



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA
TEMPERATURA EN LOS CEMENTOS DENTALES
SIMULANDO LA CREMACIÓN Y UN ACCIDENTE
AÉREO.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

CAROLINA LÓPEZ GARCÍA

TUTOR: Dr. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de aprender y forjarme como profesional.

Dedico de manera especial a mis padres; por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y sobre todo por apoyarme con los recursos necesarios para seguir estudiando.

A mis hermanas, por su compañía y el amor brindado día con día.

A mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto que he realizado en mi vida.

Gracias a las personas que de una manera u otra, han sido claves en mi vida profesional y por extensión en la persona.

A todos aquellos que estuvieron presentes durante toda o la mayor parte de la realización y desarrollo de éste proyecto, por la paciencia, apoyo, tiempo y esfuerzo brindado, gracias a aquellos que con respeto y decencia realizaron aportes a ésta misma.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	7
Antecedentes.....	9
Fundamentos teóricos.....	14
Color.....	14
Sistema CIE 1976 L* a* y b*.....	16
Identificación dental en desastres masivos.....	17
Cementos dentales.....	22
Planteamiento del problema.....	24
Justificación.....	24
Hipótesis.....	25
Objetivos.....	25
Material y método.....	26
Resultados.....	35
Análisis estadístico.....	51
Discusión de resultados.....	53
CONCLUSIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

Índice de Tablas y Figuras.

Tabla 1.- Diferentes fracciones del petróleo con su intervalo de combustión y sus usos.	14
Tabla 2.- Rangos de temperatura y características de la corona del diente.	21
Tabla 3.- Rangos de temperatura y características de la raíz del diente.	21
Tabla 4.- Dientes obturados con óxido de zinc y eugenol; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.	35
Tabla 5.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.	37
Tabla 6.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.	38
Tabla 7.- Dientes obturados con óxido de zinc; sometidos a la combustión de gas avión, características observadas macroscópicamente.	41
Tabla 8.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a la combustión de gas avión.	42
Tabla 9.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a la combustión de gas avión, características observadas macroscópicamente.	43
Tabla 10.- Dientes obturados con óxido de zinc y eugenol; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.	44

Tabla 11.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.	45
Tabla 12.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.	46
Tabla 13. Valores iniciales de L*, a* y b* de cada muestra.	47
Tabla 14. Valores del color a 200 y 400°C.	48
Tabla 15. Valores de las coordenadas del color a 600 y 800 °C.	49
Tabla 16. Valores de L*, a* y b* después de la combustión usando gas avión.	50
Tabla 17. Valores de L*, a* y b* después de la combustión usando turbosina.	51
Tabla 18. Cambio cromático total y variación blanco-negro de las muestras incineradas.	51
Tabla 19. Cambio cromático total y variación blanco-negro de muestras simulando accidente aéreo usando diferentes combustibles.	52

Figuras.

Figura 1. Modelo de color CIELAB.	16
Figura 2. Distribución de las muestras de acuerdo al cemento empleado.	28
Figura 3. Colorímetro digital, y diente dentro del recipiente de plástico.	29
Figura 4.- Dientes colocados en recipientes de cerámica para introducirlos en el horno.	30
Figura 5.- Horno tipo mufla.	30

Figura 6.- Dientes sobre rejilla metálica, dentro del recipiente metálico.	31
Figura 7.- Termómetro de radiación.	31
Figura 8.- Dientes sobre rejilla metálica.	33
Figura 9.- Dientes embebidos en turbosina en combustión.	33

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años se le ha dado mayor importancia a la Odontología Forense, una de las especialidades en el campo de la ciencia, ya que gracias a ella se pueden dar pistas clave en la identificación de un cadáver cuya causa de muerte ha sido por un desastre masivo, o por un accidente aéreo, donde la persona queda totalmente irreconocible.

Históricamente, los dientes han sido los primeros elementos estudiados para establecer la identidad de las personas fallecidas, cuando quedan irreconocibles por las características de la causa de muerte o en actos criminales donde tratan de llevarlas a la carbonización o a la cremación de la víctima o por la magnitud de la destrucción corporal. Esto es posible debido a que los dientes son las estructuras que mejor se conservan; en específico, el esmalte es la estructura más mineralizada del cuerpo humano y se preserva en situaciones extremas de pH, salinidad, humedad, altas temperaturas.

En la antigüedad, se identificaron varios cadáveres de personas famosas, de la realeza, o de personas que fallecieron en un accidente aéreo, gracias a los registros dentales de las personas fallecidas se pudo dar el correcto reconocimiento a los restos humanos.

Los cambios macroscópicos que ocurren tanto en el órgano dentario; así como en el cemento de obturación, son importantes de describir ya que a razón de ellos, podemos determinar a qué temperatura fueron expuestos, además del tipo de obturación que estaba dentro de la cavidad ante y/o post mortem.

El proceso de identificación se realiza a partir de los registros dentales que se tengan del occiso, pero también es importante la recopilación y análisis de

la información obtenida, como son, antecedentes médicos, prendas de vestir y señas particulares.

Por lo tanto el objetivo de este estudio consiste en valorar cambios macroscópicos tanto de los tejidos dentales como de los materiales de obturación al ser sometidos a altas temperaturas en los casos de pacientes carbonizados, quemados o incinerados.

Antecedentes.

No se tienen suficientes datos con apoyo histórico para tener una base sólida del inicio formal de la ciencia forense para formar parte de la odontología, poder comparar las diferentes técnicas o métodos que se utilizaban en las diferentes culturas ante el tema de la identificación de cadáveres; las únicas evidencias que se tienen son las encontradas en la Cultura Mesopotámica como el Código de Hammurabi, en la Cultura Egipcia, Hindú o China, o las culturas clásicas como Grecia y Roma, se encuentra evidencia de que el abogado debía ser auxiliado por peritos médicos para poder realizar su función.

En cuanto a la Odontología Forense, sus orígenes ya fueron aplicados desde épocas antiguas, en el campo de la identificación; como ejemplo, el 5 de enero de 1477 en la batalla de Nancy donde muere Carlos el Temerario Duque de Borgoña, que fue identificado por la ausencia de varios de sus dientes en la arcada superior. ¹

Otras identificaciones de restos humanos gracias a la Odontología Forense fueron: En 1775 fue identificado el general Warren, muerto en la batalla de Bread's Will. En el año 1846 gracias al Dr. Millicat se identifican los restos del cadáver de 10 años de Luis XVII; hijo de Luis XVI y de María Antonieta.

En 1809 el cadáver de Napoleón IV es reconocido gracias a una obturación de oro realizada por el Dr. Evans. ¹

En 1897 el cubano Óscar Amodeo, profesor de la Escuela Dental de París, publicó su libro "L'art dentaire en Medicine Legal", desarrollando una normativa legal, dando un completo desarrollo legal aplicable también a la odontología. ¹ En 1898, presenta en el Congreso Internacional de Moscú un artículo titulado "Fundación de los dentistas en la identificación de víctimas del incendio del Bazar de la caridad", donde el 4 de mayo de 1897 en París,

murieron 126 personas.

Aquel día los cuerpos fueron trasladados al Palacio de la Industria donde pese a que muchos estaban mutilados y tenían intensas quemaduras, se logró identificar por medio de trozos de ropa y por objetos personales, a casi 100, pero 30 cadáveres no podían ser identificados.

Entonces el cónsul de Paraguay sugirió que deberían llamar a los dentistas de las personas que faltaban por identificar para que trazaran diagramas dentales, los cuales permitieron identificar al resto de las víctimas.²

Aunque no es seguro que Amodeo participara realmente en aquella identificación, sí se sabe que registró los procedimientos y las observaciones hechas por los dentistas.

Entre las conclusiones a que llegó estaba la necesidad de un sistema internacional de trazo uniforme de diagramas dentales y de un entendimiento mutuo respecto de la nomenclatura.

Y con estos avances y aportaciones en el ámbito de lo Forense; Amodeo es reconocido como el “Padre de la Odontología Forense”.²

En 1920, la Federación Odontológica Latinoamericana, reunida en Uruguay, recomienda a todos los países miembros anexar los documentos propios de la identificación la ficha dental, así como registro y archivo personal de los profesionales agremiados que tuvieran fichas disponibles para uso legal.

El 24 de julio de 1935, en Medellín, Colombia, una multitud despidió a los pasajeros de un avión, que durante su despegue choca con otra nave y cae a tierra incendiándose. Los cuerpos de recate acuden inmediatamente al lugar para tratar de salvar a un argentino, el cantante Carlos Gardel, una vez trasladados los cuerpos, se inició la búsqueda del cantante, que debía tener trabajos hechos con porcelana, después de la inspección de los cadáveres

se logró comprobar que uno de ellos tenía los trabajos dentales buscados. En 1949 fallece en un accidente aéreo Alfonso Ramos Millán, el “apóstol del maíz”, cuyo cadáver, después de la búsqueda en las inmediaciones del volcán Popocatepetl, fue trasladado a la Ciudad de México donde se logró identificarlo gracias a sus registros dentales.²

En 1974 se crea el Departamento de Odontología Forense, adscrito al Servicio Médico Forense del Distrito Federal, que da inicio a un nuevo horizonte en el establecimiento de sistemas y técnicas aplicadas en México.³

La aplicación efectiva y científica de la estomatología forense en México, se creó en 1974, el Departamento de Odontología Forense, en éste departamento se realizan estudios estomatológicos post mortem a todos los sujetos no identificados que ingresan al Servicio Médico Forense del D.F., éste servicio recibe aproximadamente de 20 a 30 sujetos no identificados.⁴

Para 1990, la Universidad Autónoma de Querétaro crea la especialidad de Odontología Forense, con 10 alumnos.²

El 19 de mayo de 1993 se presentó un accidente aéreo de grandes proporciones, cuando un avión 727-100 de la empresa SAM se estrelló contra el cerro El Burro en Urrao (Antioquia). El accidente ocurrió en momentos en que el avión hacía su descenso, en la aeronave viajaban 125 pasajeros y 7 tripulantes, todos fallecieron. Debido al fuerte impacto, el avión se desintegró y los restos se esparcieron a casi un kilómetro a la redonda.

