

Nota de clase

Aporte del mercurio presente en las amalgamas dentales al reconocimiento de cadáveres calcinados.

Contribution of mercury present in dental amalgams to the recognition of calcined corpses.

Carlos Andrés Santa Duque^{1,a}, Katherine Dussan^{2,a}, Angélica García^{3,a}

1. Médico.
 2. Médica
 3. Química, Doctora en Ciencias - Química, Profesora Departamento de Ciencias Básicas de la Salud.
- a. Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).

CORRESPONDENCIA

Carlos Andrés Santa Duque
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-4983-5765>
Facultad de Ciencias de la Salud
Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).
E-mail: carlosandressanta@hotmail.com

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del artículo hacen constar que no existe, de manera directa o indirecta, ningún tipo de conflicto de intereses que pueda poner en peligro la validez de lo comunicado.

RECIBIDO: 30 de mayo de 2020.
ACEPTADO: 18 de agosto de 2021.

RESUMEN

En este artículo se realizó una revisión de tema haciendo una búsqueda de la literatura en PubMed, Scopus y Google Scholar, en donde según los criterios de inclusión, exclusión y posterior a la revisión de abstract, se obtuvieron 48 referencias bibliográficas y dos fichas técnicas que fueron revisadas en su totalidad e incluidas en esta revisión. En la práctica clínica se emplean algunos productos que poseen desde trazas hasta cantidades significativas de mercurio, un ejemplo claro es el uso, aún vigente, de amalgamas en odontología que se caracterizan por generar procesos de bioacumulación de metales pesados en diferentes tejidos corporales según algunos estudios de toxicidad. A pesar de las consecuencias tóxicas del contacto con metales pesados a través de las amalgamas dentales, estas han sido de gran ayuda en las ciencias forenses permitiendo la identificación de cadáveres por medio de diferentes técnicas que van desde métodos observacionales hasta mediciones analíticas espectrométricas, aportando una considerable herramienta a la medicina legal, la cual tiene un impacto positivo en el ámbito social, por esta razón, el objetivo de esta revisión es exponer la utilidad del análisis de la amalgama dental en el campo de la odontología forense para el reconocimiento de cadáveres calcinados, abordando aspectos como el comportamiento de dichas amalgamas ante temperaturas altas, la relevancia del mercurio en la medicina forense, su detección y el aporte de las técnicas odontológicas de identificación en cadáveres con características particulares como la calcinación. En esta revisión se encontró que el mercurio es un elemento clave para la identificación odontológica en cadáveres con amalgamas dentales, identificación que representa la culminación de uno de los objetivos principales de la necropsia forense pero además contribuye a la agilización del trámite medico-legal, al duelo de los seres queridos y al desarrollo del rito fúnebre, el cual es de suma relevancia en nuestra comunidad.

Palabras clave: Amalgama dental, mercurio, odontología forense, cadáver, quemadura, espectrometría, bioacumulación.

ABSTRACT

In this article, a review of the subject was made by systematically searching literature in PubMed, Scopus and Google Scholar, where according to the inclusion and exclusion criteria and after the review of the summary, we obtained 48 bibliographical references and two technical sheets that were reviewed in full and included in this review. In clinical practice, some products are used that have traces up to significant amounts of mercury, a clear example is the still valid use of amalgams in dentistry, which is characterized by generating bioaccumulation processes of heavy metals in different body tissues according to some studies of toxicity. Despite the toxic consequences of contact with heavy metals through amalgams, these have been a great help in forensic sciences allowing the identification of dead bodies through diverse techniques ranging from observational methods to analytical measures that use spectrometric methods, providing a considerable tool for legal medicine, which has a positive impact in the social field, for this reason, the objective of this review is to describe the usefulness of dental amalgam analysis in the field of forensic dentistry for the recognition of burned corpses, addressing aspects such as the behavior of such amalgams at high temperatures, the relevance of mercury in forensic medicine, its detection and the report of dental identification techniques in corpses with particular characteristics such as calcination. In this review, it was found that mercury is a key element for dental identification in corpses with dental amalgams, an identification that represents the culmination of one of the main objectives of the forensic necropsy but also contributes to the speeding up of the medical-legal process, the mourning loved ones and the development of the funeral rite, which is of utmost importance in our community.

Key words: Dental amalgam, mercury, forensic dentistry, cadaver, burns, spectrometry, bioaccumulation.

Santa-Duque CA, Dussan K, García A. Aporte del mercurio presente en las amalgamas dentales al reconocimiento de cadáveres calcinados. *Salutem Scientia Spiritus* 2022; 8(1):95-100.



