa de color café oscuro, (Figura 2A). Esta separación de la unión amelodentinaria en el tercio cervical del esmalte fue referenciada macroscópicamente por Moreno *et al* (13) y microscópicamente por Ferreira *et al* (15).

En el caso de los materiales dentales, la amalgama pierde brillo, se observa desadaptada y se observan fisuras debido a la

evaporación del mercurio (Figura 2B); la resina se aprecia opaca (de color pardo) y desadaptada; el ionómero de vidrio se observa a manera de trazas adheridas al material de obturación; el cemento a base de óxido de zinc-eugenol, el cemento a base de resina epóxica, ambos de color blanco, se incineran y no es posible diferenciarlos macroscópicamente (Figuras 2A y 2C). La gutapercha se encuentra igualmente incinerada (de color blanco), aunque se pueden apreciar algunas trazas de gutapercha que aún preservan el color original (Figura 2).

600°C:

El esmalte se torna opaco, de aspecto cuarteado y separado de la dentina en los tercios cervical y medio, mientras que esta última se observa carbonizada de color negro (Figura 3A). Este fenómeno de separación del esmalte por pérdida de continuidad de la unión amelodentinaria es ocasionado, de acuerdo a lo expuesto por Moreno *et al* (13), por la diferencia en la composición orgánica del esmalte y la dentina, mucho más abundante en esta última, lo cual genera cambios en la contracción dimensional diferentes al momento de ser sometidos a altas temperaturas. Para el caso del cemento, este se observa de un color café claro y cuarteado a lo largo de la raíz. La amalgama se observa de color negro.

La resina incinerada (de color blanco) se observa totalmente desadaptada y en algunos dientes se ha desalojado de la cavidad (Figura 3B). Las trazas de ionómero que se observan son opacas y de color pardo. El cemento de óxido de zinc-eugenol, el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha se encuentran incinerados (de color blanco) y afectados estructuralmente, sin embargo, no es posible diferenciarlos (Figura 3C). Savio *et al* (16) radiográficamente describió el aspecto de estos cambios estructurales como “de panal de abejas”, dada la pérdida de continuidad de los materiales de obturación, por lo que en las radiografías se observa como una serie de celdas radiolúcidas discontinuas.

800°C:

A esta temperatura el esmalte incinerado (de color blanco tiza), se ha estallado y en varios dientes se encuentra separado de la dentina, tal como lo han reportado en forma macroscópica Moreno *et al* (17) y Merlati *et al* (5). La dentina radicular se encuentra incinerada (de color blanco) mientras que la coronal, protegida aún presenta vetas negras producto de la carbonización. El cemento es de color blanco tiza con grietas transversales que se extienden hasta la dentina y que pueden generar fracturas radiculares (Figura 4A).