En el sitio solo se rescataron dos cuerpos completos, los demás se encontraron mutilados. Para éste rescate se habilitó un hangar en el aeropuerto donde médicos y odontólogos forenses se dieron a la tarea de describir los fragmentos humanos rescatados y elaborar sus fichas dentales,

con lo cual se logró identificar a 34 de éstas víctimas fatales.⁴

En Estados Unidos, la investigación de los accidentes de aviación está a cargo de la Administración Federal de Aviación y la responsabilidad para la investigación de los accidentes mortales recae en el Consejo Nacional de Seguridad y Transporte.

Las quemaduras de los cuerpos son debidas a la intensidad con que arden los combustibles de aviones, que suelen llevar hasta la carbonización.

Un tipo característico de quemadura es la producida por dispersión del combustible en la explosión, que da lugar a círculos sobre la piel, los cuales tienen carácter posmortem.⁵

El número de muertes no es muy consistente desde la primera mitad del conjunto de datos al siguiente. Avianca, la aerolínea nacional de Colombia, sufrió una serie de grandes accidentes entre 1983 y 1990., pero no ha tenido casi ningún problema desde entonces, ni accidentes fatales desde esa fecha, ni incidentes de ningún tipo desde 1999.

En cambio, Kenya Airways no tuvo fatalidades hasta el año 2000, pero ha tenido dos accidentes graves desde entonces y se ubica como la peor aerolínea desde 2000, basada en el número de muertes por ASK. (available seat kilometer).⁶

Historia del petróleo.

El petróleo se conoce desde la prehistoria. La Biblia lo menciona como betún, o como asfalto. También los indígenas de la época precolombina en América conocían y usaban el petróleo, que servía de impermeabilizante para embarcaciones. Fue el coronel Edwin L. Drake quien perforó el primer pozo petrolero del mundo el 1859 en Estados Unidos, logrando extraer petróleo de una profundidad de 21 metros.

También el coronel Drake, ayudó a crear un mercado para el petróleo al lograr separar la kerosina del mismo. Este producto sustituyó al aceite de ballena empleado en aquella época como combustible en las lámparas. Pero fue hasta 1895, con la aparición de los primeros automóviles, que se necesitó la gasolina.⁷

Posteriormente se desarrollaron los motores de turbina (jets) empleados hoy en los aviones comerciales, civiles y militares. Estos motores usan el mismo combustible de las lámparas del siglo pasado, pero con bajo contenido de azufre y baja temperatura de congelación, que se llama turbosina.⁷

Cuando introdujeron los aviones de turbosina, el uso de la kerosina como combustible de lámparas era casi nulo, debido al descubrimiento de la electricidad.⁷ (Tabla 1)

Fracciones de destilación de petróleo		
Producto	Intervalo de ebullición °C	Usos
Gas natural	-44 - 20	Para cocina, uso industrial, calefacción, combustible
Destilados ligeros Gasolina	27 - 193	Para vehículos de transporte
Combustible Naftas Gasavión Querosina	82 - 232 82 - 232 177 - 288	Para aeronáutica
Aceites de calefacción ligeros	204 - 316	Lubricantes
Destilados intermedios Aceites combustibles Aceites diesel Aceite combustible pesado	249 - 399 193 - 343 288 - 347 Más de 247	Lubricantes
Destilados pesados Aceites lubricantes Parafinas	316 - 538 Más de 330 Más de 330	Lubricantes Cosméticos
Colas de destilación Aceites lubricantes Asfalto	Más de 430 Más de 430 Más de 430	Lubricantes Pavimentos

Tabla 1.- Diferentes fracciones del petróleo con su intervalo de combustión y sus usos.⁹

Fundamentos teóricos.

Color.

La psicofísica es el estudio de las relaciones entre las características físicas de los estímulos, como por ejemplo su intensidad, y nuestra experiencia psicológica con ellos.

La colorimetría una rama de la Psicofísica, es la ciencia encargada de la medición o cuantificación del color.

La Sociedad de Óptica de Estados Unidos define a la colorimetría como la ciencia de la medición del color, su luminosidad y cromaticidad; es decir, estudia los colores para caracterizarlos y cuantificarlos mediante números. De ésta manera podemos deducir características de los colores obtenidos mediante mezclas. La palabra colorimetría significa el conjunto de métodos para medir y evaluar el color de los objetos. ⁹

Un objeto solo puede reflejar frecuencias que se encuentran en la luz que lo ilumina. Por tanto, el aspecto, de un objeto coloreado depende de la clase de luz que se utilice.

Los colores que vemos dependen de la frecuencia de la luz que captamos. Las diferentes frecuencias de la luz se perciben como colores diferentes. La frecuencia más baja corresponde al rojo, la más alta al violeta, y entre ellos varía el número infinito de matices que constituyen el espectro de colores del arco iris. Si un objeto absorbe toda la luz que incide sobre él, nada refleja y no tiene color; es negro.¹⁰

Visión del color.

El color no se encuentra en el mundo que nos rodea, está en nuestra cabeza. El mundo que nos rodea está lleno de vibraciones: ondas electromagnéticas que estimulan la sensación de color cuando las vibraciones interactúan con las células propias del ojo; conos y bastones, que están en la retina del ojo. ¹⁰

Las diversas superficies reflejan una proporción diferente de cada uno de los colores. Las superficies blancas son las que reflejan todos los colores; las negras no reflejan ninguno, porque lo absorben todo.

Cuando un material es transparente es incoloro porque deja pasar todos los colores, sin reflejar o absorber ninguno en particular.¹¹

CIE 1976 L*a*b*. Espacio de color (CIELAB).

El CIE L*a*b* es el modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Figura 1. Los asteriscos (*) que siguen a cada letra forman parte del nombre, que representan tres parámetros del modelo:

- 1.- L*: Lightness, claridad, expresada como porcentaje (desde el 0, que indica negro, hasta el 100 que indica blanco)
- 2.- a*: Posición de color, que va desde el magenta al verde (valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican magenta. Con valores que van del -120 al +120).
- 3.- b*: Posición entre amarillo y azul (valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo, con valores que van del -120 al +120).¹²



Figura V-5. El modelo de color CIELAB (L*a*b*). Modificado de Westland.

Figura 1. Modelo de color CIELAB

L* es el eje vertical; mientras que a* y b* son ejes horizontales.⁷

En los humanos, el espectro visible está comprendido entre los 400 y 700

nm. Las longitudes de onda más cortas, muy energéticas, son detenidas por la atmosfera terrestre. ¹³

La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ). Deltas por L^* (ΔL^*), a^* (Δa^*) y b^* (Δb^*) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Éstas son expresadas como:

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = diferencia total de color ¹²

Para determinar la diferencia total de color entre las tres coordenadas, se debe usar la siguiente fórmula:

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$$

Es importante destacar que Delta E* sólo indica la magnitud de la diferencia total de color pero no indica cuán correcta es. ¹²

Identificación dental en desastres masivos.

Los desastres masivos en el mundo cada vez son más frecuentes y el impacto que estos tienen en la comunidad se puede clasificar en tres categorías según la CDC "Centers of Disease Control" de los Estados Unidos y son:

- Los geológicos (terremotos, erupciones volcánicas, avalanchas, tsunamis).
- Los climáticos (inundaciones, olas de frío o calor, huracanes, tornados)

-Los de origen humano (accidentes aéreos, conflicto armado, explosiones, reactores nucleares)

Definición de desastre masivo.

Es el trastorno del ecosistema humano, que desborda la capacidad de la comunidad para continuar con su funcionamiento normal. ¹⁴

Efectos de la temperatura:

La temperatura produce un efecto sobre el cuerpo, tal que destruye gran parte de los elementos que permiten identificar al occiso, y que a primera vista llevan a pensar que es casi imposible lograrlo.

Si bien las estructuras dentarias son especialmente resistentes a la agresión de agentes externos y a las altas temperaturas, en los dientes se presentan cambios en su estructura y color. ¹⁴

Andreasen y col. Clasificaron en seis grados las lesiones por fuego en los dientes y los maxilares. (0) Ninguna lesión; (1) Lesiones en los dientes anteriores, (2) Lesiones en los dientes anteriores y posteriores (unilateralmente) , (3) lesiones en los dientes anteriores y posteriores (bilateralmente) (4) fragmentos del hueso mandibular incluyendo dientes y raíces (unilateralmente), (5) ningún resto dental.

Bohnert y col. Enlistaron los efectos del fuego en el cráneo basado en las observaciones de las cremaciones llevadas entre 670 y 810°C. Los dientes primariamente son protegidos por los tejidos blandos, músculos y grasa de 10 hasta 24 minutos, y como consecuencia la temperatura dentro de la cavidad oral no sube más allá de 87°C, dependiendo del estado nutricional, edad, temperatura y tiempo de la exposición. En el 23.4% de las cremaciones incompletas, en casos forenses, los tejidos blandos del cráneo son afectados y el calor tiene acceso a la cavidad oral. Por consiguiente, los

dientes posteriores son preservados debido a las capas de piel, músculo, y tejido adiposo y es más bien usado para el proceso de identificación del cadáver. Una estimación general de la temperatura de combustión puede proveer información importante para reconstruir el acto criminal.¹⁵

Los dientes son de las principales estructuras que han sido las opciones para analizar e identificar la persona fallecida cuando éstas quedan irreconocibles por las diferentes causas de muerte. Son las estructuras que se conservan además de ser las más resistentes del cuerpo humano, pueden soportar temperaturas de hasta 1600°C sin pérdida importante de su microestructura por lo que permanecen casi intactos mucho tiempo después de que los tejidos blandos y esqueléticos se han destruido por incineración, e inclusive a pesar de la exposición de un cuerpo a una explosión o incineración, es posible extraer ADN.^{16, 17}

Incluso, se debe tener en cuenta que los dientes, articulados y fisiológicamente en los alvéolos del maxilar y la mandíbula se encuentran protegidos por tejido óseo esponjoso y cortical, y por tejidos blandos mucosos, epiteliales y musculares, que en el caso de exposición a altas temperaturas los aíslan durante algún tiempo.¹⁸

En casos de exposición al fuego, los dientes y dispositivos intraorales, se encuentran protegidos por tejidos blandos como la musculatura de la cara y la lengua. A medida que el cuerpo se calienta los gases son expelidos desde el intestino y el estómago hasta la boca, provocando que la lengua se proyecte hacia los dientes; y la subsecuente contracción de los músculos masticatorios provoca la inmersión de los dientes en la lengua. La conjunción con la musculatura de mejillas y labios, puede dar protección a los dientes durante la combustión prolongada de los tejidos. Luego, los labios y mejillas se contraen y se hacen más duros, retrayéndose y exponiendo los dientes

anteriores, destruyéndose el esmalte y la dentina, y haciéndose muy frágiles, por lo que deben manejarse muy cuidadosamente.