La Revista *Salutem Scientia Spiritus* usa la licencia Creative Commons de Atribución – No comercial – Sin derivar:

Los textos de la revista son posibles de ser descargados en versión PDF siempre que sea reconocida la autoría y el texto no tenga modificaciones de ningún tipo.

INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg) es un elemento químico presente en múltiples escenarios de la cotidianidad del hombre, se puede encontrar en productos estéticos,¹ agua de consumo humano,² alimentos contaminados,^{3,4} actividades mineras,^{5,6} manufactura de instrumentos médicos⁷ y en algún momento de la historia para la producción de agentes farmacológicos.⁸

Otro uso importante del mercurio (Hg) se evidencia en el campo de la odontología, en donde el mercurio hace parte en el alrededor del 50%⁹ de las amalgamas que son utilizadas para la restauración de piezas dentales. Adicional al Mercurio (Hg) las amalgamas también contienen otros diversos metales como el Estaño (Sn), Plata (Ag) y Cobre (Cu), que a través de un proceso de mezcla producen una aleación utilizada ampliamente por dicho campo.¹⁰

Dada la toxicidad del Mercurio en diversos tejidos,¹¹⁻¹⁴ se ha desarrollado a nivel mundial una corriente frente al uso de mercurio, la cual se propone reemplazar el uso de este metal por sustancias más seguras, un ejemplo claro es la situación de la unión europea, en la cual esta propuesta fue sustentada bajo el marco legislativo, prohibiendo la comercialización de termómetros de mercurio a partir de junio del año 2004;¹⁵ en el ámbito de la odontología también se ha optado por reemplazar las amalgamas dentales por distintas resinas compuestas libres de este metal.^{16,17} En Colombia se dictó la resolución 0159 del año 2015, la cual establece los lineamientos para la eliminación de productos y dispositivos que contengan mercurio en el área de la salud, todo esto debido al acogimiento del convenio de Minamata sobre el mercurio, el cual contribuye a la iniciativa de la OMS “Salud libre de mercurio en 2020”.¹⁸ A pesar de esto, la amalgama dental continúa siendo un material de obturación ampliamente usado por su costo efectividad y durabilidad.^{19,20}

Desde hace ya un tiempo, la información que se obtiene de las restauraciones dentales que usan amalgamas han aumentado su relevancia en el campo de la medicina forense, específicamente en la odontología forense, donde las piezas dentales y sus anexos juegan un papel importante, pues se convierten en un elemento material probatorio de gran peso, en el ámbito judicial.²¹⁻²⁵

Dentro de los diferentes procedimientos forenses, la medición por medio de técnicas analíticas como la absorción atómica han dado fundamento cuantitativo a las observaciones de cadáveres.²⁶⁻²⁷ Analizar la relación entre las observaciones de campo y los contenidos de metales pesados en tejidos biológicos, ha permitido hacer comparaciones con la historia clínica de personas desaparecidas y así lograr un veredicto confiable a la hora de reconocer cadáveres cuya identificación se dificulta algunas veces por imposibilidad de reconocimiento por medio de técnicas convencionales como la dactilografía o cambios morfológicos drásticos debido a daños

tisulares masivos.²⁴ En el contexto de los cadáveres sometidos a altas temperaturas, puede haber destrucción parcial o total de los tejidos blandos, aspecto coyuntural desde la perspectiva forense, ya que no solo limita la identificación del cadáver, sino también entorpece los procesos investigativos, por esto las piezas dentales son de suma relevancia, ya que son un foco de bio-depósito, es por esta razón que la odontología forense y métodos de reconocimiento cuantitativo y cualitativo de metales pesados en cadáveres toman relevancia.²⁷

La espectroscopía de absorción atómica es una técnica de alta sensibilidad que permite la determinación de metales pesados en una muestra determinada cuando las cantidades presentes son muy bajas, con límites de cuantificación que pueden ser tan bajos como 0,01 mg/L.^{28,29} Estos límites de cuantificación dependen claro está del metal a medir, de la matriz de la muestra y de las características de diseño del instrumento; tales como la técnica de vaporización que se use para la atomización, el detector, la fuente de luz, entre otros.³⁰ Otra característica importante al utilizar espectroscopía de absorción atómica es la especificidad, con lo cual se disminuye enormemente la posibilidad de generar falsos positivos; sin desconocer que la posibilidad de falsos negativos si está presente.³¹ No obstante, como paso previo al proceder con técnicas moleculares como la anteriormente descrita, la observación macroscópica de las piezas dentales permite describir y exponer las condiciones a las que han sido sometidas, tales como la magnitud de la temperatura de exposición.³²

En consecuencia en este artículo de revisión se pretende exponer el aporte de la amalgama dental en el reconocimiento forense de cadáveres calcinados como principal ejemplo de cadáveres con daños tisulares masivos.