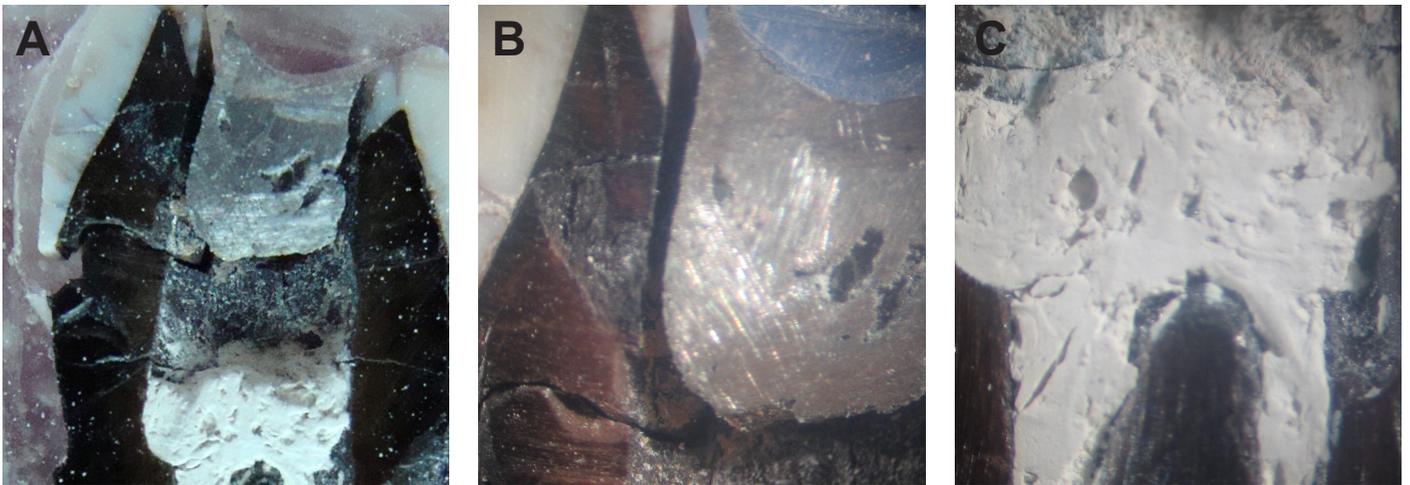


Figura 2. A. Fotografía digital de un diente con cavidad obturada en amalgama y tratamiento de conductos realizado con cemento a base de óxido zinc-eugenol y gutapercha, sometido a 400°C y desgastado en sentido meso-distal, en la cual se aprecia el esmalte fragmentado en el tercio cervical, la dentina carbonizada y agrietada, la amalgama desadaptada con fisuras internas y el tratamiento de endodoncia con fallas en la solución de continuidad. **B.** Estereomicrofotografía en la que se aprecian microfracturas del esmalte disipadas en la unión amelodentinaria y la desadaptación del cabo marginal de la obturación en amalgama y de la gutapercha coronal al ser removida la resina. **C.** Estereomicrofotografía del tratamiento de endodoncia cameral en el cual se observa desadaptación e incineración del cemento y de la gutapercha.



Figura 3. A. Fotografía digital de un diente con cavidad obturada en amalgama y tratamiento de conductos realizado con cemento a base de óxido de zinc-eugenol y gutapercha, sometido a 600°C y desgastado en sentido vestibulo-lingual, en la cual la obturación se ha desalojado, el esmalte se aprecia opaco, la dentina comienza a evidenciar signos colorimétricos de incineración (grisáceo) y el cemento blanco-tiza. **B.** Estereomicrofotografía en la cual se aprecia la dentina coronal muy fragmentada. **C.** Estereomicrofotografía del conducto en los tercios cervical y medio radiculares en donde se aprecia pérdida de continuidad del cemento y de la gutapercha, la cual, a pesar de la incineración, conserva su forma cónica original.

En cuanto a los materiales dentales, la amalgama continúa de color negro y presenta nódulos redondeados denominados “balas de plata” y fisuras internas, ambas asociadas a la evaporación del mercurio (Figura 4B). El cemento a base de óxido de zinc-eugenol, el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha a partir de este

rango de temperatura se tornan de color blanco tiza y se confunden con la dentina incinerada (Figura 4C).

1000°C:

En este rango de temperatura, al igual que los estudios de Moreno *et al* (13, 17) y Merlati *et al* (5), la mayoría de los

dientes presentaron fragmentación y desprendimiento del esmalte; la dentina y el cemento se observan blancos, totalmente incinerados (Figura 5A). Las amalgamas y las resinas (de color blanco) se encuentra totalmente desalojadas de la cavidad por fragmentación de la corona (Figura 5A). El cemento a base de óxido de zinc-eugenol,