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 estallado. Así, las estructuras dentarias que han sido sometidas a la acción del fuego son muy frágiles y susceptibles de sufrir alteraciones durante las maniobras de apertura bucal. ¹⁹

Los dientes presentan cambio de estructura y color, en Tablas 2 y 3 se describe a que temperatura se tornan de cierto color. ¹⁴

Cambios de color en la corona.

El cambio de color es muy característico en cada rango de temperatura: se encuentra una relación directa entre la temperatura aplicada y el nivel de carbonización de los dientes, donde el esmalte es traslucido y el cambio de color de la corona se refleja en la carbonización de la dentina, así: ¹⁴

Temperatura	Cambios de color en la corona
0°- 150° C	No presenta ningún cambio.
150°-200° C	Se torna de un color marrón pardo claro.
200°- 400° C	Se torna de un color café con pigmentos negros.
400°-600° C	Se torna de un color gris con pigmentos negros.
600° - 800° C	Se torna de un color gris azulado.
800° - 1000° C	Se torna de un color gris con vetas blanco tiza.
1000°- 1200° C	Se torna de color azul rosado tenue y blanco tiza.

Tabla 2.- Rangos de temperatura y características de la corona del diente.

Cambios de color en la raíz.

En cuanto a las raíces, éstas presentan las siguientes características en relación con el cambio de color del cemento así:

Temperatura	Cambios de color en la raíz
400°- 600° C	Se torna de un color café oscuro.
600° - 800° C	Se torna de un color blanco azulado.
1000°-1200° C	Se torna de un color blanco tiza.

Tabla 3.- Rangos de temperatura y características de la raíz del diente.

Cementos dentales:

La palabra cemento en una de sus acepciones, denota una sustancia que sirve para unir, pegar, adherir dos cosas.

Los cementos son materiales que se preparan a partir de la combinación de un polvo con un líquido. En función de la cantidad de polvo en relación con una cantidad de líquido puede obtenerse una consistencia diferente en la pasta resultante.

El polvo está constituido por una base desde el punto de vista químico, se trata de un óxido básico o hidróxido. El líquido es un ácido o una solución de un ácido en agua.²⁰

Cementos de óxido de zinc- eugenol (ZOE).

El polvo, óxido de zinc, es mezclado con un líquido eugenol. Al mezclar ambos componentes y con una mínima presencia de humedad, se produce la reacción de formación de una sal.

En función de la sal formada también se denomina a este material cemento de eugenolato de zinc.

La presencia de humedad y/o temperatura elevadas aceleran estas reacciones.²⁰

Cemento de fosfato de zinc.

La preparación consiste en producir un sinterizado de las partículas originales de óxido de zinc, se mezcla con óxido de magnesio, pueden incorporarse pigmentos para lograr cierto color.

El líquido es una solución acuosa de ácido fosfórico con algunos fosfatos agregados para regular la acidez (buffers) y así la velocidad de reacción.

Cuando se incorpora el polvo de este cemento al líquido, se pone en marcha una reacción química. El líquido ácido disuelve la superficie del polvo alcalino, lo que da lugar a una reacción exotérmica.²⁰

Ionómero de vidrio.

Se denomina a veces cemento de polialquenoato de vidrio, ya que el líquido es una solución del polímero o copolímeros de ácidos alquenoicos, el polvo es un vidrio molido a base de sílice y alúmina.

Al igual que el policarboxilato tiene unión específica al diente, al reaccionar parte de los grupos carboxilo de sus moléculas especialmente con el calcio de la hidroxiapatita.²⁰

Planteamiento del problema.

El aumento en los últimos 17 años de accidentes tanto aéreos como automovilísticos, así como el incremento de homicidios alrededor del mundo, han dado la pauta para la realización de estudios forenses auxiliares en la identificación de dichas víctimas, mediante la identificación de los cuerpos por medio de estudios estomatológicos post-mortem.

Los servicios periciales de la Ciudad de México reciben de 20 a 30 cadáveres por día aproximadamente, de los cuales más del 10% no son identificados.

Una muestra de que la Estomatología Forense en México es escasa, por falta de formación de especialistas.

Es por esto que es necesario iniciar el estudio del comportamiento de los materiales de obturación ante las altas temperaturas.

Justificación.

El proceso de identificación de un cadáver no se puede realizar si no existe información del individuo en vida o no se cuenta con el cadáver o los restos humanos de un desaparecido; por ello es de vital importancia y obligatorio por ley que a todo paciente atendido en consulta odontológica de tratamiento se le realice la historia clínica que proporcione toda la información que requiera la autoridad competente.

La base de la Odontología Forense y su destacada aplicación es lo que impulsa la realización de estudios poblacionales y que los odontólogos se interesen por los aspectos forenses y antropológicos para la identificación de cadáveres y restos humanos como respuesta a las acciones de la delincuencia o al acontecimiento de accidentes y desastres.

Hipótesis.

Se presentarán cambios significativos en la estructura dental y en el color de los cementos dentales al simular una cremación y un accidente aéreo usando dos diferentes tipos de combustible.

Objetivo general.

Determinar los cambios macroscópicos y de color mediante la colorimetría así como también cambios estructurales de algunos de los cementos dentales expuestos a altas temperaturas usando combustible de uso en aviación.

Objetivos específicos.

Determinar el cambio de color de ionómero de vidrio, fosfato de zinc, óxido de zinc y eugenol, después de haber sido incinerados, a 200, 400, 600 y 800°C.

Determinar el cambio estructural de los cementos y del diente después de haber sido incinerados a 200, 400, 600 y 800°C.

Determinar el cambio de color del ionómero de vidrio, óxido de zinc y eugenol y fosfato de zinc después de haber sido expuestos a fuego directo simulando un accidente aéreo usando como combustible turbosina.

Determinar el cambio de color del ionómero de vidrio, óxido de zinc y eugenol y fosfato de zinc después de haber sido expuestos a fuego directo simulando un accidente aéreo, usando como combustible gas avión.

Determinar el cambio estructural de los cementos y del diente después de haber sido expuestos al fuego directo simulando un accidente aéreo usando como combustible gas avión.

Determinar el cambio estructural de los cementos y del diente después de haber sido expuestos al fuego directo simulando un accidente aéreo usando como combustible turbosina.

Material y método.

Estudio longitudinal, experimental in vitro, sobre el comportamiento de los cementos y tejidos dentales sometidos a altas temperaturas.

Recolección de la muestra.

La Clínica de Exodoncia de la Facultad de Odontología proporcionó los dientes usados para este estudio.

Manejo y conservación de la muestra.

Una vez extraídos los dientes, se procedió a lavarlos con agua no estéril para separar los residuos de sangre y tejidos blandos. Se introdujeron en un recipiente de vidrio con agua no estéril refrigerándose.

Se recolectó una muestra de 66 dientes, recién extraídos por motivos oclusales, ortodónticos y/o periodontales, que no presentaran ninguna restauración, tratamientos de conductos, y que al momento de la extracción no se hayan fracturado o mostraran algún daño en el esmalte.

Preparación de las cavidades.

Los dientes que se utilizaron en la muestra, se eligieron al azar, realizándose cavidades oclusales Clase I y Clase V, sin llegar más allá de 2.5 mm o sin afectar pulpa dental. Se realizaron con una pieza de alta velocidad (W&H®) con irrigación constante y fresas de carburo de forma cilíndrica con punta plana (SS White ®).

Al terminar las cavidades se procedió a limpiar la cavidad con un algodón embebido agua no estéril para eliminar el barrillo dentinario; para después, con otro algodón quitar el exceso de agua.

Obturación de las cavidades.

Las cavidades de los dientes se obturaron con tres diferentes cementos dentales.

El grupo 1 se obturó con Óxido de Zinc y Eugenol (Viarden®), al terminar de quitar el exceso de agua de los dientes con una toalla de papel que no dejara residuos, y dentro de la cavidad con una torunda de algodón; se preparó sobre una loseta de vidrio estéril el cemento, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, se manipuló hasta que tomara la consistencia de migajón para después colocarla dentro de la cavidad, obturando hasta el nivel requerido.

El grupo 2 se obturó con Ionómero de Vidrio (Ionomax®), retirando igualmente el exceso de agua con una torunda algodón, sobre una loseta de vidrio, se colocó con la cucharilla medidora la cantidad necesaria indicada por el fabricante, al igual que las gotas del líquido, se mezcló y se colocó dentro de la cavidad de los dientes obturándolos hasta el nivel requerido.

El grupo 3 se obturó con Fosfato de Zinc (Oxicem®), con un algodón se secó el agua que tenían dentro de la cavidad después de eliminar el barrillo dentinario, en una loseta de vidrio, gruesa, se procedió a colocar la cantidad de polvo y líquido especificado en el manual del fabricante, se comenzó a manipular el cemento, para obtener la consistencia requerida y poder obturar toda la cavidad con el material.

