

# Identificación de cadáveres sometidos a altas temperaturas, a partir de las características macroscópicas de sus órganos dentales. Aplicabilidad en genética forense

*Identification of Bodies Exposed to High Temperatures Based on Tooth Macroscopic Characteristics. Applicability in Forensic Genetics*

## María del Socorro Barraza Salcedo

Odontóloga forense, Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, regional Barranquilla, Colombia. Magistra en Proyectos de Desarrollo Social, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Candidata a PhD en Evolución Humana, Antropología Física y Forense, Universidad de Granada, España. Docente investigadora, Universidad Metropolitana de Barranquilla.

## Martha Leonor Rebolledo Cobos

Estomatóloga y cirujana oral, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia. Maestrante en Genética Molecular, Universidad Simón Bolívar, sede Barranquilla, Colombia. Docente investigadora, líder de grupo GIOUMEB, Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia.

## RESUMEN

**Antecedentes:** En los casos de incineración, la odontología forense suministra evidencia científica que permite identificar cadáveres mediante el análisis de los órganos dentales. Se aísla el ADN obtenido de la pulpa como alternativa para confirmar la identidad de la víctima. Cuando el grado de temperatura es muy elevado, los tejidos dentales son vulnerables y, por ende, el ADN pulpar no es rescatable, razón por la que se pierden recursos y tiempo, dada la carencia de estándares que identifiquen características macroscópicas e indiquen esta situación de manera confiable. **Objetivo:** Describir las principales características de dientes sometidos a altas temperaturas y su relación con la viabilidad de su ADN, como contribución a la identificación genética forense. **Métodos:** Se revisó exhaustivamente la literatura en tres bases de datos: PubMed, EBSCO y Google Académico. Se seleccionaron 50 artículos en varios idiomas que se relacionaran con los descriptores: *dientes incinerados, violencia, odontología forense, identificación, muestras de ADN y pulpa dental*. **Resultados:** La mayoría de los reportes confirma la resistencia de los tejidos dentales cuando se someten a altas temperaturas. Otros muestran el éxito de la identificación mediante cotejos odontológicos. **Conclusiones:** Se confirma la utilidad para la identificación del análisis del ADN extraído de restos óseos y dentales. La literatura revisada sugiere que, hasta ciertas temperaturas, es posible una identificación a través de la genética forense de víctimas incineradas, mediante el ADN contenido en pulpa dental. Se observó estricta referenciación nacional, en cuanto a las características físicas o macroscópicas de órganos dentales incinerados.

## PALABRAS CLAVE

ácido desoxirribonucleico; ADN; dientes; identificación, de víctimas; incineración; odontología forense; violencia

## ÁREA TEMÁTICA

odontología forense

## ABSTRACT

**Background:** Forensic dentistry, in cases of incineration, provides scientific evidence that allows identifying bodies by analyzing dental organs. DNA from dental pulps is isolated as an alternative to confirm a victim's identity. When the temperature has been very high, soft dental tissues are vulnerable and therefore the DNA pulp is not recoverable, so resources and time could be wasted due to the lack of standards to identify macroscopic characteristics in hard tissues. **Purpose:** To describe the main features of teeth exposed to high temperatures and to analyze the relationship between these and the viability of their DNA, in order to contribute to forensic genetic identification. **Methods:** An thorough literature review was carried out in three databases: PubMed, EBSCO and Google Scholar. 50 articles in several languages were selected when searching for the following descriptors: *cremated teeth, violence, forensic dentistry, ID, DNA samples, and dental pulp*. **Results:** Most authors reported that hard dental tissues are resistant to high temperatures. Other authors showed how identification through dental comparisons is successful. **Conclusions:** Identification is successful when analyzing DNA extracted from bone and dental remains. The literature reviewed suggests identification can be achieved up to certain temperatures by forensic genetics of incinerated victims by DNA contained in dental pulp. Strict national referencing was observed in the physical characteristics or incinerated dental macroscopic bodies.

## KEYWORDS

deoxyribonucleic acid; DNA; forensic dentistry; identification of victims; incineration; teeth; violence

## THEMATIC FIELD

forensic dentistry

## CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Barraza MS, Rebolledo ML. Identificación de cadáveres sometidos a altas temperaturas, a partir de las características macroscópicas de sus órganos dentales: aplicabilidad en genética forense. Univ Odontol. 2016 Jul-Dic; 35(74): 29-38. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.uo35-74.icsa>.

Recibido para publicación: 11/06/2015

Aceptado para publicación: 13/06/2016

Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/universitasodontologica>

## INTRODUCCIÓN

Usualmente, se llama a los odontólogos a asistir a los procesos de identificación de las víctimas quemadas, en quienes la destrucción de los tejidos es extensa y no es fácil identificarlos por métodos convencionales. Los órganos dentales sometidos a altas temperaturas o a incineración presentan características especiales que los diferencian de un grado de temperatura a otro; más aún en aquellos de los que se puede extraer material genético para una identificación más acertada y eficaz de la víctima. Allí radica la aplicación y la utilidad de técnicas más profundas de investigación en odontología forense, cuando se presentan dificultades en el reconocimiento de cadáveres quemados (1-3). La odontoestomatología, como ciencia encargada de estudiar la configuración morfológica de la cavidad bucal en situaciones de salud y enfermedad, se utiliza como ciencia auxiliar para procurar e impartir justicia (1).