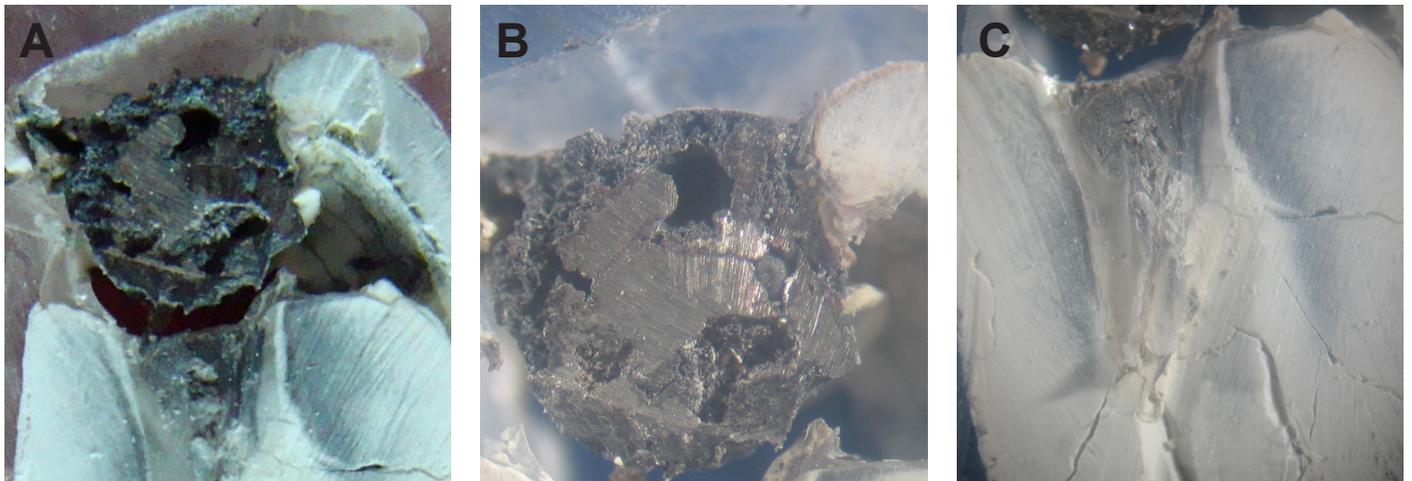


Figura 4. A. Fotografía digital de un diente con cavidad obturada en amalgama y tratamiento de conductos realizado con cemento a base de resina epóxica y gutapercha, sometido a 800°C y desgastado en sentido meso-distal, en la cual se aprecia la amalgama desadaptada, rugosa y con fisuras internas, el esmalte se aprecia opaco y fragmentado, la dentina agrietada y el cemento fisurado incinerados. B. Estereomicrofotografía en la cual se aprecia la amalgama de aspecto poroso y fisurado. C. Estereomicrofotografía del tercio medio y cervical coronales en los que no es posible diferenciar el cemento a base de resina epóxica (salvo algunas trazas) y la gutapercha debido a la incineración.

el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha están totalmente incinerados y se confunden con la dentina, aunque algunas trazas de gutapercha en el tercio apical radicular aún se observan del color original (Figura 5B).

Cortes transversales

En cortes transversales, en el tercio medio de la corona, se observan a los 200°C fisuras en el esmalte que cruzan la unión amelodentinaria y se continúan con la dentina hasta la interfase con el material restaurador (Figura 6A); al desplazar el corte en sentido apical (tercio cervical coronal) se observa el ionómero de vidrio empleado en el selle del tratamiento de endodoncia casi intacto (Figura 6B); y ya en el tercio medio radicular se observa el cemento a base de óxido de zinc-eugenol, el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha sin cambios significativos (Figura 6C).

A los 600°C, en un corte del tercio medio radicular, se observa la dentina carbonizada (de color negro), el cemento de color café oscuro y no es posible diferenciar, en los diferentes especímenes, el cemento a base de óxido de zinc-eugenol y el cemento a base de resina epóxica de la gutapercha (Fi-

