

Artículo original

# Análisis macroscópico de los tejidos dentales y periodontales de cerdo (*Sus domesticus*) sometidos a altas temperaturas.

## Macroscopic analysis of dental and periodontal tissues of pig (*Sus domesticus*) exposed to high temperatures

Sebastián MEDINA<sup>1</sup>, Sandra HENAO<sup>1</sup>, Viviana MUÑOZ<sup>1</sup>, Carolina LÓPEZ<sup>1</sup>, Juan-Esteban GUTIÉRREZ<sup>1</sup>, Adriana HERRERA<sup>2</sup>, Freddy MORENO<sup>3</sup>

1. Estudiantes de Odontología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). 2. Odontóloga, Especialista en radiología Oral y Maxilofacial, Profesora Escuela de Odontología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). 3. Odontólogo, Magíster en Ciencias Biomédicas, Profesor Escuela de Odontología de la Universidad del Valle (Cali, Colombia), Profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Pontificia Universidad Javeriana (Cali, Colombia).

### RESUMEN

**Objetivo:** Describir los cambios físicos macro-estructurales de los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) y periodontales (mucosa oral, hueso compacto alveolar y hueso esponjoso alveolar) de cerdo doméstico sometidos a altas temperaturas.

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio observacional descriptivo de naturaleza pseudo-experimental *in Vitro* para observar los cambios físicos macro-estructurales de los tejidos dentales y periodontales en 25 dientes de cerdo doméstico sometidos a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C).

**Resultados:** Los tejidos dentales y periodontales estudiados presentan gran resistencia al someterse a altas temperaturas sin variar considerablemente su macro-estructura. A 200°C hay cambios de color y aparecen fisuras en esmalte. A 400°C aumentan las fisuras y hay separación entre los tejidos duros, iniciando

la carbonización. A 600°C las fracturas en los tejidos dentales y hueso son más evidentes. A 800°C inicia incineración de los tejidos. A 1000°C no hay evidencia de tejidos blandos, hay estallido de la corona y fragmentación del tejido óseo.

**Conclusiones:** El análisis macroscópico de los dientes de cerdo doméstico articulados en sus respectivas unidades alveolo-dentarias se constituye en un modelo experimental que simula de manera fehaciente el comportamiento de los tejidos dentales y periodontales al ser sometidos a altas temperaturas, sin embargo, se recomienda realizar un estudio en dientes humanos articulados en su respectiva unidad alveolar, para determinar si dichos cambios se repiten y son extrapolables, para ser empleados en procesos de identificación odontológica y documentación de la necropsia médico-legal en el caso de cadáveres o restos humanos quemados, carbonizados o incinerados.

**Palabras clave:** Odontología forense, cerdo doméstico (*Sus domesticus*), tejidos dentales y periodontales, altas temperaturas, modelo experimental animal.

### SUMMARY

**Objective:** To describe the physical changes of macro-structural dental tissues (enamel, dentin and cement) and periodontal

(oral mucous membrane, alveolar compact bone and cancellous alveolar bone) of domestic pig (*Sus domesticus*) exposed to high temperatures.

**Materials and methods:** This descriptive study observed the physical changes in macro-structural dental tissues and periodontal in 25 teeth of domestic pigs subjected to high temperatures (200°C, 400°C, 600°C, 800°C and 1000°C).

**Results:** Dental and periodontal tissues studied show great resistance when subjected to high temperatures without changing significantly their macro-structure. At 200°C no color changes and cracks appear in the enamel. At 400°C there was an increase of the fissure and no separation between the hard tissues, initiating carbonization. At 600°C fractures in the dental tissues and bone are most apparent. At 800°C burning of the tissues initiated. At 1000°C there was no evidence of soft tissue.

**Conclusions:** Macroscopic analysis of the teeth articulated in their alveolar-dental units constitutes an experimental model that simulates the changes of dental and periodontal tissues exposed to high temperature. It is recommended to conduct a study on human teeth in their respective unit articulated alveolar to determine whether the macro-structural physical changes described are repeated and can be extrapolated, and which can eventually be used during

Recibido para publicación: Septiembre 30 de 2012

Aceptado para publicación: Enero 26 de 2013

Correspondencia:

A. Herrera, Universidad del Valle  
adrianaherrera65@hotmail.com

the process of dental identification and documentation of the medical legal autopsy used in the case of bodies or human remains burned, charred and burned.