MERCURIO Y MEDICINA FORENSE

La presencia de Mercurio (Hg) en cadáveres clásicamente ha estado asociada con muertes causadas por envenenamiento; ya sea por intoxicaciones voluntarias, inducidas o circunstanciales, entendiendo estas últimas como las ocasionadas por contaminación ambiental del entorno laboral o habitacional.³²⁻³⁵ Los hallazgos encontrados durante esta revisión hacen referencia a observaciones ya sea de signos y/o síntomas de los pacientes antes de morir cuando fue posible, de tejidos de los cadáveres o de elementos del entorno de las personas expuestas.³³⁻³⁶ Esas observaciones han estado acompañadas en muchos casos de análisis cuantitativos que además de permitir corroborar la presencia de este metal o sus concentraciones, lograron recrear los sucesos que ocasionaron el envenenamiento, siendo puntos clave para los procesos investigativos en medicina forense.³²⁻³⁶

Una de las características que permite la identificación de temperaturas de calcinación son las balas de plata de las amalgamas,

pequeñas burbujas que según estudios se supone, son rastro de la evaporación del Mercurio (Hg) e interacciones específicas con Plata (Ag),³⁷⁻³⁹ además dicha amalgama se desacopla en la zona marginal a temperaturas que oscilan entre los 200 y 400°C. A medida que la temperatura se eleva a 600°C la coloración de la amalgama se torna opaca y la raíz adquiere un brillo metálico, característica que se le atribuye a las trazas de Mercurio (Hg).³⁷ Estas observaciones son las que además de permitir la identificación macroscópica de si el sujeto tenía o no amalgamas dentales y en qué dientes específicamente tenía dichas obturaciones, aporta evidencia acerca de la temperatura de exposición dando información sobre los sucesos que conllevaron a la pérdida de características físicas del cadáver que facilitan su reconocimiento, estos datos son cotejados con el equipo competente para dar un veredicto final.⁴⁰

CAMBIOS MACROSCÓPICOS DE AMALGAMAS SOMETIDAS A ALTAS TEMPERATURAS

Las piezas dentales son utilizadas con frecuencia en el ámbito forense para la identificación de cadáveres, siendo de especial ayuda en aquellos calcinados, en los cuales los tejidos blandos han sido destruidos y no es posible realizar un proceso de reconocimiento observacional, esto se debe a la gran resistencia de las ya mencionadas estructuras, lo que depende de factores como la presencia de esmalte dental, siendo este el tejido más duro del organismo, el recubrimiento por estructuras óseas y su ubicación en la cavidad oral, protegidos así por varias capas de tejido epitelial, muscular y mucoso, lo que otorga cierto grado de protección a estas piezas mientras que los tejidos blandos son calcinados; no obstante, pese a la resistencia dental, estas piezas terminan exponiéndose durante prolongados tiempos a altas temperaturas y es allí donde las amalgamas dentales brindan información como los rangos específicos de temperatura a la cual el cadáver fue expuesto, además de la correlación odontológica de la carta dental orientada a la presencia de obturaciones.³²

Según lo mencionado anteriormente, se han descrito los cambios macroscópicos de las amalgamas dentales sometidas a diferentes temperaturas *in vitro*, por el grupo de Moreno *et al*, los cuales sometieron a 199 dientes humanos con materiales de uso odontológico a altas temperaturas (200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C y 1200 °C), entre ellos amalgama dental. A los 200°C la amalgama sufre un proceso de desadaptación marginal con respecto a la superficie obturada, tornándose opaca y rugosa por la formación de nódulos, producto de la evaporación del mercurio, en los 400°C se tornan oscuras y presentan grietas superficiales, posterior a los 600°C adopta el color negro en su superficie y se pierden las características morfológicas, entre los 800°C y 1000°C adopta un color rojizo y sus grietas se hacen más notorias, dando un aspecto cuarteado a la amalgama y a los 1200°C la fragmentación de la pieza dental permite el desalojo de la obturación.³²

DETECCIÓN DE MERCURIO

El Mercurio puede estar presente en una variedad considerable de muestras, por lo que deberán utilizarse procesos químicos distintos para separarlo de los componentes del medio en el que se encuentra, permitiendo así su cuantificación.^{31,42-45} Las cantidades de este metal no suelen ser elevadas en las muestras provenientes de humanos, por lo que las técnicas deben ser muy sensibles siendo la más común la espectrometría, de la cual se deriva la espectrometría de masas, de absorción atómica, de emisión atómica, foto-acústica, entre otros, aunque también se implementan comúnmente otros métodos como el colorimétrico de ditizona, radioquímica, cromatografía gaseosa y métodos electroquímicos.³¹