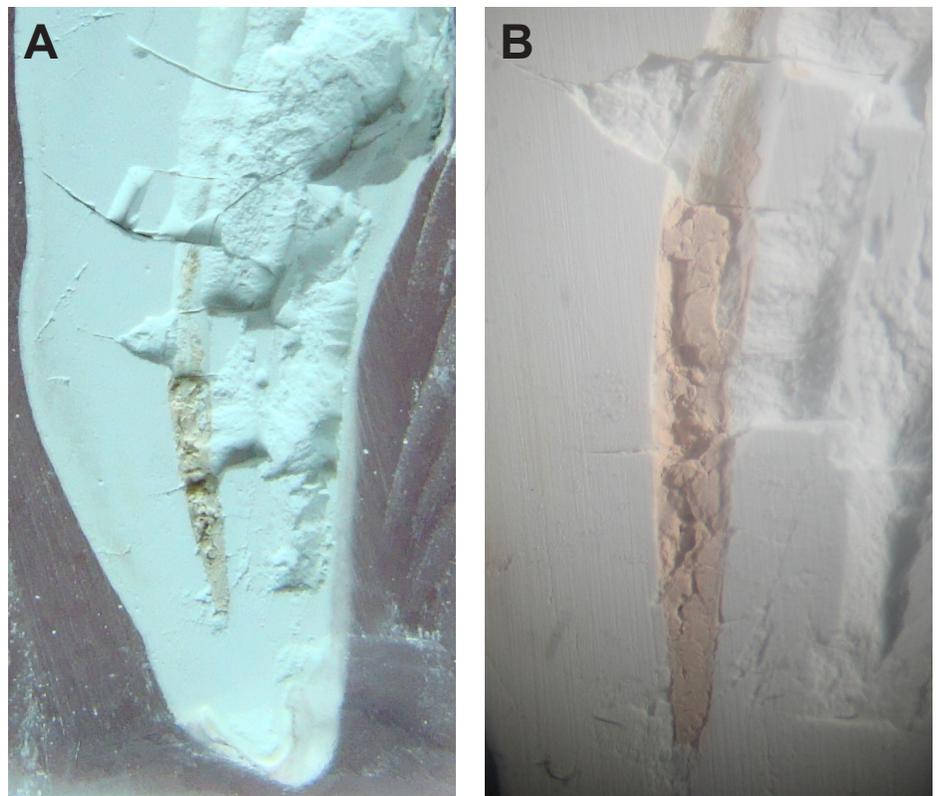


Figura 5. A. Fotografía digital de un diente con cavidad obturada en amalgama y tratamiento de conductos realizado con cemento a base de resina epóxica y gutapercha, sometido a 1000°C y desgastado en sentido vestibulo-lingual, en la cual se aprecia la fragmentación de la corona, el desalajo de la obturación, la dentina incinerada agrietada. B. Estereomicrofotografía en la cual se aprecian un fragmento de gutapercha en el tercio medio radicular con aspecto deformado y que aún conserva su color original.