Una vez obturados todos los órganos dentarios, se procedió a guardarlos en un recipiente de vidrio con agua corriente, dejándolos a temperatura ambiente.

Medición del color de los cementos.

Se separaron los dientes por el material con el que estaban obturados, dando un número, desde el 1 al 66, colocándolos dentro de los recipientes de plástico y se les clasificó con estampillas de color; al óxido de zinc y eugenol se le dio el color azul y va del número 1 al 23, el ionómero de vidrio fue el color verde y va del 24 al 44 y finalmente el fosfato de zinc con un color de estampilla amarillo, del número 45 al 66. Figura 2.

Se eligieron los que iban a ser para la cremación, se decidió que de óxido de zinc y eugenol fueran 7 dientes, de ionómero de vidrio 7 dientes y para fosfato de zinc fueran 8 dientes. Se eligieron los que tuvieran cavidad clase I, de los cuales fueron molares y premolares.



Figura 2. Distribución de las muestras de acuerdo al cemento empleado. Fuente directa

Se eligieron los dientes para cremación, otros para embeberlos en turbosina y otros para gas avión. Se midió con el colorímetro digital el color inicial de la obturación (Chin Spec Modelo HPG-2132). Figura 3.

Se colocaron en plastilina dentro de un recipiente de plástico adecuado para que siempre la restauración quedara en el centro y así poder tomar las coordenadas L^* , a^* y b^* . Se tomaron las coordenadas iniciales de cada uno de los 66 dientes. Figura 3.



Figura 3. Colorímetro digital, y diente dentro del recipiente de plástico. Fuente directa

Incremento controlado de las temperaturas por medio del horno.

Los dientes de cada cemento dental se colocaron en recipientes de cerámica Figura 4, para ser introducidos en un horno tipo mufla (*Barnstead/Thermoline, 1500 Furnace*, Figura 5) para ser calibrado a cuatro diferentes temperaturas iniciando con 200° hasta llegar a 800°C con una rapidez de calentamiento de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ desde temperatura ambiente hasta alcanzar las temperaturas deseadas.



Figura 4.- Dientes colocados en recipientes de cerámica para introducirlos en el horno.

Fuente directa



Figura 5.- Horno tipo mufila. Fuente directa

Alcanzando la temperatura requerida, los dientes permanecieron en el interior del horno por 5 minutos. Pasado ese tiempo, se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Se obtuvieron las coordenadas L^* , a^* y b^* del cemento dental que se usó para obturación con el colorímetro digital. Este procedimiento se repitió hasta alcanzar la siguiente temperatura. Entre cada temperatura se fueron retirando los dientes cuya corona o la misma obturación había sido fracturada o ya no la conservaba.

Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales de cada temperatura; así como la diferencia total del color para todos los materiales. Se eligieron y clasificaron los dientes destinados para ser carbonizados en turbosina y gas avión; simulando un accidente aéreo. Los primeros en ser puestos a prueba con el gas avión como combustible fueron los dientes con óxido de zinc y eugenol, que se eligieron ocho dientes con cavidades clase I y clase V, seleccionados al azar.

Se colocaron en una rejilla metálica para que los dientes quedaran por encima del combustible y así recibieran más directamente las llamas, Figura 6, simulando la acción del fuego desde el suelo hasta la altura del maxilar y la mandíbula, la rejilla se colocó dentro de un recipiente metálico pequeño, y dentro del recipiente se coloraron 200 mL de gas avión, se inició la combustión. Se monitoreó la temperatura desde los 23.3°C (temperatura ambiente) usando un termómetro de radiación (Extech Instruments) Figura 7, tomando en cuenta el tiempo para que se consumiera todo el combustible.



Figura 6.- Dientes sobre rejilla metálica, dentro del recipiente metálico. Fuente directa



Figura 7.- Termómetro de radiación. Fuente directa

A continuación se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^* de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.

Se colocaron otros 200 mL de gas avión en el mismo recipiente, y ahora sobre la rejilla fueron situados los dientes del siguiente grupo; los de

ionómero de vidrio, que fueron siete dientes. Se realizó el mismo procedimiento, monitoreando la temperatura y el tiempo. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^* de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.

Nuevamente se colocaron otros 200 mL de gas avión en el mismo recipiente, y ahora sobre la rejilla fueron situados los dientes del siguiente grupo; los de fosfato de zinc, que fueron siete dientes. Se realizó el mismo procedimiento, monitoreando la temperatura y el tiempo. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^* de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.

En cuanto se terminó de medir las coordenadas de los dientes anteriores, expuestos a las llamas del combustible gas avión; se prepararon los siguientes dientes quienes eran los elegidos para ser evaluados con turbosina como combustible. Se colocaron sobre la rejilla metálica los dientes obturados con óxido de zinc y eugenol, se eligieron ocho dientes con cavidades clase I y clase V, seleccionados al azar.

Se colocaron en una rejilla metálica para que los dientes quedaran por encima del combustible y así recibieran más directamente las llamas, simulando la acción del fuego desde el suelo hasta la altura del maxilar y la mandíbula, se colocó dentro la rejilla de un recipiente metálico pequeño, y dentro del recipiente se coloraron 200 mL de turbosina, se inició la combustión. Figura 8. Se monitoreó la temperatura desde los 23.3°C (temperatura ambiente) usando un termómetro de radiación (Extech Instruments), tomando en cuenta el tiempo para que se consumiera todo el combustible.

A continuación se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^* de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.



Figura 8.- Dientes colocados sobre rejilla metálica. Fuente directa



FIGURA 9.- Dientes embebidos en turbosina en combustión. Fuente directa

Se colocaron otros 200 mL de turbosina en el mismo recipiente, y ahora sobre la rejilla fueron situados los dientes del siguiente grupo; los de ionómero de vidrio, que fueron siete dientes. Figura 9. Se realizó el mismo procedimiento, monitoreando la temperatura y el tiempo. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^* de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.

Así; nuevamente, se colocaron otros 200 mL de turbosina en el mismo recipiente, y ahora sobre la rejilla fueron situados los dientes del siguiente grupo; los de fosfato de zinc, que fueron siete dientes. Se realizó el mismo procedimiento, monitoreando la temperatura y el tiempo. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente, y se midieron nuevamente las coordenadas L^* , a^* y b^*

de cada obturación. Se evaluó la diferencia entre las coordenadas iniciales y finales; además de la diferencia total del color para el material en prueba.

Análisis estadístico.

Se hizo Anova de una vía y Prueba de Tukey a los resultados de incineración. Los resultados de la simulación del accidente aéreo recibieron un tratamiento estadístico vía T-Student.

Resultados.

Las Tablas 4 a 12 describen los cambios macroscópicos de los cementos simulando la cremación y el accidente aéreo usando turbosina y gas avión.

La Tabla 4 presenta la descripción estructural de los dientes sometidos a las diferentes temperaturas simulando el proceso de cremación a las diferentes temperaturas obturados con óxido de zinc y eugenol.

Óxido de Zinc y Eugenol		
Temperatura	Descripción	Imagen
200°C	<p>Fisuras de los dientes marcadas.</p> <p>Pierde brillo el esmalte y el cemento de la raíz.</p> <p>Esmalte y cemento dental con apariencia de "cuarteaduras".</p> <p>Cemento se tornó de un color naranja.</p> <p>Corona toma un color rojo pardo.</p> <p>Al sacarlos del horno desprendieron un olor a eugenol.</p> <p>En algunas de las obturaciones se desprendieron pequeñas porciones.</p> <p>La placa dentobacteriana carbonizada.</p>	

<p>400°C</p>	<p>La corona del diente tomó un color gris plata brillante.</p> <p>La raíz igualmente se tornó de un color gris plata pero sin brillo.</p> <p>En algunos órganos dentarios se comenzaba a desprender el esmalte de la dentina.</p> <p>La obturación de óxido de zinc y eugenol tiene aspecto carbonizado.</p>	
<p>600°C</p>	<p>Al sacarlos del horno percibimos un sonido como si “tronaran”.</p> <p>La corona fragmentó.</p> <p>La obturación se mantuvo en su cavidad.</p> <p>Fracturas en las raíces.</p> <p>Muy frágiles desde la porción coronaria hasta la porción de la raíz.</p> <p>El esmalte tomó un color más oscuro que la raíz.</p>	
<p>800°C</p>	<p>El color del óxido de zinc y eugenol al sacarlos del horno, fue de un color amarillo claro.</p> <p>El material se mantuvo en la cavidad sin esmalte que lo sostuviera.</p> <p>Al enfriarse se tornó de nuevo de color blanco el material.</p> <p>El esmalte se desprendió de</p>	

	<p>todas los órganos dentales. Los fragmentos de la corona, tienen un color azulado con bordes blanquecinos.</p> <p>Las raíces tienen un color gris.</p>	
--	--	---

Tabla 4.- Dientes obturados con óxido de zinc y eugenol; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 5 presenta la descripción estructural de los dientes sometidos a las diferentes temperaturas simulando el proceso de cremación a las diferentes temperaturas obturados con ionómero de vidrio.

Ionómero de vidrio.		
Temperatura	Descripción	Imagen
<p>200°C</p>	<p>Se pierde el brillo del esmalte y del cemento.</p> <p>En el esmalte se notan fisuras así como en la dentina, de color rojo pardo.</p> <p>El material se contrajo y se desprendió manteniendo la forma de la cavidad.</p> <p>Se pudo colocar de nuevo la restauración por la forma de la cavidad.</p> <p>La placa dentobacteriana carbonizada</p>	

Tabla 5.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 6 presenta la descripción estructural de los dientes sometidos a las diferentes temperaturas simulando el proceso de cremación a las diferentes temperaturas obturados con fosfato de zinc.