En Colombia, el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF), en el 2014, reportó las causas de muertes violentas, incluidas las térmicas y por incineración, en un 0,39 %, para un total de 26 casos para hombres y 23 para mujeres sin distinción de edad, que ocuparon el octavo lugar de las causas de fallecimiento en el país. La mayoría de los casos están relacionados con violencia, que se suma a otras causas como accidentes domésticos, de tránsito, aéreos e incendios (4).

Cuando ocurre la incineración de cadáveres, resulta muy difícil su identificación, porque fallan los procedimientos habituales: huellas dactilares, rasgos fisonómicos, objetos personales, entre otros (5). Igualmente, se suele recurrir al método de identificación fehaciente a través del ADN, que aporta criterios eficaces de identificación, con más de un 99,9 % de seguridad y efectividad. Se considera que los dientes son elementos fundamentales en la identificación médico-legal, debido a su fantástica resistencia a los agentes que ocasionan la destrucción de las partes blandas del cuerpo (4-8).

Este artículo resalta la necesidad de aplicar mejores y mayores herramientas en investigación odontológica forense, dado el advenimiento de nuevas tecnologías en el manejo del material genético para la identificación veraz y oportuna de cadáveres o dientes incinerados o de difícil reconocimiento. El objetivo de la presente revisión exhaustiva de la literatura fue describir las características físicas y macroscópicas de dientes sometidos a altas temperaturas o incinerados, así como señalar el ADN pulpar como una óptima contribución al reconocimiento de víctimas, desde la odontología forense y genética forense, no sin antes destacar los principales antecedentes existentes y vigentes en identificación de cadáveres.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la búsqueda bibliográfica se seleccionaron tres bases de datos: PubMed, EBSCO y Google Académico, en un periodo de seis meses. Se obtuvieron cincuenta artículos que se ajustaban más al tema de revisión, en idiomas inglés, portugués y español, sin distinción del año de publicación y que hicieran relación a los descriptores: identidad, identificación, violencia, odontología forense, muestras de ADN, dientes incinerados, dientes carbonizados, dientes

quemados, pulpa dental, ADN pulpar, ADN genómico, ADN mitocondrial, temperatura (*identity, identification, violence, forensic dentistry, DNA samples, cremated teeth, charred teeth, burnt teeth, dental pulp, pulp DNA, genomic DNA, mitochondrial DNA, temperatures*). Los resultados se estructuran en siete secciones: identificación e identidad; identificación forense; identificación odontológica forense; carbonización, incineración y calcinación de tejidos bucodentales; ADN pulpar en la identificación forense; método ADN genómico; y método ADN mitocondrial (ADNmt).

## RESULTADOS

### Identificación e identidad

Dentro de las ciencias forenses en Colombia, la identificación avanzó velozmente a causa del aumento de la desaparición forzada, las masacres, los ataques terroristas y la violencia común; por ello, los procesos de identificación de las víctimas, en virtud a los avances técnicos y científicos, ahora son más satisfactorios, aun cuando los victimarios emplean procedimientos que intentan evitar el reconocimiento de un cadáver o de restos humanos mediante la inhumación por partes del individuo victimado, el empleo de fosas comunes individuales o grupales, la eliminación de huellas dactilares, la destrucción de los dientes y la incineración del cuerpo con vida o sin esta (9,10).

La necesidad de saber si una persona es ella misma se remonta a Alphonse Bertillon, en 1879, quien ideó la antropometría. Este francés, considerado padre de la policía científica, solicitó que a cada recluso se le tomara una foto de perfil y una de frente, tomadas a la misma distancia e intensidad de luz. Esto, con el fin de agregarlas a la ficha antropométrica, un documento que contenía medidas referentes a distintas partes del cuerpo humano. En 1894, agregó a la ficha la impresión digital de los dedos pulgar, índice, medio y anular derecho; posteriormente, concluyó por agregar las impresiones de los dedos faltantes. No obstante, este sistema no incluía a las mujeres e individuos menores de 22 años de edad (11). Desde entonces, los progresos científicos y tecnológicos han traído consigo importantes avances en los métodos y técnicas de identificación de personas, de los cuales la identificación genética ha sido el avance más importante, por su alto grado de confiabilidad y exactitud. El análisis del ADN para la identificación judicial fue iniciado por Alec Jeffreys, entre 1984 y 1986. Este aporte cambió por completo el panorama de la investigación criminalística, de tal manera que, desde