**Key words:** Forensic dentistry, domestic pig (*Sus domesticus*), dental and periodontal tissues, temperature exposition, animal model.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de identificación forense consiste en el examen minucioso de los tejidos blandos y duros que conforman el sistema estomatognático en busca de evidencia física y/o lesiones que puedan contribuir a establecer la identidad de un individuo, desvirtuar o confirmar un testimonio, o vincular de manera objetiva a un victimario con la víctima y con la escena; de tal manera que hace parte no solo del proceso de identificación odontológica sino también de la documentación de la necropsia médico-legal (1).

Este proceso de identificación puede ser comparativo lo cual permite cotejar los registros odontológicos antemortem (obtenidos de la historia clínica, ayudas diagnósticas y exámenes complementarios.), postmortem (información que se obtiene del cadáver) y reconstructivo (cadáveres en avanzado estado de descomposición, carbonizados o en reducción esquelética o restos humanos que requieren una reconstrucción facial). Dicho cotejo puede generar resultados fehacientes a partir de la aplicación de métodos científicos legales como resultado de la comparación de evidencias dubitadas e indubitadas (2).

Para el caso de cadáveres o restos humanos quemados, carbonizados o incinerados, la alteración de los elementos de prueba (incluidos los dientes) pueden presentar variaciones de acuerdo al tiempo de exposición a las altas temperaturas y origen del fuego ocasionan cambios en la combustión de los tejidos biológicos blandos y mineralizados (3). Es por ello que las quemaduras corporales han sido clasificadas en cinco cate-

gorías: 1. Quemaduras superficiales; 2. Áreas de la epidermis destruidas; 3. Destrucción de la epidermis y dermis y áreas de necrosis en tejidos subyacentes; 4. Destrucción total de la piel y tejidos profundos; y 5. Restos cremados. Usualmente los odontólogos son llamados a asistir la identificación de víctimas quemadas en tercer, cuarta y quinta categoría en donde la destrucción de los tejidos es extensa y no pueden ser identificadas por los métodos convencionales, reconocimiento visual o huellas dactilares (4), por lo que el proceso de identificación a través de los dientes de un individuo quemado, carbonizado o incinerado se realizará comparando los registros post-mortem con la historia clínica odontológica antemortem (5,6), aprovechando que los dientes son las estructuras más resistentes del cuerpo humano (resisten temperaturas de hasta 1000°C sin pérdida importante de su micro-estructura), sobreviviendo casi intactos mucho tiempo después luego que los tejidos blandos y esqueléticos se han destruido por incineración (7,8).

Por tanto, El propósito de este estudio es analizar un grupos de premolares mandibulares de cerdo doméstico (*Sus domesticus*) articulados en sus respectivos alvéolos y sometidos a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C y 1000°C), con el fin de implementar un modelo experimental animal que permita explicar los cambios físicos macro-estructurales de los tejidos dentales y periodontales, para identificar y obtener marcadores repetitivos que puedan ser extrapolables al ser humano y que contribuyan con los procesos forenses de identificación odontológica y del procedimiento de documentación de la necropsia médico-legal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este es un estudio observacional transversal de tipo descriptivo y de naturaleza pseudo-experimental que analizó los cambios macroscópicos de 25 premolares mandibulares de cerdo domestico (*Sus domesticus*) sometidos a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C y 1000°C)

cuyos tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) y periodontales (mucosa oral, hueso compacto alveolar y hueso esponjoso alveolar) se encontraran clínicamente en buen estado.

## Recolección de la muestra

Una vez que el Comité de Ética Animal de la Universidad del Valle de acuerdo con la Resolución 8430 del Ministerio de Protección Social (9) dio el aval para dar inicio al estudio, se procedió a la recolección por conveniencia de la muestra. Es importante aclarar que éste estudio no representó ningún riesgo debido a que las mandíbulas de cerdo se obtuvieron de centrales de alimentos y no de animales de experimentación.

## Manejo y conservación de la muestra

Una vez obtenidas las mandíbulas de cerdo y antes que se interrumpiera la cadena de frío, fueron obtenidos 30 premolares articulados en su respectiva unidad alveolar, a partir de secciones sagitales en sentido longitudinal mediante el empleo de una sierra manual, preservando la mucosa oral de revestimiento, el tejido óseo y los tejidos dentales. Cada espécimen fue depositado de forma individual en un recipiente plástico que contenía formol buferado (100 ml de formol al 37%, 900 ml de agua destilada, 0.4 ml de sodio-fosfato monobásico y 0.65 ml de sodio-fosfato dibásico) para fijar los tejidos y evitar su descomposición (10).