Fosfato de zinc		
Temperatura	Descripción	Imagen
200°C	<p>Fisuras de los dientes marcadas.</p> <p>Pierde brillo el esmalte y el cemento de la raíz.</p> <p>Apariencia de “cuarteaduras” tanto en el material como en el esmalte.</p> <p>El cemento perdió brillo y tomó un color más blanco.</p> <p>Algunas de las restauraciones mantuvieron un brillo en la parte oclusal.</p> <p>Desadaptación marginal del cemento. Grietas superficiales en el cemento.</p>	

<p>400°C</p>	<p>La corona del diente tomó un color dorado brillante.</p> <p>La raíz se tornó de un color gris pero sin brillo.</p> <p>El material en algunos hubo cambio de color pero en la mayoría conservaba el color blanco un poco ahumado.</p> <p>Se comenzaron a fracturar algunas coronas de los órganos dentarios.</p>	
<p>600°C</p>	<p>Al sacarlos del horno percibimos un sonido como si “tronaran”.</p> <p>El color del fosfato de zinc se tornó de un color café claro.</p> <p>El material se mantuvo en la cavidad sin esmalte que lo sostuviera en algunos de los dientes.</p> <p>Fracturas en las raíces.</p> <p>Se desprendió la corona de la raíz.</p> <p>Muy frágiles desde la porción coronaria hasta la porción de la raíz.</p> <p>La raíz tomó un color más oscuro que el esmalte.</p>	

<p>800°C</p>	<p>El material tiene un color blanquecino.</p> <p>El esmalte se carboniza.</p> <p>Los fragmentos de la dentina, tienen un color azulado con bordes blanquecinos.</p> <p>Las raíces tienen un color blanquecino con algunas porciones grises.</p> <p>El material mantuvo la forma original de la cavidad.</p>	
---------------------	--	--

Tabla 6.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a temperaturas controladas, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 7 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando gas avión y obturados con óxido de zinc y eugenol.

Gas avión. Óxido de zinc y eugenol.	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>La mayor cantidad del material se mantuvo en la cavidad.</p> <p>En algunos dientes el material se comenzó a desmoronar.</p> <p>En los dientes en que le dio la flama más directamente, el material se tornó de un color negro.</p> <p>Se perdió el brillo del esmalte.</p> <p>El color de la raíz de los dientes expuestos más directamente a las llamas cambió a un tono negro y café oscuro.</p> <p>Desadaptación marginal del cemento. Grietas superficiales en el cemento.</p>	 <p>The image displays eight dental specimens arranged in two rows of four. The top row shows specimens with varying degrees of material loss and discoloration, from a large, dark, irregular mass to a smaller, more intact piece. The bottom row shows specimens with similar damage patterns, including dark, charred areas and some material fragmentation. The specimens illustrate the effects of direct flame exposure on zinc oxide-eugenol fillings and the underlying tooth structure.</p>

Tabla 7.- Dientes obturados con óxido de zinc; sometidos a la combustión de gasavión, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 8 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando gas avión y obturados con ionómero de vidrio.

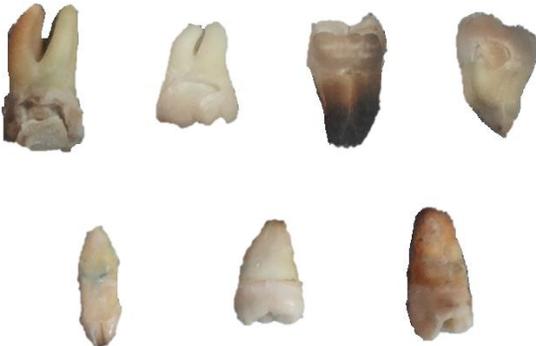
Gas avión. Ionómero de vidrio.	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>La mayoría del material colocado en las cavidades se desalojó.</p> <p>El material conservó la forma de la cavidad pudiendo así reconocer de qué órgano dentario pertenecía.</p> <p>El ionómero de vidrio tiene un color pardo.</p> <p>Desadaptación marginal del cemento. Grietas superficiales en el cemento.</p> <p>El esmalte se torna blancuzco en las zonas donde menos recibió el fuego, y donde recibió las llamas directas tiene vetas de color blanco con negro.</p> <p>Las raíces así como la dentina, tienen un color naranja, y en donde tuvieron contacto más directo con las llamas se tornan de color negro.</p> <p>El color de la raíz de los dientes expuestos más directamente a las llamas cambió a un tono negro y café oscuro.</p>	

Tabla 8.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a la combustión de gasavión, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 9 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando gas avión y obturados con fosfato de zinc.

Gas avión. Fosfato de zinc	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>El fosfato de zinc se mantuvo en su cavidad, solamente cambiando de color a un poco pardo donde recibió las flamas directamente.</p> <p>Se perdió el brillo del esmalte.</p> <p>Desadaptación marginal del cemento. Grietas superficiales en el cemento.</p> <p>El color de la raíz de los dientes expuestos más directamente a las llamas cambió a un tono negro y café oscuro.</p>	 <p>The image displays seven dental crowns arranged in two rows. The top row contains four crowns, and the bottom row contains three. The crowns exhibit a range of discoloration from light brown to dark, almost black, indicating the extent of thermal damage from the jet engine gas. Some crowns show signs of surface cracking and loss of gloss.</p>

Tabla 9.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a la combustión de gas avión, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 10 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando turbosina y obturados con óxido de zinc y eugenol.

Turbosina. Óxido de Zinc y Eugenol	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>Solamente el óxido de zinc y eugenol se mantuvo en un órgano dentario.</p> <p>Dentro de la cavidad de los que se les desalojó el material, se observaba una coloración gris dentro de ella.</p> <p>En la corona se observaban fisuras y algunas se fracturaron.</p> <p>La dentina se notaba sin brillo, así mismo las raíces tenían un color amarillo pardo y algunas café oscuro.</p> <p>Pigmentación de carbono en la corona y en las raíces.</p>	

Tabla 10.- Dientes obturados con óxido de zinc y eugenol; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 11 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando turbosina y obturados con ionómero de vidrio.

Turbosina. Ionómero de vidrio	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>El ionómero de vidrio que se mantuvo en la cavidad se tornó de un color amarillo pardo y se observa con cuarteaduras y con contracción.</p> <p>Las obturaciones con ionómero se desalojaron pero mantuvieron la forma de la cavidad, así se pudo saber de qué órgano dentario pertenecía.</p> <p>En la corona se observaban fisuras.</p> <p>La dentina se notaba sin brillo, así mismo las raíces tenían un color café y algunas carbonizadas.</p> <p>Pigmentación de carbono en la corona y en las raíces.</p>	

Tabla 11.- Dientes obturados con ionómero de vidrio; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 12 presenta la descripción estructural de los dientes simulando un accidente aéreo usando turbosina y obturados con fosfato de zinc.

Turbosina. Fosfato de zinc	
Descripción	Imagen
<p>Dependiendo de la manera en que fueron colocados sobre la rejilla de metal, es la cantidad de calor directo que recibieron.</p> <p>El fosfato de zinc se mantuvo en todas las cavidades.</p> <p>En la corona de algunos órganos dentarios se observaban fisuras marcadas.</p> <p>La dentina se notaba sin brillo, así mismo las raíces tenían un blancuzco y algunas partes estaban carbonizadas.</p> <p>Pigmentación de carbono en la corona y en las raíces.</p> <p>El fosfato de zinc se comenzaba a desmoronar y en algunos dientes se observaban fisuras en el material, se notaba color distinto donde el fuego directamente lo recibió.</p>	

Tabla 12.- Dientes obturados con fosfato de zinc; sometidos a la combustión de turbosina, características observadas macroscópicamente.

La Tabla 13 muestra los valores iniciales de las coordenadas de color.

Temperatura ambiente			
Diente	L*	a*	b*
1	71	2.8	-6.7
2	75.2	-8.5	5.8
3	72.4	-8.9	4.9
4	80.4	-2.0	0.4
5	65.2	2.5	-9.6
6	52.5	7.7	-8.5
7	64.5	-4.9	7.5
8	61.7	4.1	-10.1
9	75.8	-5.0	-1.3
10	46.5	-4.1	13.1
11	71.2	4.0	-4.0
12	68.1	5.2	-7.4
13	76.0	2.2	-5.0
14	59.9	5.2	-14.7
15	56.5	5.2	-14.7
16	72.6	0.4	-3.6
17	70.2	0.5	-8.3
18	91.1	-3.6	-0.6
19	76.7	0.4	-0.4
20	52.0	-12.3	8.5
21	78.6	2.1	7.1
22	71.5	-6.5	8.0
23	78.8	2.1	-5.7
24	78.1	-4.1	2.9
25	73.5	-4.2	2.3
26	72.5	-2.0	-0.4
27	69.4	-2.9	-0.8
28	75.0	-2.6	-0.8
29	60.3	-10.6	10.7
30	66.0	0.9	-3.9
31	76.7	-5.1	2.8
32	46.3	5.7	-7.5
33	61.0	3.1	-8.3
34	74.4	-2.0	2.1
35	63.6	-0.2	5.3
36	68.6	-0.9	0.3
37	59.5	1.6	-0.5
38	77.0	-1.7	-1.6
39	72.0	-2.0	-2.0
40	54.4	0.2	3.0

41	58.6	-7.0	9.5
42	74.6	-0.8	-5.7
43	50.8	4.6	-5.7
44	55.8	-0.3	-3.7
45	75.1	0.6	-6.4
46	79.2	-1.3	-6.6
47	85.1	-3.5	-0.1
48	80.7	-4.2	1.0
49	67.5	-0.1	-7.1
50	54.8	-8.2	1.0
51	72.0	-7.8	0.7
52	69.7	0.6	-0.3
53	42.1	-12.0	10.8
54	77.8	-7.1	7.2
55	82.6	2.0	-10.9
56	71.4	2.6	-8.5
57	78.9	-5.3	0.5
58	76.6	2.1	-10.1
59	77.2	-1.5	-2.7
60	92.3	-2.3	-2.1
61	84.2	-3.3	-3.5
62	85.1	1.9	-11.0
63	61.7	2.7	-15.7
64	83.3	0.5	-15.7
65	82.1	-6.0	-2.1
66	76.9	4.0	-13.1

Tabla 13. Valores iniciales de L*, a* y b* de cada muestra.