aquella época y hasta la actualidad, las técnicas para analizar el ADN evolucionan continuamente y permiten resolver casos que antes siquiera eran estimados (12). La identificación consiste en el proceso de detectar y constatar aquellos elementos, datos y características que tiene una persona y que la diferencia de las demás. De alguna forma, podemos decir que es el estudio de la identificación o el estudio de las diferencias interpersonales; también se define como la individualización mediante la atribución de un nombre de nacimiento u otro nombre apropiado a los restos humanos (13,14). En cuanto a la identidad, es el conjunto de características y particularidades de origen congénito o adquirido que hacen que una persona o cosa sea ella misma; así mismo, la identidad personal es un derecho que consiste en la autoconciencia que el individuo tiene de sí mismo, como un ser único y diferente de sus congéneres. Esto hace referencia a que en cada persona hay signos distintivos de tipo formal y sustancial, ya sea jurídicos, ideológicos y conductuales que la hace distinta a los demás, por lo que obtiene características comunes de orden social, cultural y natural que no pueden ser impedidas como la libertad, la racionalidad y la sociabilidad. Todos los miembros de una comunidad social y política tienen un pasado, una historia y una lengua común; sin embargo, existen diferencias entre unos y otros. De no ser así, serían todos iguales (12,15).

### Identificación forense

El proceso de identificación se sustenta en la comparación entre la información conocida de la víctima y los resultados obtenidos al examinar el cadáver o los restos óseos. La información conocida deberá sustraerse de los registros sobre denuncias de personas desaparecidas, registros de huellas digitales, archivos policiales y registros médicos y dentales. La información obtenida después de su muerte se derivará de los resultados obtenidos con los métodos de identificación de personas (16).

Las formas de identificación se dividen en dos grandes grupos: las formas comparativas, que se refieren a la comparación de los antecedentes, reseñas y registros previos con los hallazgos encontrados en el cadáver que se va a identificar, y las formas reconstructivas, en las que en virtud del estado del cadáver no es posible utilizar otras formas de identificación (17).

En Colombia, el estudio de los cuerpos en condición de no identificados se realiza en el INMLCF, con sede en cada capital de departamento. Esta entidad emplea dos tipos de identificación definidas en la tabla 1 (18). De acuerdo con el grado de certeza, la identificación obtenida puede ser de dos tipos: fehaciente e indiciaria.

TABLA 1  
TIPOS DE IDENTIFICACIÓN FORENSE DE APLICABILIDAD EN LA ACTUALIDAD

Identificación	Utilidad definición
Fehaciente	<p>Es aquella que da certeza de la identidad. Se considera positiva cuando se encuentra coincidencia de los datos de la persona buscada con los del cadáver, mediante cotejos técnicos objetivos y reproducibles por cualquier experto en el campo.</p> <p>Las técnicas más empleadas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cotejo dactiloscópico o comparación de huellas digitales.</li> <li>· Cotejo odontológico o comparación de rasgos correspondientes a tratamientos odontológicos o patologías específicas establecidos a través de carta dental o radiografías o moldes.</li> <li>· Cotejo genético o comparación de perfiles genéticos mediante análisis de muestras biológicas <i>ante mortem</i> con muestras <i>post mortem</i> del mismo individuo, o de muestras <i>post mortem</i> con muestras de familiares en primer grado de consanguinidad (18).</li> </ul>
Indiciaria	<p>Cuando no existe un alto de grado de certeza, pero ayuda a confirmar los resultados obtenidos por los métodos fehacientes. Consiste en la recopilación de datos biográficos, métodos hablados, descripciones de las características que eventualmente llevan a una conclusión de individualidad; por ejemplo, las prendas que portaba, talla, peso, edad, contextura, presencia de barbas, bigotes o más comúnmente señales individualizantes, como pueden ser lunares, cicatrices, tatuajes, amputaciones de miembros y prótesis.</p> <p>El reconocimiento indiciario tiene lugar cuando por diferentes razones no se puede lograr un cotejo fehaciente (imposibilidad de reconstruir y cotejar características exclusivas de un individuo y solamente cotejar características específicas y generales); las técnicas más utilizadas son: antropología forense, biología (donde vamos a encontrar fluidos humanos), toxicología y documentología (19).</p>

### Identificación odontológica forense

La identificación forense en Colombia está regida por la Ley 38 de 1993, la cual en su artículo 1 expresa que a partir del 1 de enero de 1993, en todos los consultorios odontológicos, tanto públicos como privados, será obligación levantar una carta dental (historia clínica odontológica); así mismo, en el artículo 4 menciona que, en caso de fallecimientos de personas sin identificación que requieran necropsia médico-legal, el funcionario que practica el levantamiento, además de la descripción de las características físicas, anotará el estado de los órganos dentales y ordenará igualmente al médico que realice la necropsia, el examen y la descripción dental; en su párrafo enuncia que si en el sitio de las diligencias hay servicio odontológico oficial, al respectivo profesional le ordenará la práctica de la carta dental adoptada en la presente ley (20).