Antes de la aplicación de altas temperaturas, a cada uno de los especímenes se les tomaron fotografías digitales con una cámara digital Canon® Power Shot A-640® con ayuda de un trípode horizontal por sus superficies vestibular, mesial y distal.

## Aplicación de altas temperaturas

Este procedimiento se realizó con base al protocolo técnico y científico establecido en la Unidad de Materiales Dentales del Departamento de Odontoestomatología de la Universidad de Pavia (Italia) (11) y con base en los estudios realizados por el Grupo

de Investigación Cirugía Oral y Maxilofacial de la Universidad del Valle (12,13).

Luego de fijados los especímenes, estos fueron clasificados de forma aleatoria en dos grupos; diez especímenes conformaron un grupo control a los que no se les sometió a altas temperaturas y 25 especímenes conformaron el grupo intervención a los que se les sometió a altas temperaturas (Tabla 1).

De esta forma, los especímenes del grupo intervención se colocaron en bandejas individuales de revestimiento refractario (Cera-Fina® Whipmix®) para facilitar su manipulación y se sometieron al calor directo dentro de un horno tipo mufla (Thermolyne®) previamente calibrado a cinco diferentes rangos de temperatura (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C) con una tasa de ascenso de 10°C por minuto desde una temperatura inicial de 30°C hasta alcanzar cada una de las temperaturas propuestas. Por ejemplo, se introdujeron los cinco especímenes correspondientes al grupo de 200°C, cada uno en su respectiva bandeja, en un rango de temperatura de 30°C a 200°C, se dejó enfriar el horno de nuevo a temperatura ambiente y se procedió a sacar las bandejas con los especímenes.

Luego se introdujeron los cinco especímenes del grupo 400°C, cada uno en su respectiva bandeja, en un rango de temperatura de 30°C a 400°C, se dejó enfriar el horno de nuevo a temperatura ambiente y se procedió a sacar las bandejas con los especímenes. Así sucesivamente para los grupos de los especímenes de 600°C, 800°C y 1000°C.

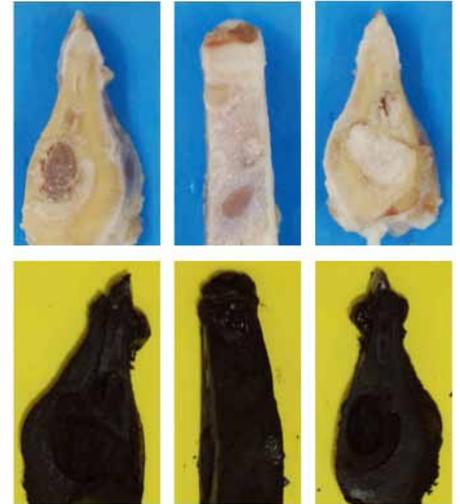
Un diente articulado en su respectivo alvéolo al ser expuesto a altas temperaturas puede sufrir los siguientes cambios: a. Quedar intacto; b. Quemado (cambio de color y formación de fisuras y grietas); c. Carbonizado (reducido a carbón por combustión incompleta); d. Incinerado (reducido a cenizas); y e. Estallado (estallido dental-radicular y coronal- y óseo), por lo tanto los especímenes fueron rociados con laca para cabello con el fin de conferirles solidez estructural y facilitar su manipulación (6).

**Tabla 1. Clasificación de la muestra**

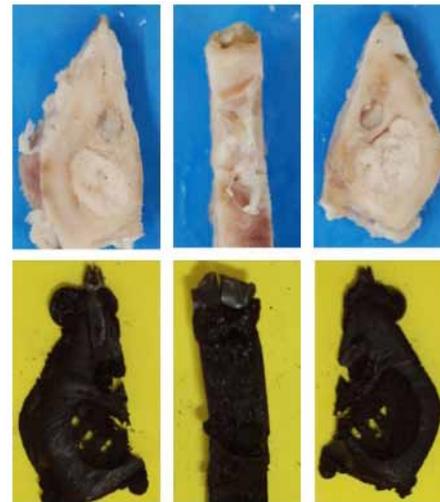
Grupo control		Grupo Intervención				
0°C	200°C	400°C	600°C	800°C	1000°C	
5	5	5	5	5	5	