Las Tablas 14 a 15 manifiestan los valores de las coordenadas del color después de que las muestras estuvieron expuestas a 200, 400, 600 y 800 °C.

200°C					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	2	71.0	2.8	-6.7	17.5
2	4	55.5	9.1	-8.3	28.6
3	7	61.5	2.6	3.6	10.5
4	10	63.6	-3.6	2.2	20.3
5	17	60.9	6.4	-6.8	11.8
6	18	72.4	3.5	-4.0	20.2
7	23	80.7	1.9	-3.2	3.2
8	56	64.5	5.3	-6.3	7.7
9	57	67.5	0.3	-6.3	14.5
10	58	83.6	-1.3	-2.2	11.1

11	59	74.4	-0.5	-2.1	3.6
12	60	71.8	1.9	-5.2	21.1
13	61	76.8	-0.5	-5.0	8.0
14	62	73.5	1.7	-8.6	11.9
15	64	73.0	0-9	-8.3	13.5
400°C					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	2	24.1	0.9	-0.6	52.4
2	4	26.4	-2.1	1.0	54.1
3	7	33.8	-3.1	3.5	31.0
4	10	31.7	1.2	5.1	17.8
5	17	37.9	3.2	6.1	35.9
6	18	26	0.5	4.4	65.4
7	23	32.3	1.1	4.1	47.5
8	56	31.4	-0.2	5.6	42.4
9	57	67.5	0.3	-6.3	14.5
10	58	45.5	0.6	18.2	44.2
11	59	34.4	-0.5	3.1	43.2
12	60	31.5	0.9	2.8	61.1
13	61	54.5	0.8	7.8	32.0
14	62	41.1	2.7	8.4	48.1
15	64	37.2	1.9	8.2	52.9

Tabla 14. Valores del color a 200 y 400°C.

600°C					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	2	70.1	0.8	-2.4	13.5
2	4	-			
3	7	49.0	-3.7	-2.1	18.3
4	10	-			
5	17	56.8	-4.2	1.7	18.5
6	18	26.4	0.8	1.4	64.8
7	23	37.8	0.8	1.4	41.6
8	56	-			
9	57	38.2	2.5	0.1	40.5
10	58	-			
11	59	-			
12	60	-			
13	61	-			
14	62	-			
15	64	44.0	-0.1	3.6	44.7
800°C					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	2	78.9	-3.1	-2.8	10.9

2	4				
3	7	58.1	1.2	-18.5	28.0
4	10				
5	17	66.7	-4.2	-5.3	9.1
6	18	74.8	-2.4	-7.9	17.9
7	23	50.9	0.2	-9.3	28.2
8	56				
9	57	68.6	-4.7	1.7	11.1
10	58				
11	59				
12	60				
13	61				
14	62				
15	64	68.5	-4.7	1.7	24.2

Tabla 15. Valores de las coordenadas del color a 600 y 800 °C.

Las Tablas 16 a 17 certifican los valores de las coordenadas del color después de que las muestras estuvieron expuestas con la combustión de gas avión y turbosina.

Gas avión					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	1	56.7	4.4	-2.5	14.9
2	5	67.7	-4.9	7.3	18.7
3	9	50.9	7.1	-10.2	29.1
4	12	69.0	-6.5	3.8	16.2
5	14	92.7	-2.0	0.9	37.0
6	16	42.7	0.3	3.9	30.9
7	20	65.2	2.5	6.3	20.0
8	22	58.3	3.3	4.4	17.7
9	31	65.3	0.2	6.8	13.2
10	38	66.1	-1.1	15.8	20.5
11	40	38.1	-3.6	10.4	18.3
12	46	73.7	1.3	5.6	13.7
13	48	51.7	3.4	7.6	30.7
14	50	65.3	-2.9	4.9	12.4
15	52	52.9	-1.3	9.7	20.0
16	54	70.6	-4.6	7.0	8.1
17	63	76.0	-0.4	3.1	24.0
18	66	78.5	2.4	0.7	14.0

Tabla 16. Valores de L*, a* y b* después de la combustión usando gas avión.

Turbosina					
	Diente	L*	a*	b*	Delta E*
1	8	64.7	3.3	3.8	14.2
2	30	54.2	0.8	17.4	24.4
3	45	50.2	6.3	3.7	27.5
4	47	61.0	-2.0	10.2	26.1
5	49	62.1	-3.5	7.9	17.3
6	51	65.9	-1.6	5.6	10.9
7	53	50.1	0.9	7.9	27.1
8	55	80.6	-1.6	7.8	19.7
9	65	46.7	1.7	6.0	37.2

Tabla 17. Valores de L*, a* y b* después de la combustión usando turbosina.

Análisis estadístico.

La Tabla 18 Indica los valores promedio y su desviación estándar (DS) de los resultados de la simulación de cremación de los tres diferentes cementos dentales del color total y de la coordenada blanco-negro, L*.

Temperatura	Delta E*	DS	Delta L*	DS
200°C	14	7	70	8
400°C	43	15	37	12
600°C	35	19	46	14
800°C	18	8	67	10

Tabla 18. Cambio cromático total y variación blanco-negro de las muestras incineradas.

En la Tabla 18 se aprecia como el cambio total de color (Delta E*) cambia drásticamente motivado por el cambio de blanco a negro entre 200°C y 400°C para después volver a tornarse blanco entre 600°C y 800°C.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre 200°C y 800°C ($p > 0.895$) y entre 400°C y 600°C ($p > 0.259$) para la coordenada L*. Para el cambio total de color (Delta E*) no existen diferencias estadísticamente significativas entre 400°C y 600°C ($p > 0.469$), entre 600°C y 800°C ($p > 0.087$) y entre 200°C y 800°C ($p > 0.821$).

Combustible	Delta E*	DS	Delta L*	DS
Gas avión	20	8	63	13
Turbosina	23	8	60	11

Tabla 19. Cambio cromático total y variación blanco-negro de muestras simulando accidente aéreo usando diferentes combustibles.

En la Tabla 19 se aprecia como el cambio total de color (Delta E*) no cambia prácticamente así como el cambio de blanco a negro al usar gas avión o turbosina. Por este compartimiento se puede deducir que el tipo de combustible de un transporte aéreo no influye en los resultados. No existen diferencias estadísticamente significativas entre usar turbosina y gas avión ($p > 0.395$) para la coordenada L*.

Para el cambio total de color (Delta E*) no existen diferencias estadísticamente significativas entre gas avión y turbosina ($p > 0.450$).

Discusión de resultados.

Esta investigación revela como los cementos de uso odontológico y los tejidos dentales presentan diferentes comportamientos durante y después de la acción de las altas temperaturas y presentan cambios específicos en cada rango de temperatura a los que fueron sometidos o dependiendo del combustible usado. Los dientes como los huesos son bien conocidos por reaccionar de manera predecible cuando son sometidos a los elementos naturales como el fuego, tierra y agua.

Esta investigación fue realizada en dientes extraídos; sin embargo, los resultados pueden variar porque es diferente cuando un cuerpo es sometido a una fuente de calor intensa. Aun así, la información obtenida fue respecto a las investigaciones de otros autores, relacionados a los efectos de la temperatura en los tejidos dentales.

Los efectos producidos dependen de variables tales como la intensidad del calor, la protección del tejido circundante, la duración de la exposición al calor, la presencia de un acelerador, participación de sustancias combustibles y el medio utilizado para extinguir el fuego. El efecto del calor sobre los dientes en la realidad se complica aún más por la duración de la exposición a altas temperaturas, en los accidentes, los dientes no se exponen de manera directa al fuego (sobre todo los dientes posteriores), ya que se encuentran protegidos por los tejidos blandos como la piel, mucosas, musculatura facial y, para el caso de la raíces, por todo el periodonto circundante y las corticales óseas de los huesos basales, maxilares así como la mandíbula.

Una vez que aumenta la temperatura del cuerpo, desde el sistema digestivo se expelen gases que al llegar a la cavidad oral protruyen la lengua de tal forma que los dientes quedan inmersos en la misma. ^{15, 16, 18, 23}

El esmalte está constituido por un 95% de materia inorgánica (cristales de hidroxiapatita cálcica), 2% de materia orgánica (proteínas tales como amelogenina) y 3% de agua. Presenta una disposición organizacional en forma de prismas en sus cristales de hidroxiapatita, ésta disposición ocupa todo el espesor del esmalte, excepto la parte situada cerca de la dentina, que es aprismática. Por lo que al someterse a altas temperaturas, pierde rápidamente su escaso contenido de agua y su matriz de colágeno, lo que ocasiona una fuerte contracción del tejido que induce cambios macroscópicos, por lo que posteriormente se presenta la aparición de fisuras, grietas, aspecto cuarteado y fracturas. ^{23,25}

La dentina está compuesta por 70% de material inorgánico (cristales de hidroxiapatita), 18% materia orgánica (fibras de colágeno tipo I y proteínas), y 12% de agua. Tiene un alto contenido orgánico, por lo que se demora algún tiempo en deshidratarse y como la protegen el esmalte y los tejidos periodontales, esto permite cierto margen de contracción térmica entre ambos tejidos, lo que ocasiona que en la unión amelo-cementaria se produzca una fractura. Además, una gran cantidad de agua y materia orgánica significa que la dentina va a tomar más tiempo de deshidratarse y por eso ella es protegida por el mismo esmalte, en comparación con el esmalte, este proporciona un cierto espectro de contracción térmica. Este fenómeno es más evidente en el tercio cervical, donde el patrón de los cristales del esmalte se reduce. ^{23, 25}

Los materiales de uso odontológico, fosfato de zinc, ionómero de vidrio y óxido de zinc y eugenol, presentan gran resistencia a la acción de las altas temperaturas, y aunque en algunos casos se ven seriamente comprometidos en su macroestructura, se conservan dentro de las cavidades aun cuando el esmalte y la dentina presentan fracturas y fragmentación. ²³

En caso de desalojo y pérdida del material de obturación, se puede llegar a inferir el tipo de material que ocupaba la cavidad, comparando las características macroscópicas con la ayuda de los valores obtenidos en este estudio en cuanto a la coloración, textura y cantidad de fisuras tanto de la raíz y de la corona, basándose en la temperatura a la que fueron expuestos.¹⁶

El conocer las características macroscópicas de cada cemento sometido a altas temperaturas, además de conocer la temperatura a la cual se logra la separación del esmalte y la dentina, puede ser de gran ayuda para poder aproximar la temperatura a la cual fueron expuestos los dientes.