La identificación de las víctimas a través de los órganos dentales es uno de los aportes de la odontología forense al sistema de justicia y a la sociedad actual. En este tipo de identificación se distinguen dos formas: comparativas y reconstructivas (21).

### Carbonización, incineración y calcinación de tejidos bucodentales

Estos tres métodos de quema se usan para la desaparición intencional de evidencia criminal, y difieren uno del otro. La carbonización es igual que una quemadura de cuarto grado: ocurre cuando los tejidos blandos son sometidos a temperaturas mayores de 200 °C; la incineración consiste en un proceso de reducción de un cadáver a cenizas, mediante la exposición a la acción del fuego; y en la calcinación se somete al calor una materia para que desprenda toda sustancia volátil o se reduzca a cal viva o al carbonato de calcio que contenga (22,23).

Según autores como Norrlander (23), las quemaduras corporales se clasifican en cinco condiciones: 1) superficiales; 2) áreas destruidas de la epidermis; 3) destrucción de la epidermis y dermis con áreas de necrosis en tejidos subyacentes; 4) destrucción total de la piel y tejidos profundos; y 5) restos cremados. Dentro de esas categorías, a los odontólogos se les solicita para cooperar en la identificación de las víctimas quemadas en las clases tercera, cuarta y quinta, donde la destrucción de los tejidos es extensa y no es posible identificarlos por métodos convencionales como reconocimiento visual o huellas dactilares (24).

En casos de exposición al fuego, los dientes y cuerpos extraños intraorales (prótesis dentales) se encuentran protegidos por tejidos blandos como la musculatura de la cara y la lengua (25-27), y a medida que el cuerpo se calienta, desde el intestino y el estómago son despedidos gases hasta la boca, lo cual provoca que la lengua se proyecte hacia los dientes y que haya una subsecuente contracción de los músculos masticatorios que produce la inmersión de los dientes en la lengua. La conjunción con la musculatura de mejillas y labios puede proteger los dientes durante la combustión prolongada de los tejidos (25). Luego, los labios y tejidos yugales se contraen y se hacen más rígidos, retrayéndose y exponiendo los dientes anteriores, que destruyen el esmalte y la dentina y hacen muy frágiles estos tejidos (25).

Las estructuras dentales tienen una alta resistencia ante las agresiones físicas y químicas, y esto permite que en muchos siniestros la evidencia dental sea la única disponible (26,27). Sin embargo, durante la autopsia bucal, la manipulación de estas estructuras dentarias quemadas debe ser cuidadosa, para evitar la pérdida de información valiosa, pues es importante tener en cuenta los daños estructurales que estas experimentan debido a la acción del fuego, los cuales a su vez proveen claves valiosas en las investigaciones criminalísticas, y más aún cuando se estudian incendios (28).

Las estructuras dentales que se exponen al calor en los diferentes grados de temperatura pueden experimentar los siguientes cambios (figura 1):

- Estructura dental intacta.
- Quemado (manchado superficialmente y cambio de color).
- Carbonizado (reducido a carbón por combustión incompleta).
- Incinerado (reducido a cenizas).
- Estallado (29).

FIGURA 1

CARACTERÍSTICAS DE ÓRGANOS DENTALES CARBONIZADOS DE UNA MISMA VÍCTIMA



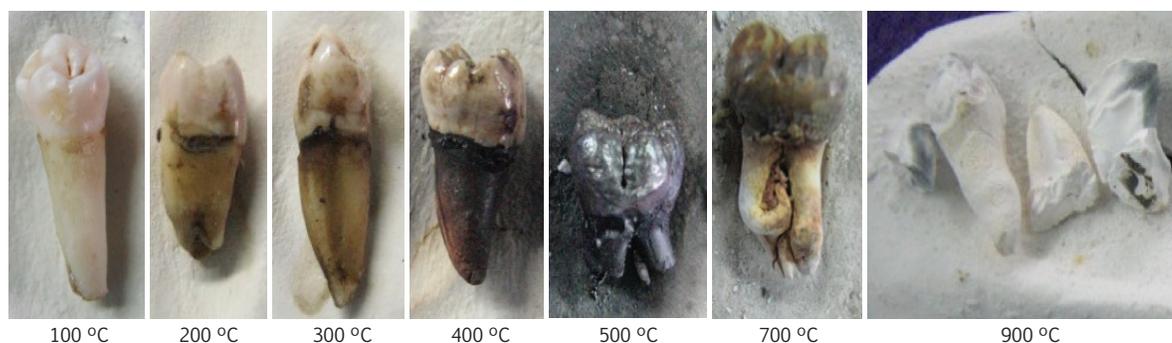
Fuente: propia de las autoras (INMLCF Barranquilla, Colombia).