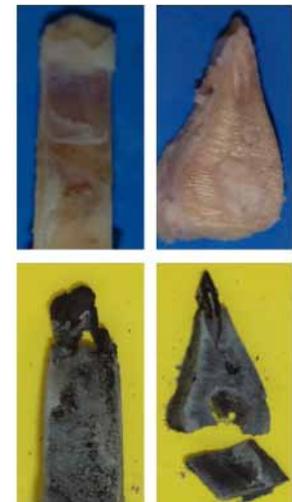
**Figura 1.** Especimen antes y después de ser sometido a 200°C.



**Figura 2.** Especimen antes y después de ser sometido a 400°C.



**Figura 3.** Especimen antes y después de ser sometido a 600°C.



**Figura 4.** Especimen antes y después de ser sometido a 800°C.

### Observación

Posterior a la aplicación de la temperatura, los especímenes fueron fotografiados con una cámara digital Canon® Power Shot A-640® con ayuda de un trípode horizon-

tal por sus superficies vestibular, lingual, mesial, distal y oclusal.

### RESULTADOS

El análisis físico macroscópico se realizó

comparando las fotografías digitales iniciales con las fotografías digitales de los especímenes después de ser sometidos a altas temperaturas, a partir de los cambios en los tejidos dentales (esmalte, dentina y su interfase) y periodontales (hueso alveolar y espacio del ligamento periodontal), teniendo como referencia la temperatura a la que fue sometido cada espécimen.

#### 200°C

En los especímenes se observa retracción de los tejidos blandos asociado a deshidratación y un color más opaco como causa de la combustión de los componentes orgánicos.

A nivel de los tejidos duros, al disecar los tejidos blandos se aprecia la cortical del hueso compacto alveolar opaca, al igual que el hueso esponjoso, cuyos espacios inter-trabeculares se encuentran ampliados asociado a la pérdida de la médula ósea.

A nivel de la corona de los dientes se observa pérdida de brillo en el esmalte, el cual adquiere a su vez una coloración parda con los rebordes cuspídeos blancos. En algunos especímenes se observan fisuras en el esmalte a nivel del tercio cervical. En los cortes longitudinales se observan fisuras en el esmalte y grietas en la dentina coronal (Figura 1).

#### 400°C

Se observó una mayor retracción de los tejidos blandos hacia la parte cervical de los dientes, constituyendo en algunos de ellos un nódulo redondeado y carbonizado.

Luego de disecar los tejidos blandos el hueso cortical se observa de color marrón asociado al inicio del proceso de carbonización y se visualizan líneas de fractura de disposición longitudinal y transversal a lo largo del hueso compacto. En el hueso esponjoso no se pueden apreciar con claridad los espacios inter-trabeculares, debido al proceso de carbonización. La corona dental se observa más opaca y aparecen

unas pigmentaciones pardas. En los cortes longitudinales, el esmalte y la dentina, de color marrón oscuro, presentan fisuras transversales que ocasionan que ambos tejidos empiecen a separarse en la interfase de la unión amelo-dentinaria. Del mismo modo, en la dentina coronal y radicular se observan fracturas longitudinales y transversales que en algunos casos se extienden hacia el esmalte y el cemento respectivamente. Es también posible observar separación del cemento del alvéolo asociado a pérdida del ligamento periodontal.

Respecto al tejido óseo, la cortical de hueso compacto se observa más delgada al igual que las trabéculas del hueso esponjoso, lo que ocasiona que los espacios inter-trabeculares se aprecien más amplios (Figura 2).

#### 600°C

Se observa carbonización completa y pérdida de la integridad con la presencia de muy pocos remanentes de tejidos blandos. En el hueso compacto y esponjoso se visualizan grietas longitudinales y en algunos especímenes se empiezan a observar la presencia de fracturas transversales. La corona se torna de color café intenso con algunas pigmentaciones negras y presenta un aspecto cuarteado.

En los cortes longitudinales la separación entre el esmalte y la dentina se hace más evidente, esta última ya se encuentra totalmente carbonizada y con fracturas evidentes. Resulta también muy evidente la pérdida de estabilidad dimensional de los especímenes los cuales se han disminuido su tamaño asociado a la pérdida de la matriz orgánica y a la deshidratación. Respecto al tejido óseo se resalta la pérdida de altura de las crestas óseas y de la cresta inter-radicular a nivel de la furca (Figura 3).