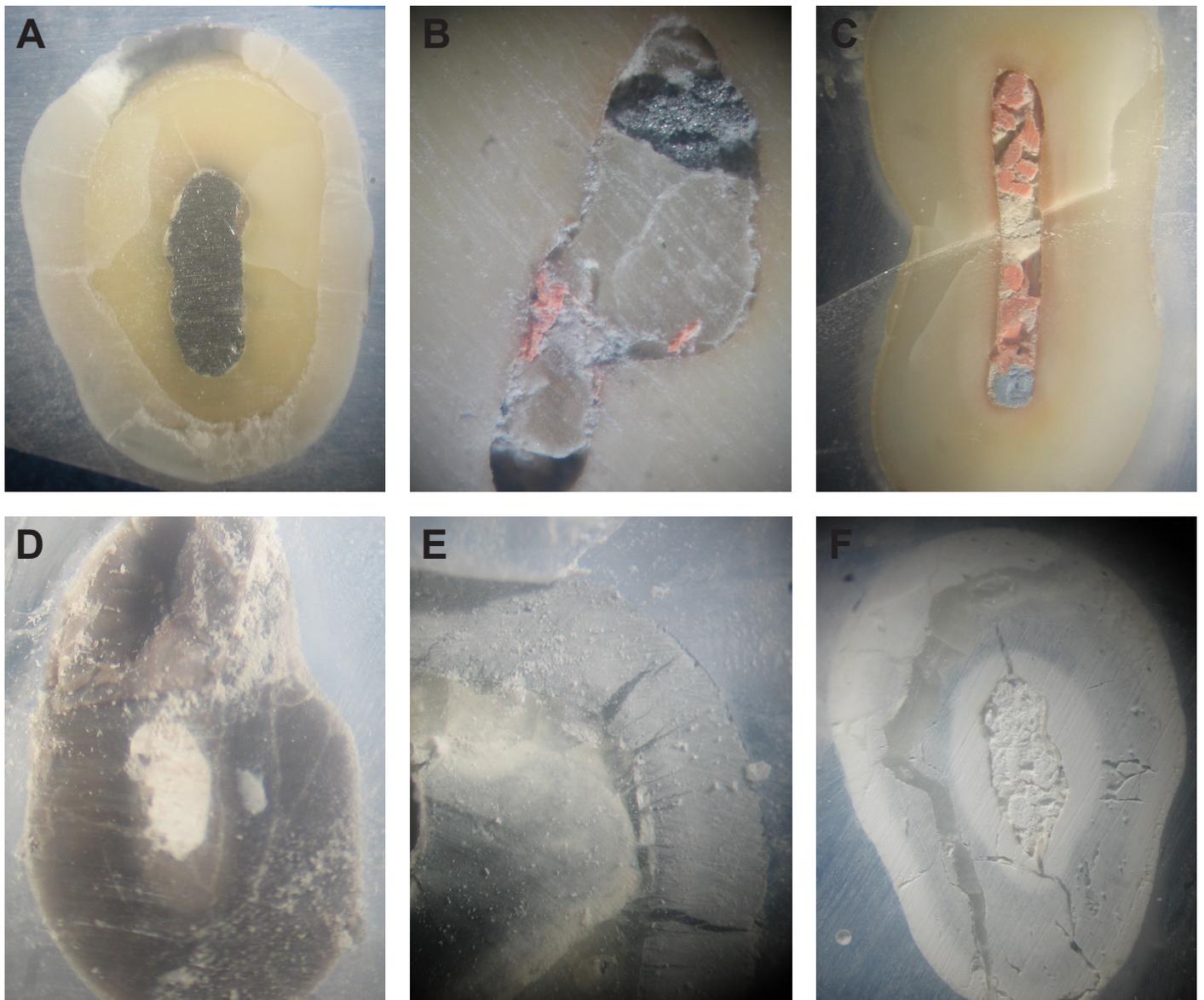


Figura 6. **A.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio medio coronal de un diente obturado con amalgama y sometido a 200°C en el cual se observan fracturas del esmalte que se continúan con la dentina. **B.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio cervical coronal del mismo diente anterior en el que se observa un fragmento de amalgama (de aspecto poroso), trazas de gutapercha y el ionómero de vidrio sin cambios aparentes. **C.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio medio radicular del mismo diente anterior en el que se observan el cemento a base de óxido de zinc-eugenol y la gutapercha. **D.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio medio radicular de un diente obturado con resina y sometido a 400°C en el cual se observan la dentina carbonizada agrietada y el cemento a base de resina epóxica y la gutapercha incinerados. **E.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio medio coronal de un diente obturado con amalgama y sometido a 800°C en el que la obturación se ha desalojado y se aprecian múltiples microfracturas en la unión amelodentinaria, principalmente en el esmalte. De igual forma se observa el inicio del proceso de incineración de la dentina. **F.** Estereomicrofotografía de un corte transversal por el tercio cervical radicular de un diente obturado con resina y sometido a 1000°C en el cual se observan la dentina agrietada, el cemento fisurado y los materiales de obturación endodóncia (de aspecto rugoso y desadaptados) totalmente incinerados.

gura 6D). A los 800°C se aprecia la dentina incinerada y la unión amelodentinaria con múltiples fisuras que ocasionan el estallido del esmalte en la mayoría de los espécime-

nes sometidos a este rango de temperatura. (Figura 6E). Ya a los 1000°C, en corte a nivel del tercio medio radicular, la dentina y el cemento se aprecian incinerados, al

igual de los materiales empleados en los tratamientos de endodoncia, los cuales no se pueden diferenciar y configuran una interfase de aspecto rugoso (Figura 6F).