Las estructuras sometidas a la acción del fuego son muy frágiles y susceptibles de sufrir alteraciones durante las maniobras de apertura bucal, por lo que debe protegerse su integridad y almacenar información suficiente mediante la toma de registros dentales, radiografías, fotografías, impresiones y modelos de yeso, antes de iniciar cualquier procedimiento de identificación (29).

A pesar de que los dientes son muy resistentes al cambio de temperatura cuando el calor excede ciertos grados, se produce un cambio de color tanto en el esmalte como en la dentina. En el esmalte se pierde agua (30) y ello

provoca un aclaramiento, así como una mayor opacidad, que se incrementa conjuntamente con el aumento de la temperatura; de igual manera, se fractura el tercio cervical y se separa la dentina, con lo que se desprende la corona a manera de casquete. Además, una vez la dentina se carboniza, se reduce el volumen radicular desde los 800 °C (31,32). En la dentina, el aumento de temperatura cambia el color hacia un marrón claro, que se va oscureciendo a medida que se elevan los grados. La velocidad del cambio de color es mayor cuanto más rápido haya sido el aumento de los grados de temperatura (33,34). En efecto, debido a la resistencia de los tejidos duros de los dientes a las acciones ambientales como la incineración, la inmersión, el trauma o la descomposición, el tejido de la pulpa es una excelente fuente de ADN (35). Diversos autores coinciden en afirmar que las características macroscópicas de órganos dentales quemados varían según el grado de temperatura implementado, incluso algunos han llegado a alcanzar desde 100 °C hasta más de 1000 °C; igualmente, según sea la modalidad de quema, si se emplean aceleradores de combustión (gas, gasolina, petróleo, etc.), entre otras sustancias volátiles (38-45) (figura 2).

FIGURA 2  
CAMBIOS MACROSCÓPICOS DENTALES A DIFERENTES TEMPERATURAS



Fuente: propia de las autoras (INMLCF Barranquilla, Colombia).

### El ADN pulpar en la identificación forense

El ADN se encuentra contenido en los elementos celulares del tejido pulpar dental (odontoblastos, fibroblastos y células endoteliales). Este, como tejido conectivo laxo especializado, está rodeado por otros tejidos duros. La pulpa forma la dentina, que constituye la mayor parte del volumen del diente, que se denomina *complejo pulpodentinario*, por la íntima relación existente entre pulpa y dentina (36). Otras localizaciones anatómicas del ADN dentro del órgano dental son los túbulos dentinales, el tejido blando dentro de los conductos accesorios, el cemento celular y fibras del ligamento periodontal. El ADN, al mismo tiempo, está constituido molecularmente por bases de nitrógeno encadenadas que forman una doble hélice. Es la molécula que contiene la información esencial sobre un organismo y se encuentra localizada en los núcleos de cada una de sus células (29).

En la estructura del ADN existen dos lugares esencialmente sensibles a la hidrólisis: los enlaces fosfodiéster, que unen las diferentes desoxirribosas entre sí, y los enlaces glicosídicos, que conectan estas a las bases nitrogenadas. La rotura de los enlaces fosfodiéster quiebra la cadena de ADN,

y la de los enlaces glicosídicos suele provocar la pérdida de las bases nitrogenadas y la formación de sitios apurínicos (AP sites) o sin base (*baseless*) en un proceso conocido como *depurinización* o *depirimidización*. Este proceso tiene lugar *in vivo* aproximadamente cada 10 horas, aunque puede haberse acelerado por factores como el aumento de la temperatura (en el caso de quemaduras o incineración), la fuerza iónica del entorno, el pH y la presencia de metales pesados, lo que provoca degradación y desaparición del ADN (37).

La cavidad oral es una fuente útil de ADN, ya que se obtiene a partir de la saliva, las células de la mucosa oral y de órganos dentales. La fuente principal del ADN es la sangre, aunque en diferentes situaciones de este tipo de muestra no está disponible para el análisis. Para la obtención de ADN en la identificación forense de dientes incinerados (38) se emplean los siguientes métodos:

#### Método ADN genómico

El ADN genómico se encuentra en el núcleo de cada célula y representa la fuente principal de ADN para la mayoría de las aplicaciones forenses (si no hay núcleos, y por lo tanto no hay ADN en los eritrocitos) (39,40). Cuando los tejidos del cuerpo se han descompuesto y hasta cierto grado se han quemado, las estructuras del esmalte y el complejo pulpodental pueden persistir, por lo cual se hace necesario extraer el ADN de los tejidos calcificados. En el laboratorio se debe emplear la molienda criogénica, donde un molino congelador con un émbolo ferromagnético oscila hacia atrás y hacia adelante en la alternancia de la corriente eléctrica, usando nitrógeno líquido, que se utiliza para enfriar la muestra, la cual es extremadamente frágil, pero protege al ADN de la degradación de calor. El órgano dental se reduce a polvo, a efectos de aumentar la superficie y exponer las células atrapadas con agentes bioquímicos que liberan ADN o suficiente material biológico para el análisis de reacción en cadena a la polimerasa (PCR). Finalmente, este análisis produce un perfil de ADN que se puede comparar con las muestras *ante mortem* conocidas (cabello, uñas, sangre almacenada, frotis, etc.) o también llamado ADN paternal (39,40).