#### 800°C

Se observó pérdida completa de los tejidos blandos debido a su incineración. El hueso cortical y esponjoso, agrietados y fracturados, se observan gris azulado con



**Figura 5.** Especimen antes y después de ser sometido a 1.00°C.

vetas negras y blancas que se constituyen en signo de inicio de la incineración. La corona dental presenta fracturas las cuales abarcan el esmalte y la dentina.

En los cortes longitudinales se observa fragmentación del esmalte y la dentina a nivel de la unión amelo-dentinaria, fragmentación de la dentina radicular por fracturas transversales, desarticulación de los dientes del alveolo y disminución del tamaño de los especímenes (Figura 4).

#### 1000°C

Los especímenes incinerados de color blanco tiza, algunos de ellos fragmentados, se observan sin rastros de tejidos blandos. En el hueso cortical se observan grietas en todos los sentidos que se continúa con el hueso esponjoso. En la corona dental, el esmalte se separa de la dentina a manera de un casquete por pérdida de continuidad de la unión amelo-dentinaria. El esmalte se observa fragmentado y la dentina, aún con signos de carbonización remanentes (vetas negras) se aprecia fragmentada.

En los cortes longitudinales, se observan fracturas que se continúan del esmalte a la dentina y en algunos casos pueden llegar

a proyectarse hasta el tejido óseo hasta la fragmentación. El espacio inter-trabecular no conserva ningún tipo de patrón debido a fractura de las trabéculas (Figura 5).

## DISCUSIÓN

En una primera fase de estudios principalmente descriptivos a partir de unas pocas muestras, Moya *et al* (14), indicaron que por acción del calor, los tejidos dentales sufren alteraciones dependiendo de la temperatura que se alcance, de la curva de elevación de la misma y del tiempo de exposición, los cual había sido sugerido por Günther y Schmidt -citados por Röttscher *et al* (15)- desde 1953.

En 1975 Harsángi (16) manifestó que conforme aumenta la temperatura ealizó se presentan cambios morfológicos en la estructura de los tejidos dentales asociados a pérdida de la matriz orgánica y organización globular atípica de la matriz inorgánica.

En 1987 Wilson y Massey (17) analizaron los cambios del esmalte y la dentina en dientes humanos sometidos a altas temperaturas concluyendo que estos aún pueden ser identificados después de su incineración a los 1000°C.

En 1991 Nossintchoux -citado por Moya *et al* (14)- describe alteraciones colorimétricas y estructurales de los dientes al ser sometidos a diferentes temperaturas.

En 1999 Myers *et al* (18), realizaron un estudio en el que examinaron los cambios microscópicos de los tejidos asociados a la temperatura.

En una segunda fase de estudios con metodología estandarizada, Merlati *et al* (11) sometieron a altas temperaturas dientes intactos y observaron cambios macroscópicos considerables a partir de 600°C. Estos investigadores en otro estudio (19), aplicaron altas temperaturas a dientes sin restauraciones, observando que en cada rango de temperatura se presentan cambios

que se repiten en diferentes muestras.

En 2004 Espina *et al* (20), realizaron un estudio observacional de los cambios de los tejidos dentales en dientes extraídos sometidos al calor directo de una llama con el objetivo de describir el comportamiento de los tejidos duros en relación con la edad cronológica, en donde los dientes jóvenes mostraron preferentemente un patrón de fractura longitudinal y otro, recto con ramificaciones laterales, en tanto que, los dientes envejecidos revelaron un patrón reticular. Microscópicamente, los dientes jóvenes revelaron la pérdida de la unión amelo-dentinaria, manteniéndose la integridad de los tejidos. En los dientes envejecidos, la unión amelo-dentinaria se perdió a expensas de la ruptura de la dentina.

En 2007 Moreno *et al* (12), describieron el comportamiento de los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) al ser sometidos a la acción de altas temperaturas, con el fin de establecer parámetros que se puedan aplicar a los métodos de identificación odontológica forense para el caso de cadáveres o restos humanos quemados, carbonizados o incinerados, encontrando que los tejidos dentales presentan gran resistencia a las altas temperaturas sin variar considerablemente su estructura, de tal manera que pueden llegar identificarse, pues en cada rango de temperatura se presentaron cambios físicos característicos y repetitivos como estabilidad dimensional, fisuras, grietas, fracturas, textura, color, carbonización e incineración.