La mayoría de autores consultados mencionan en sus investigaciones la aplicación de diferentes rangos y grados altos de temperatura para determinar la resistencia de los dientes, además de la obturación con diferentes materiales de uso odontológico, en los cuales no sólo se muestran los cambios físicos macroscópicos y característicos en cada rango de temperatura (color, texturas, fisuras, grietas, aspecto cuarteado y fractura) sino también el grado de temperatura que se ha podido alcanzar.

Los tejidos dentales expuestos a una temperatura de 400°C y 800°C presentan un mayor número de cambios macroscópicos, los tejidos a mayores temperaturas se vuelven más frágiles por lo que hay que tener cuidado al manipular los dientes.

Al inicio de los 200°C se describe el desprendimiento de la unión amelodentinaria, y se vuelve más evidente a partir de los 400°C, cuando un estallido ocurre. A los 600°C y a los 800°C, la separación de la unión amelodentinaria tanto en la porción cervical como en la media se puede observar.

Cuando la temperatura alcanza los 1000°C el esmalte se fragmenta y se separa de la dentina. Esto sucede porque el esmalte tiene un alto contenido inorgánico, el cual es representado por el fosfato octocalcico, y como una pequeña porción orgánica contiene agua (sometidos a combustión y evaporación respectivamente), El aumento de la temperatura altera la organización de tales cristales, aumentando su cohesión (contracción térmica). Este último genera la aparición inicial de fisuras y grietas, que proporcionan un aspecto agrietado y, en última instancia, conducir a su fractura. ²⁵

Cuando un diente es expuesto a altas temperaturas, la estructura cambia dependiendo de la máxima temperatura alcanzada puede ocurrir consecuentemente que los dientes estén intactos (a los 200°C), o que se carbonicen, existen cambios de color, presencia de fisuras y fragmentaciones (a los 400°C), y puede ser carbonizado, por una incompleta combustión (a los 600°C), o ser incinerados reducidos a cenizas (entre los 800°C -1000°C) ²⁵

Según los resultados del estudio realizado por Brown y col. en el cual se obtuvieron resultados indicando que la conducción del calor ocurre más en el esmalte que en la dentina, sin embargo, indica una diferencia de más del 250% en la transferencia del calor de la dentina y esmalte. Es evidente que en los dientes sometidos a un cambio brusco de temperatura, el esmalte tenderá a alcanzar la nueva temperatura mucho más rápidamente que la dentina. Por lo tanto, cuando los dientes se someten a temperaturas más bajas, el esmalte será impedido de contraerse por la dentina, dando lugar a tensiones de tracción térmica alrededor de la circunferencia del diente. Si el cambio de temperatura es suficientemente grande, pueden desarrollarse grietas en el esmalte. ²⁶

Análisis macroscópico.

Desadaptación marginal de las obturaciones.

La desadaptación marginal que provoca la separación de los materiales odontológicos y los tejidos dentales aumentó a medida que subió la temperatura hasta el desalojo del material de las cavidades.

Cabe anotar que los materiales de uso odontológico presentan un coeficiente térmico de expansión, por tanto, los materiales inician una expansión al aumentar la temperatura y posteriormente ocurre una contracción dimensional por pérdida de las propiedades.²³

En todos los dientes se observan fisuras y grietas en el esmalte a partir de los 600°C. Además se observó un aspecto cuarteado de la corona y la raíz que se produce en la superficie del esmalte y del cemento, debido a las diferencias entre los coeficientes de expansión térmica tanto de los tejidos, como de los materiales dentales.

La fragmentación del esmalte se describe a partir de los 400°C y su pulverización en algunos dientes a los 800°C.

En muchos casos constituyen líneas de fractura de la raíz a partir de los 400°C.

En los dientes obturados se observaron grietas en la dentina, las cuales se hicieron visibles por la fractura de la corona y de la raíz a partir de los 400°C. Algunas muestras como en el caso del Fosfato de Zinc y Óxido de Zinc y Eugenol, presentaron fractura de la obturación a partir de 400°C y desalojo de ella en algunos dientes a los 800°C.

Óxido de Zinc y Eugenol.

En el presente estudio se pudo observar que se cumple lo que determina en su investigación ya que se notó una desadaptación marginal. Se

desprendieron pequeñas porciones del cemento y se observó la pérdida de sellado marginal. Se observaron grietas profundas y fisuras en la superficie de la obturación, de acuerdo con el estudio realizado por Moreno y col. “A 200°C se encuentra desadaptación marginal, grietas en la superficie y expansión dimensional del cemento de óxido de zinc.”¹⁶ Además en el estudio de Shekhawat²⁴, los diferentes cambios macroscópicos se observan a partir de los 200° C, donde menciona que el color de la corona se mantiene de un color blanco con una superficie suave y en la raíz se presentan pequeñas grietas, esto también se pudo observar en el presente experimento.

Por lo que se observó en el experimento que la obturación continúa en la cavidad, se desmorona el cemento en algunas partes proximales, fracturas y fisuras en las obturaciones. Moreno menciona “A los 400°C hubo estallido del esmalte cervical puesto que a medida que la exposición a las altas temperaturas continúa, los tejidos dentales pierden su integridad y llegan a presentar cambios macroscópicos.”²³ También se presentaron fisuras longitudinales en el esmalte, y color pardo del material de obturación.”¹⁶ En el estudio de Shekhawat²⁴ explica que a esa temperatura, se muestra un espacio en la unión amelocementaria, el color de la corona cambió a un café negruzco, la raíz se tornó de un color negro. El diente a esta temperatura se volvió más frágil. La superficie mostró múltiples fracturas irregulares, lo cual con los datos obtenidos en el presente estudio, concuerdan con lo descrito anteriormente.

La forma del cemento dentro de la cavidad continúa, solamente la porción oclusal se desprende poco e igual en zonas interproximales, como hubo fragmentación de de la corona, se desprende en esos dientes todo el material. “A los 600°C el cemento de óxido de zinc se torna de un color gris oscuro, presenta grietas, contracción dimensional y desadaptación marginal”

como lo describe Moreno y col. Según Shekhawat ²⁴ la superficie se volvió irregular, con el tejido duro descamándose. El esmalte se separó de la dentina. La corona y la raíz mostraron una coloración negra y grisácea, de acuerdo a las descripciones anteriores y lo que pudimos observar en ésta investigación la forma del cemento dentro de la cavidad continúa, solamente la porción oclusal se desprende poco e igual en zonas interproximales, como hubo fractura y fragmentación de la corona, se desprende en esos dientes todo el material.

A los 800°C el material se aprecia blanco-tiza y en un tercio de la muestra ocurrió desalojo de la obturación ¹⁶, de acuerdo con Moreno y col.; en cambio, en el presente experimento no se observó de un color blanco, sino hasta después de que se enfriara a temperatura ambiente, primeramente se observó de un color amarillento. Comparando resultados con Shekhawat el diente aparece totalmente quemado. La superficie de la corona y de la raíz se tornan de color blanco. El color de la dentina expuesta se torna de un color azul alrededor de la región pulpar, gradualmente tomando un color blanco por toda la periferia. ²⁴ Lo que se observó en el experimento fue que el material se mantuvo en cuatro de los dientes, perdiéndose más del 50% del material en la porción oclusal, en ellos se mantuvo el material dentro de la cavidad sin esmalte, solamente con poca dentina alrededor de ellos.

Ionómero de vidrio.

Con respecto al Ionómero de vidrio se observaron fracturas y pérdida del material conservando la forma de la cavidad a los 200°C. En el trabajo de investigación de Morales, menciona: “En el Ionómero de vidrio se aprecian grietas, fracturas y desalojo a partir de los 400°C, cambios que se pueden relacionar con la exposición del material en los especímenes donde ocurrió fractura coronal y radicular, y desalojo de las obturaciones” ²³ ante esto, en el presente experimento se desalojaron a los 200°C, sin mayores cambios en

la corona y en la raíz.

Como se perdió el material de obturación en todos los dientes que fueron cremados en el horno después de los 200°C, no se siguió con el estudio.

Fosfato de Zinc.

A 200°C se encuentra muy poca desadaptación marginal, grietas en la superficie.

Se rompieron pequeñas porciones del cemento en algunas zonas proximales y se observó poca pérdida de sellado marginal. Se observaron grietas superficiales y fisuras en la superficie de la obturación

A los 400°C hubo estallido del esmalte cervical, fisuras longitudinales en el esmalte, y color dorado del material de obturación.

La obturación continua en la cavidad, se desmorona de algunas partes proximales, fractura de las obturaciones.

A los 600°C el cemento de fosfato de zinc se torna de un color café claro presenta grietas, contracción dimensional y desadaptación marginal.

La forma del cemento dentro de la cavidad continúa, la porción oclusal se desprende poco e igual en zonas interproximales, como hubo fragmentación de la corona, se desprende en esos dientes todo el material.

A los 800°C el material se aprecia de un color blanquecino solamente en dos dientes se conservó el material, en un diente se observa la forma del material que tenía dentro de la cavidad pero ya sin soporte de esmalte.