#### Método ADN mitocondrial

Las células de la víctima también contienen ADN mitocondrial (ADNmt), que se puede buscar para ayudar en la identificación forense. La principal ventaja del ADNmt es que se encuentra en un alto número de copias en cada célula, causado por el elevado número

de mitocondrias presentes (41). Esto es aplicable en los casos en que no se pueda analizar el ADN genómico, posiblemente debido a que esté demasiado degradado, pero el ADNmt puede estar presente en cantidad suficiente. Además de su mayor número de copias, el ADNmt se hereda por vía materna. Este patrón de herencia materna confiere la misma secuencia de ADNmt, salvo mutaciones, a los hermanos y todos sus parientes maternos. Así mismo, tiene importantes implicaciones para la identificación de individuos para los cuales no existe una muestra de comparación antes de la muerte. Aunque el ADN mitocondrial se encuentra todavía desde la infancia, en investigación e identificación forense se considera una técnica poderosa que probablemente se convierta en la más usada en el futuro (41,42).

## DISCUSIÓN

Diferentes estudios han demostrado la gran utilidad de los dientes para identificar cuerpos a través del ADN extraído de pulpa dental, debido a la alta resistencia de los órganos dentales a las altas temperaturas. Autores como Sweet y Sweet (38), en su trabajo "Análisis del ADN de la pulpa dental de los restos incinerados de una víctima por homicidio en la escena del crimen para la identificación de un cadáver", emplearon la carta dental que evidenció que poseía restauraciones en oro, plata y un diente supernumerario (*mesiodens*). Le fueron extraídos los cuatro terceros molares incluidos, y por medio del ADN pulpar se pudo identificar a la víctima (38). Así mismo, Moreno (31) describió el comportamiento de los tejidos dentales y de cuatro materiales de uso odontológico al ser sometidos a la acción de altas temperaturas: amalgama de plata, resina compuesta, ionómero de vidrio y cemento de óxido de zinc modificado. El resultado fue que los tejidos dentales y los cuatro materiales estudiados presentan gran resistencia a las altas temperaturas, sin variar considerablemente su estructura, de tal manera que pueden llegar a identificarse, pues en cada rango de temperatura presentaron cambios físicos característicos y repetitivos como estabilidad dimensional, fisuras, grietas, fracturas, textura, color, carbonización e incineración.

En semejanza con los anteriores autores, Vázquez y colaboradores (43), en un estudio experimental *in vitro*, observaron los cambios físicos macroscópicos de los tejidos dentales y de los materiales de uso odontológico empleados comúnmente en endodoncia. Identificaron

que en 124 dientes humanos sometidos a cinco rangos de temperatura (200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C y 1000 °C) existieron cambios específicos diferentes y trascendentales en cada rango (color, textura, fisuras, grietas, fracturas y fragmentación), lo que brindó aún más información sobre los grados de temperatura que se pudieron alcanzar.

Investigaciones realizadas por Tsuchimochi y colaboradores (44) describieron la extracción de ADN basada en la resistencia de la pulpa dental por la determinación del sexo con dientes incinerados utilizando PCR. Los dientes se colocaron en un horno a 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, durante dos minutos. En los resultados se halló que la ampliación de ADN por el método Cheflex y por PCR fue posible solo en los dientes sometidos hasta 300 °C. A partir de los 400 °C no se obtuvieron resultados, debido a que resultó muy difícil la extracción pulpar, ya que se encontraba carbonizada.

Estos resultados son semejantes a los reportados por Remualdo (45), quien evaluó la amplificación por PCR de ADN recuperado de los dientes sometidos al calor (200 °C, 400 °C, 500 °C y 600 °C) durante 60 minutos. Con la prueba de métodos de extracción de ADN genómico utilizando el método orgánico, donde el 50 % de las muestras se sometieron a la quema amplificada, pero solo a temperaturas más bajas (200 °C y 400 °C), se pudo obtener adecuadamente el ADN. A temperaturas más altas (500 °C y 600 °C), la técnica de amoniaco como método de extracción de acetato de isopropanol dio mejores resultados, sobre todo para la extracción de ADNmt. Varios autores coinciden con los anteriores planteamientos, al afirmar a la vez que entre menor sea la temperatura a la que fue sometido el cadáver, mayor es la accesibilidad a su ADN celular pulpar (46-48).