En 2008 Ferreira *et al* (21), sometieron a calor directo dientes humanos extraídos en los cuales describieron cambios de los tejidos dentales a nivel de microestructura, color, textura, componentes biológicos, patrón de fractura entre otros.

En 2010 Vázquez *et al* (22), describen cambios muy similares a los de este estudio.

En lo concerniente al tejido óseo, son pocos los estudios reportados en la literatura, no porque la investigación sea limitada sino por lo consistente de los resultados. En

1984 Shipman *et al* (23), sometieron a altas temperaturas dientes y tejido óseo obtenidos de cabras y ovejas en rangos entre 20°C y 940°C. Sus descripciones, basadas en aspectos como el color, morfología microscópica, estabilidad dimensional y ultraestructura cristalina de la matriz inorgánica a través de microscopía de difracción de rayos X, demostraron que la hidroxiapatita cambia su estabilidad dimensional de acuerdo al incremento de la temperatura.

En 1995 Holden *et al* (3), sometieron a altas temperaturas (200°C a 1600°C) muestras de fémur obtenidas de seres humanos fallecidos con edades entre 1 año a 97 años describiendo cambios de forma macroscópica (color, estabilidad dimensional, fractura y distorsión).

En el mismo año, los mismos autores (24) observaron los cambios a las altas temperaturas de especímenes de hueso femoral humano a través de microscopio de difracción de rayos X (XRD) encontrando cambios a nivel ultraestructural en los cristales de hidroxiapatita, los cuales dependieron de la edad y el rango de temperatura, concluyendo que la degradación de la hidroxiapatita por altas temperaturas puede ser empleada para estimar la edad de los seres humanos cuya muerte implicó altas temperaturas.

Todos los cambios físicos macros-estructurales de los tejidos dentales (esmalte, dentina y cemento) y periodontales (mucosa oral, hueso compacto alveolar y hueso esponjoso alveolar) descritos en la literatura fueron observados en este estudio; sin embargo, al tratarse de dientes articulados en su respectivo hueso alveolar, se comprobó *in Vitro* lo propuesto por Dellatre (6), quien manifestó que los tejidos blandos, los tejidos periodontales y el hueso alveolar protegen los tejidos dentales de la acción de las altas temperaturas en el caso de cadáveres quemados, carbonizados o incinerados, de tal forma que el cemento y la dentina radicular mantuvieron su integridad estructural hasta los 1000°C debido al aislamiento relativo ofrecido por el tejido óseo compacto y esponjoso (trabecular).

## CONCLUSIONES

El análisis de los cambios físicos macroscópicos de los dientes articulados en sus respectivos alveolos de cerdo doméstico (*Sus domesticus*), se constituyó en un modelo animal experimental adecuado para comprobar que los tejidos blandos, el hueso cortical y el hueso esponjoso ofrecen un aislamiento relativo a los tejidos dentales radiculares retrazando el efecto que ejerce sobre los mismos la temperatura, permitiendo que se conserven estructuralmente.

Queda en evidencia que los tejidos periodontales protegen macroestructuralmente la porción radicular de los dientes al aislarlos del calor; sin embargo, aunque los cambios que los tejidos dentales y periodontales del modelo experimental animal son iguales a los descritos en los tejidos dentales humanos, se recomienda realizar un estudio en dientes humanos articulados en su respectiva unidad alveolar para determinar si los hallazgos macroscópicos descritos se repiten y son extrapolables durante los procesos de identificación odontológica y documentación de la necropsia médico-legal en el caso de cadáveres o restos humanos quemados, carbonizados e incinerados.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación a través de la Convocatoria Interna de Investigación 2011-2012 de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle.

Los autores agradecen al Laboratorio Docente de Obtención y Análisis de Imágenes de la Escuela de Odontología de la Universidad del Valle por el soporte gráfico.