En cuanto al color de las estructuras del diente, se obtuvieron resultados con algunas diferencias en cuanto a la temperatura; (Tabla 2 y 3), a los 200°C, en los dientes obturados con óxido de zinc y eugenol se tomaron de un color

naranja; en los dientes obturados con fosfato de zinc si concuerda con la descripción en la Tabla 2, al igual que los dientes obturados con ionómero de vidrio. A los 400°C, los cambios de color tanto en la raíz como en la corona de los dientes obturados con óxido de zinc y eugenol fueron distintos a los descritos en las Tablas, ya que al éstos estar obturados con el cemento, las características fueron diferentes; sin embargo , los dientes obturados con fosfato de zinc, a esa temperatura el color de la corona fue de un tono dorado y en vez de la raíz tener un color marrón pardo claro como lo menciona en la Tabla 3, ésta se torna de un color negro.

A los 600°C las raíces en los dientes obturados con óxido de zinc y eugenol conservaron un color gris, mientras que en los dientes obturados con fosfato de zinc se tornaron de un color café oscuro como lo describe Arango en la Tabla 2.

A los 800°C con ambos cementos; tanto óxido de zinc y eugenol, como fosfato de zinc, existe concordancia con las descripciones mencionadas en la tabla 2 y 3 descritas por Arango.

Los dientes que fueron utilizados en la combustión de turbosina y gas avión, presentaron cambios de color, ya que el desprendimiento del carbono al hacer la ignición de los combustibles, se impregna en la superficie dentaria; por lo tanto, en obturación con el cemento dental, algunas de ellas se impregnaron con el carbono, o por la posición algunas otras conservaron el color original. Cabe mencionar que muchas de las obturaciones con los cementos dentales se desalojaron, principalmente en el uso del combustible turbosina.

Los dientes que fueron expuestos al fuego producido por el combustible gas avión no presentaron cambios significativos, solamente donde recibieron las llamas directamente, en la porción coronaria así como en la raíz, se tornaron

de un color negro o café oscuro, ya que el carbono producido de ésta reacción, se impregna en la superficie; una vez iniciada la combustión, a los diez segundos se alcanzó una temperatura de 90°C, 152°C a los cuarenta segundos, 192°C a los sesenta segundos, en un minuto con cuarenta segundos alcanzó los 135°C y se mantuvo así durante dos minutos, 172°C a los tres minutos, 250°C a los tres minutos veinte segundos, 320°C a los cuatro minutos, a los cinco minutos veinte segundos se alcanzó la temperatura máxima, a los seis minutos treinta segundos se alcanzó una temperatura de 211°C, a los siete minutos se midió la temperatura y fue de 170°C, el tiempo que se tardó en consumir los 200 mL de combustible fue de 7 min, una vez consumido se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

En cambio los dientes expuestos al fuego producido por el combustible turbosina, presentaron mayores cambios macroscópicos ya que se impregnaron más con el carbono producido de la combustión, además, como en las obturaciones la mayoría de ellas se desalojó de la cavidad, con este combustible se alcanzaron temperaturas, a los ocho segundos alcanzó una temperatura 122°C, 159°C a los treinta segundos, 222°C en un minuto, 303°C en un minuto diez, 235°C a los dos minutos, a los dos minutos cuarenta 364°C, a los tres minutos 400°C, 462°C a los cuatro minutos, 459°C a los cinco minutos, 497°C a los seis minutos, a los siete minutos se obtuvo una temperatura de 417°C, y el tiempo en el que tardó en consumir los 200 mL de combustible fue mayor comparado con el gas avión; pasando los 9 min. Su temperatura máxima alcanzada fue de 497°C.

En el caso del cemento ionómero de vidrio, fue el material que presentó un mayor porcentaje de desalojo y pérdida de material, ya que no soportó más allá de los 200°C dentro del horno.

En cambio cuando se expuso el ionómero de vidrio a la acción del fuego causado por el combustible usado en aviación; gas avión y turbosina, la

mayoría de los dientes mantuvo la obturación en la cavidad, a pesar de que alcanzó una temperatura de 497°C.

El cemento dental que soportó mayor tiempo dentro del horno simulando la cremación fue el óxido de zinc y eugenol, con mayor número de dientes remanentes dentro del horno; mientras que, los cementos dentales cuando se expusieron a las llamas de los combustibles de uso en aviación, el que se mantuvo dentro de la cavidad sin tener cambios importantes fue el fosfato de zinc.

CONCLUSIONES.

La Odontología Forense es de gran importancia en los procedimientos de identificación médico-legal. Los tejidos duros del diente (dentina y esmalte) muestran una serie de cambios específicos cuando están expuestos a una fuente de calor directa y que aumente gradualmente. Por medio de las diferencias de temperatura como el origen de la combustión, se puede analizar y se pueden tener algunas pistas importantes en la investigación dental.

Así que en base a la experimentación, se concluye que si la persona que viajaba en el avión, éste al desplomarse, dependiendo de la posición en que se encuentre la cabeza, ya sea sumergida en el combustible, tendrá menor daño en los órganos dentarios, sin embargo, si la persona se encuentra por encima del nivel de combustible, tendrá mayor daño tanto de los tejidos blandos y duros, porque estará expuesto directamente a las llamas del combustible.

Tanto los tejidos dentales y cementos utilizados en Odontología sufren cambios macroscópicos obtenidos de acuerdo a cada rango de temperatura, con esta información se deduce a qué temperatura fue expuesto el cuerpo, se nos permite comprobar que los resultados obtenidos en la identificación de cadáveres quemados, carbonizados o incinerados varían de acuerdo a la exposición térmica, naturaleza del fuego y participación de sustancias combustibles.

Los cementos dentales pueden identificarse a pesar de que el sujeto haya sido expuesto a altas temperaturas, algunos conservan la forma original de la cavidad, y otros dan un color característico a diferentes temperaturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Luna Maldonado Alaborda Reboiro M. ORÍGENES E HISTORIA DE LA ODONTOLOGÍA LEGAL Y FORENSE [Internet]. 1ra ed. Universidad de Murcia; [citado 3 de febrero 2017]. Disponible en: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/odontologia-legal-y-forense/material-de-clase-1/tema-1.pdf>
2. Lozano y Andrade O. Estomatología forense. 1ra ed. México: Trillas; 2007. Pp 9-16
3. Correa Ramírez A. Estomatología forense. 1ra ed. México: Trillas; 1990. Pp 13-16
4. Arango Restrepo J. Odontología forense en la identificación humana. 1ra ed. Medellín: Universidad de Medellín; 2013.
5. Vargas Alvarado E. Medicina legal. 5ta ed. México: Trillas; 2014. Pp 188-190
6. Silver N. Should Travelers Avoid Flying Airlines That Have Had Crashes in the Past? [Internet]. FiveThirty Eight. 2017 [citado 3 de febrero 2017]. Disponible en: <https://fivethirtyeight.com/features/should-travelers-avoid-flying-airlines-that-have-had-crashes-in-the-past/>
7. Chow Pangtay S. Petroquímica y sociedad. 1ra ed. México: Fondo de Cultura Económica; 1986. Pp 21-51.
8. Ramírez Regalado V. Química 2. 3ra ed. Distrito Federal: Larousse - Grupo Editorial Patria; 2015. Pag 111
9. Valero Muñoz A. Principios de color y holopintura. 1ra ed. Barcelona: Club Universitario; 2012. Pag 96
10. Hewitt P. Conceptos de física. 1ra ed. San Francisco: Limusa; 1996. Pp 452
11. Cetto A. La luz. 1ra ed. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica; 2014. Limusa; 1996. Pp 444-454
12. Sensing K. Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B* [Internet]. Konica Minolta Color, Light, and Display Measuring Instruments. 2017 [citado 4 de febrero 2017]. Disponible en: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
13. Tresguerres J. Fisiología humana. 1ra ed. Madrid: McGraw-Hill

Interamericana; 1999.Pp 243.

14. Arango Restrepo J. Odontología forense en la identificación humana. 1ra ed. Medellín: Universidad de Medellín; 2013.
15. Sandholzer M, Baron K, Heimel P, Metscher B. Volume analysis of heat-induced cracks in human molars: A preliminary study. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2014;6(2):139.
16. 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.
17. Marín L. Moreno F. Odontología Forense: identificación odontológica, reporte de dos casos, *Revista Estomatológica*, 2003. Pp 57-70.
18. Vázquez Lucero, Rodríguez Patricia, Moreno Freddy. Análisis macroscópico in vitro de los tejidos dentales y de algunos materiales dentales de uso en endodoncia sometidos a altas temperaturas con fines forenses. *Rev. Odont. Mex [revista en la Internet]*. 2012 Sep [citado 2017 Abr 16] ; 16(3): 171-181. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2012000300004&lng=es.
19. Ferreira JL, Espina AL, Barrios FA, Mavaréz MG. Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. *Ciencia Odontológica* 2005; 2: 58-65.
20. Macchi R. Materiales dentales. 1ra ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2000. Pp 139-156
21. Moreno S, Moreno F. Odontología forense: identificación odontológica, reporte de casos. *Revista estomatológica*, 2003: 11(2): Pp 41-49.
22. Moharil R, Dive A, Thakur S, Bodhade A, Dhobley A, Bagdey S. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2014;6(1):62.
23. Morales Huachi A. Estudio In Vitro De Los Cambios Estructurales Macroscópicos De Los Tejidos Dentales Y Materiales De Restauración Más Comunes Sometidos A Altas Temperaturas Como Método De Identificación

Odontológica En Cadáveres Carbonizados , Incinerados O Quemados.
[Licenciatura]. Universidad Central Del Ecuador; 2017.

24. Shekhawat K, Chauhan A. Analysis of dental hard tissues exposed to high temperatures for forensic applications: An in vitro study. *Journal of Forensic Dental Sciences*. 2016;8(2):90.
25. Medina S, Salazar L, Mejía C, Moreno F. In vitro behavior of the dentin and enamel calcium hydroxyapatite in human premolars subjected to high temperatures. *DYNA*. 2016;83(195):34-41.
26. Brown W, Dewey W, Jacobs H. Thermal Properties of Teeth. *Journal of Dental Research*. 1970;49(4):752-755.