## CONCLUSIONES

La presente revisión bibliográfica marca la pauta para impulsar y aplicar nuevos estudios *post mortem* e investigaciones puras que identifiquen, con razonable seguridad, a víctimas cuyos órganos dentales han sido sometidos a altas temperaturas. Estas contribuciones se ven hoy dimensionadas mediante la identificación de víctimas a través del aislamiento de ADN (genómico y mitocondrial) obtenido de la pulpa en aquellos cadáveres carbonizados y constituyen una alternativa para obtener plena certeza de la identidad de esta,

especialmente en aquellos casos donde los órganos dentales, por su naturaleza y constitución anatómica, se convierten en las únicas evidencias disponibles para adelantar este proceso.

La mayoría de autores consultados resaltan en sus investigaciones la aplicación de diferentes rangos y grados altos de temperatura para determinar la resistencia de los dientes, en los cuales no solo 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. En la mayoría de los casos es rescatable tejido pulpar para extracción de ADN, el cual debe ser tenido en cuenta para la aplicación del método de identificación genético-forense.

## AGRADECIMIENTOS

A las doctoras Sandry Ospino Mojica y Melissa Charris Nigro, de la Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia.

## REFERENCIAS

1. Reddy G, Reddy VP, Sharma M, Aggarwal M. Role of orthodontics in forensic odontology- a social responsibility. J Clin Diagn Res. 2016 Apr;10(4): ZE01-3.
2. Charan BK. Look into research in forensic odontology. J Forensic Dent Sci. 2016 Jan-Apr; 8(1):1.
3. Gambhir RS, Singh G, Talwar PS, Gambhir J, Munjal V. Knowledge and awareness of forensic odontology among dentists in India: A systematic review. J Forensic Dent Sci. 2016; 8(1): 2-6.
4. Marthe AM, Moreno SL. Comportamiento del homicidio en Colombia 2014. Forensis. Datos para la Vida. 2015; 16(1): 91-130.
5. Berketa J, James H, Langlois N, Richards L. The use of incinerated pig head in dental identification simulation. J Forensic Odontostomatol. 2015; 33(2): 1-8.
6. Marín L, Moreno F. Odontología forense: identificación odontológica de individuos quemados, reporte de dos casos. Rev Estomatol. 2004; 12: 57-70.
7. Delattre VF. Burned beyond recognition: Systematic approach to the dental identification of charred human remains. J Forensic Sci. 2000; 45: 589-96.
8. Sweet D, Hildebrand DP, Phillips D. Identification of a skeleton using DNA from teeth and PAP smear. J Forens Sci. 1999; 44: 630.