## REFERENCIAS

1. Orjuela CE, Duque MA, Velosa G, Carreño MI, Constantín AE. Guía práctica para el dictamen odontológico forense y de dictamen de edad. Primera edición. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses: Bogotá; 2004.
2. Marín L, Moreno F. Odontología forense. En Enciclopedia Criminalística, criminología e investigación. Primera edición. Sigma Editores: Bogotá; 2010.
3. Holden JL, Phakey PP, Clement JG. Scanning electron microscope observations of heat-treated human bone. *Forensic Science International* 1995; 74:29-45.
4. Norrlander AL. Burned and incinerated remains. In Bowers CM, Bell GL Editors *Manual of Forensic Odontology*. Third edition. American Society of Forensic Odontology: Colorado Springs; 1997.
5. Ferreira JL, Espina AL, Barrios FA, La odontología forense en la identificación de las víctimas de la masacre de la cárcel de Sabaneta (Venezuela). *Rev Esp Med Leg* 1998; 22(83):50-6.
6. Delattre VF. Burned beyond recognition: Systematic approach to the dental identification of charred human remains. *J Forensic Sci* 2000; 45(3):589-596.
7. Clement JG, Olsson C, Phakey PP. Head induced changes in human skeletal tissues. In York LK, Hicks JW Editors *Proceedings of an International Symposium on the Forensics Aspects of Mass Disasters and Crime Scene Reconstruction*. FBI Academy Quántico: Washington; 1990.
8. Rothwell BR. Principios de la identificación odontológica. En Fixot RH director huésped Clínicas Odontológicas de Norteamérica: *Odontología Forense*. Editorial Interamericana: México; 2001.
9. Ministerio de la Protección Social. Resolución por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Resolución 008430/1993 de 4 de Octubre (accedido en octubre de 2006). Disponible en <http://www.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo267711.pdf>
10. Bancroft JD, Gamble M. Theory and practice of histological techniques. Sixth edition. Churchill Livingstone Elsevier: USA; 2008.
11. Merlati G, Danesino P, Savio C, Fassina G, Osculati A, Menghini P. Observations of dental prostheses and restorations subjected to high temperatures: experimental studies to aid identification processes. *J Forensic Odontostomatol* 2002; 20(2):17-24.
12. Moreno S, León M, Marín 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 Supl 1:28-46.
13. Moreno S, Merlati G, Marín L, Savio C, Moreno F. Effects of high temperatures on different dental restorative systems: Experimental study to aid identification processes. *Journal of Forensic Dental Sciences* 2009; 1(1):17-23.
14. Moya V, Roldan B, Sánchez JA. *Odontología legal y forense*. Barcelona: Editorial Masson S.A.; 1994.
15. Röttscher K, Grundmann C, Benthaus S. The effects of high temperatures on human teeth and dentures. *Int Poster J Dent Oral Med* 2004; 6(1): Poster 213.
16. Harsányi L. Scanning electron microscopic investigation of thermal damage of the teeth. *Acta Morphol Acad Sci Hung* 1975; 23(4):271-81.
17. Wilson DF, Massey W. Scanning electron microscopy of incinerated teeth. *Am J Forensic Med Pathol* 1987; 8(1):32-8.
18. Myers SL, Williams JM, Hodges JS. Effects of extreme heat on teeth with implications for histologic processing. *Journal of Forensic Sciences* 1999; 44(4):805-9.
19. Merlati G, Savio C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further Study of restored and unrestored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatology* 2004; 22(2):17-24.
20. Espina A, Barrios F, Ortega A, Mavárez M, Espina O, Ferreira J. Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Ciencia Odontológica* 2004; 1(1):38-51.
21. Ferreira JL, Espina de Ferreira A, Ortega AI. Methods for the analysis of hard dental tissues exposed to high temperatures. *Forensic Science International* 2008; 178:119-124.
22. 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.

- Revista Odontológica Mexicana 2012; 16(3):171-181.
23. Shipman P, Foster G, Schoeninger M. Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science* 1984; 11(4):307-25.
24. Holden JL, Clement JG, Phakey PP. Age and temperature related changes to the ultrastructure and composition of human bone mineral. *Journal of Bone and Mineral Research* 1995; 10(9):1400-9.
25. Meyer W, Schwarz R, Neurand K. The skin of domestic mammals as a model for the human skin, with special reference to the domestic pig. *Curr Probl Dermatol* 1978;7:39-52.

Citar este artículo de la siguiente forma de acuerdo a las Normas Vancouver:

Medina S, Henao S, Muñós V, López C, Gutiérrez J-E, Herrera A, Moreno F. Análisis macroscópico de los tejidos dentales y periodontales de cerdo (*Sus domesticus*) sometidos a altas temperaturas. *Revista estomatol. salud.* 2013; 21(1):28-34.