CONCLUSIONES

Tanto los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) como los diferentes materiales de uso odontológico tenidos en cuenta en este estudio (excepto el ionómero de vidrio que por constituir una película muy delgada se fragmentó y solo fue posible observarlo a través de trazas adheridas a los materiales de obturación de las cavidades), evidencian una serie de cambios específicos en cada rango de temperatura (color, textura, fisuras, grietas, fracturas, fragmentación), por lo cual su comportamiento macroscópico brinda información sobre los grados de temperatura que se pudieron alcanzar. Así mismo, el empleo de estereomicrofotografía permitió observar cambios macroestructurales que contribuyen con la explicación de los cambios a las temperaturas a través de la relaciones de los tejidos dentales con los materiales dentales y de estos entre sí.

Los resultados de este estudio evidencian que el conocimiento del comportamiento de los tejidos dentales y los materiales de uso odontológico a la acción de altas temperaturas, resulta de gran importancia para la odontología forense durante los procesos de identificación de un individuo cuyo cadáver o restos hayan sido quemados, carbonizados o incinerados.

REFERENCIAS

1. Moya V, Roldán B, Sánchez JA. Odontología legal y forense. Primera edición. Barcelona: Editorial Masson SA; 1994.
2. Ferreira JL, Espina AL, Barrios FA, Mavárez MG. Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. *Cien Odontol* 2005; 2: 58-65.
3. Norrlander AL. Burned and incinerated remains. In: Bowers CM, Bell GL, Editores. *Manual of forensic odontology*. Third edition. Colorado Springs: American Society of Forensic Odontology; 1997. p 16-8.
4. Delattre VF. Burned beyond recognition: Systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci*. 2000; 45: 589-96.
5. Merlati G, Savio C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further Study of restored and unrestored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatol* 2004;22:17-24.
6. Mazza A, Merlati G, Savio C, Fassina G, Menghini P, Danesino P. Observations on dental structures when placed in contact with acids: Experimental studies to aid identification processes. *J Forensic Sci* 2005;50:406-10.
7. Edgar HJ. Prediction of race using characteristics of dental morphology. *J Forens Sci* 2005;50:1-5.
8. Williams D, Lewis M, Franzen T, Lissett V, Adams C, Whittaker D, et al. Determination by PCR analysis of DNA extracted from incinerated, deciduous teeth. *Sci Justice*. 2004;44:89-94.
9. Ministerio de la Protección Social. Resolución N° 008430/1993 de octubre 4. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. (fecha de acceso febrero de 2009). URL disponible en <http://www.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo267711.pdf>
10. Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Declaración de Helsinki. Finlandia, junio 1964 (fecha acceso febrero de 2009). URL disponible en <http://www.wma.net/s/policy/b3.htm>
11. International Organization of Standardization. Dental materials: Testing of adhesion to tooth structure. ISO/TS 11405: 2003.
12. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*. Eighth edition. St. Louis: Mosby, Inc.; 2002.
13. Moreno S, León ME, Marín L, Moreno F. Comportamiento de los tejidos dentales y de algunos materiales de obturación dental sometidos a altas temperaturas con fines forenses. *Colomb Med* 2008;39(1):28-46.
14. Rötzscher K, Grundmann C, Benthous S. The effects of high temperatures on human teeth and dentures. *Int Poster J Dent Oral Med*. 2004; 6: Poster 213.
15. Ferreira JL, Espina A, Ortega AI. Methods for the analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. *Forensic Science International* 2008; 178:119-124.
16. Savio C, Merlati G, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Radiographic evaluation of teeth subjected to high temperatures: Experimental study to aid identification processes. *Forensic Science International* 2006;158:108-116.
17. Moreno S, Marín L, Merlati G, Savio C, Moreno F. Effects of high temperatures on different dental restorative systems: experimental study to aid identification processes. *Journal of Forensic Dental Sciences* 2009;1(1):17-23.