9. Rodríguez JV. Introducción a la antropología forense. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 1999.
10. Moreno S, Moreno F. Antropología dental: una herramienta valiosa para fines forenses. *Rev Estomatol*. 2002; 10(2): 29-42.
11. Ruiz-Garzón G. Bertillon and Galton: Probabilistic arguments related to the identification of criminals. *Boll Estad Invest Oper*. 2013; 29(2): 129-40.
12. Khalid K, Yousif S, Satti A. Discrimination potential of root canal treated tooth in forensic dentistry. *J Forensic Odontostomatol*. 2016;1(34):19-26.
13. Comité Internacional de la Cruz Roja. Personas desaparecidas, análisis forense de ADN e identificación de restos humanos. Guía sobre prácticas idóneas en caso de conflicto armado y de otras situaciones de violencia armada. 2° ed. Ginebra, Suiza; 2010.
14. Keyes CA, Hill L, Gordon GM. An appraisal of decomposition cases received at the Johannesburg forensic pathology service medico-legal mortuary during 2010-2011. *J Forensic Sci*. 2016; 61(2): 452-7.
15. Bruckner J, Reyes S. Métodos científicos de identificación de cadáveres. [Trabajo de pregrado para optar al título de abogado]. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; 2005. pp. 9-10.
16. Departamento de Justicia de los Estados Unidos. Programa internacional para el adiestramiento en la investigación criminal (ICITAP). Crímenes Violentos. Washington, DC, Estados Unidos: 1991. p. 51.
17. Estupiñán D. La odontología forense. Documento procedente del 1er Simposio Nacional de Ciencias Forenses y el Nuevo Sistema Acusatorio; Bogotá, Colombia; 2005.
18. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). Identificación de cadáveres en la práctica forense. Bogotá, Colombia: INMLCF; 2009. pp. 22-4.
19. Instituto de Ciencias Forenses Criminalística e Investigación Criminal. Métodos científicos de identificación de cadáveres. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Jurídicas; 2005.
20. Ley 38/1993 del 15 de enero de la República de Colombia, por la cual se unifica el sistema de dactiloscopia y se adopta la carta dental para fines de identificación (Diario Oficial 40.724, de 19-01-1993).
21. Rodríguez J, Polanco H, Valdés Y, Casas A. Odontología forense. Bogotá, Colombia: Ecoe; 1995.
22. Trelliso, L. La acción del fuego sobre el cuerpo humano: la antropología física y el análisis de las cremaciones antiguas. *Cypsela* 13; 2001. p. 8.
23. Norrlander AL. Burned and incinerated remains. En: Bowers CM, Bell GL, editores. *Manual of forensic odontology*. 3a ed. Colorado Springs, CO: American Society of Forensic Odontology; 1997. pp. 16-7.
24. Bohnert M. The degree of destruction of human bodies relation to the duration of the fire. *Forensic Sci Int*. 1998; 95: 11-21.
25. Moya V. Odontología legal y forense. 1ª ed. Barcelona, España: Masson; 1994.
26. Mazza A. Observations on dental structures when placed in contact with acids: Experimental studies to aid identification processes. *J Forensic Sci* 2005; 50: 406-10.
27. Ferreira JL, Espina AI, Barrios FA, Mavárez MG. Conservación de las estructuras orales y faciales del cadáver quemado. *Cienc Odontol*. 2005; 2(1): 72-83.
28. Pittayapat P, Jacobs R, De Valck E, Vandermeulen D, Willems G. Forensic odontology in the disaster victim identification process. *J Forensic Odontostomatol*. 2012; 30(1): 1-12.
29. Torneck CD. El complejo pulpodentinario. En: Ten Cate AR, editor. *Histología oral: desarrollo, estructura y función*. 2ª ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 1986. pp. 190-235.
30. Espina A. Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Cien Odontol*. 2004; 1: 38-51.
31. Moreno S. Effects of high temperatures on different dental restorative systems: Experimental study to aid identification processes. *J Forensic Dent Sci*. 2009; 1(1): 17-23.
32. Bachmann L, Sena T, Stolf F, Zezell M. Dental discoloration after thermal treatment. *Arch Oral Biol*. 2004; 49: 233-8.
33. Berrsche Endris R. Color change in dental tissue as a sign of thermal damage. *Z Rechtsmed* 1985; 94: 109-20.
34. Saxena S, Sharma P, Gupta N. Estudios experimentales de odontología forense para ayudar en el proceso de identificación. *J Forensic Sci Dent*. 2010; 2: 69-76.
35. Barrancos MJ, Barrancos PI. *Operatoria dental: integración clínica*. 4ª ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2006.
36. Girish KL, Farzan SR, Shoab RT. Dental DNA fingerprinting in identification of human remains, 2010; 2: 263-8.
37. Muruganandhan J, Sivakumar G. Aspectos prácticos de estudios forenses basadas en ADN en odontología. *J Forensic Sci Dent*. 2011; 3: 38-45.
38. Sweet DJ, Sweet CH. DNA Analysis of dental pulp to link incinerated remains of homicide victim to crime scene. *J Forensic Sci YFSCA*. 1995; 40(2): 310-4.
39. Moreno S, León M, Marim L, Moreno F. Comportamiento *in vitro* de los tejidos dentales y de algunos materiales de obturación dental, sometidos a altas temperaturas con fines forenses. *Colomb Med*. 2008; 39(1): 1-18.
40. Sweet DJ, Hildebrand D. Recuperación de ADN de los dientes humanos mediante molienda criogénica. *J Sci Forense* 1998; 43: 1299-302.

41. Hutchison CA, Newbold JE, Potter SS, Edgell MH. Herencia materna del ADN mitocondrial de los mamíferos. *Naturaleza*. 1980; 251: 536-8.
42. Malaver PC, Yunis JJ. Different dental tissues as source of DNA for human identification in forensic cases. *Croat Med J*. 2003 Jun; 44(3): 306.
43. Vázquez L, Rodríguez P, Moreno F. 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 Odontol Mex*. 2012; 16(3): 171-81.
44. Tsuchimochi T, Iwasa M, Maeno Y, Koyama H, Inoue H, Isobe I, Motoba R, Yokoi M, Nagao M. Chelating resin-based extraction of DNA from dental pulp and sex determination from incinerated teeth with Y-chromosomal alphoid repeat and short tandem repeats. *Am J Forensic Med Pathol*. 2002; 23: 268-71.
45. Remualdo VR. Assessment of three methods of extraction of DNA of teeth of humans subjected to heat [dissertation]. São Paul, SP: Faculty of Dentistry, University of São Paul; 2004.
46. Da Silva RH, Sales-Peres A, de Oliveira RN, de Oliveira FT, Sales-Peres SH. Use of DNA technology in forensic dentistry. *J Appl Oral Sci*. 2007; 15: 156-61.
47. Sobrino B, Brión M, Carracedo A. SNPs in forensic genetics: A review on SNP typing methodologies. *Forensic Sci Int*. 2005; 154: 181-94.
48. Koyama H, Iwasa M, Ohtani S, Ohira H, Tsuchimochi T, Maeno Y, Isobe I, Matsumoto T, Yamada Y, Nagao M. Personal identification from human remains by mitochondrial DNA sequencing. *Am J Forensic Med Pathol*. 2002; 23: 272-6.

## CORRESPONDENCIA

María del Socorro Barraza Salcedo  
mdsbarraza@hotmail.com

Martha Leonor Rebolledo Cobos  
mrebolledo@unimetro.edu.co