La implementación de una u otra técnica depende de las características de la muestra, los niveles de mercurio que se supone están presentes en esta y la tecnología que se dispone; *in vivo* en humanos, este hecho es más relevante dado que los tejidos de mayor depósito son de difícil acceso por lo que las mediciones suelen hacerse en cabello, uñas, sangre y orina aunque allí las concentraciones sean solo trazas que no representan un gran aporte de mercurio,⁴³⁻⁴⁶ por lo que es necesario implementar detectores altamente sensibles y reactivos adecuados con niveles significativos de pureza.^{20,21}

Existen ventajas y desventajas al analizar la cantidad de mercurio en cadáveres, por ejemplo, como ventaja está el hecho de que se pueden tomar muestras de casi cualquier tejido, lo que facilita procedimientos técnicos, sin embargo las condiciones de la muestra pueden hacerla incompatible con las técnicas disponibles, sin mencionar la posible contaminación de esta con otros elementos que hayan estado en contacto, como es el caso de los cadáveres calcinados, además se deben tener en cuenta las características intrínsecas del mercurio, como lo es su punto de ebullición y la pérdida parcial del metal al ser sometido a altas temperaturas,²¹ por lo que las piezas dentales aportan información valiosa en la práctica forense que no pueden aportar otros tejidos más susceptibles a destrucción térmica.⁴⁸⁻⁵¹

TÉCNICAS ODONTOLÓGICAS Y RECONOCIMIENTO DE CADÁVERES

En la medicina forense, cuando se está frente a un caso de muerte violenta y el cadáver permanece en condición no identificada, uno de los objetivos de la necropsia médico legal es el restablecimiento de derechos de la víctima, entre ellos el derecho a la identidad, esto puede llevarse a cabo mediante diferentes formas como el cotejo dactiloscópico, la identificación indiciaria, técnicas moleculares, entre otras; pero en algunos casos, ciertas técnicas no pueden practicarse, ya sea por ausencia de elementos para llevarse a cabo, como pérdida de tejidos blandos, o porque son

dispendiosas o costosas, debido a esto la odontología forense pretende cumplir el objetivo ya mencionado, mediante el análisis de una de las estructuras más resistentes en el cuerpo humano, las piezas dentales; como se mencionó en apartados anteriores, las piezas dentales sufren diferentes cambios al ser sometidas a altas temperaturas, al igual que los elementos de restauración que puedan estar presentes en las mismas; en este apartado se reportan dos casos en los cuales la identificación de cadáveres se ha llevado a cabo mediante el análisis de piezas dentales y sus materiales de obturación.²⁴

Caso No. 1

En el año 2004 el grupo de investigación de cirugía oral y maxilofacial de la Universidad del Valle, realiza un reporte de dos casos en los cuales la odontología forense permitió el reconocimiento de dos cadáveres, el primero se encontró incinerado posterior a un accidente de tránsito, el en cual el vehículo que abordaba se vió envuelto en llamas, el individuo viajaba con otros dos sujetos, los cuales terminaron de igual forma, haciendo imposible el reconocimiento mediante necrodactilia, se logró encontrar una prótesis acrílica mucosoportada superior en uno de ellos, la cual contaba con cinco piezas dentales acrílicas, al correlacionar con la historia odontológica del individuo que se buscaba se pudo realizar la correlación y por consiguiente su identificación. El otro caso reportado por el grupo de investigación corresponde a un cadáver quemado, en el cual se puede reconocer características como su sexo, masculino, que adquiere las quemaduras después de un accidente automovilístico, se logró la identificación debido al hallazgo de prótesis totales superior e inferior, de estas se pudo realizar el cotejo ante-mortem, realizando los respectivos modelos de impresiones dentales en morgue y comparándolas con la información odontológica ante mortem del individuo asociado.²⁷

Caso No. 2

En septiembre del año 2009, un ciudadano francés halló un sitio de entierro de la primera guerra mundial, que contenía restos humanos, posiblemente de un soldado estadounidense, en octubre de ese mismo año acudió un equipo delegado para la identificación del individuo, que al encontrar el sitio y realizar los procedimientos arqueológicos, encontraron elementos personales y elementos militares que permitieron asociarlo con 11 soldados más que se habían perdido en la región de Lorrain; al hacer el análisis óseo se encontró una maxila con los siguientes dientes articulados: 1-9, 11-16, y a nivel mandibular dientes: 18, 20-25, 27-29, 31 y 32. Las piezas dentales se encontraban en buen estado y existía vestigios de intervenciones odontológicas, como obturaciones e incluso tres extracciones, los procedimientos más característicos fueron, una corona de porcelana con dos anclajes en el canal de la raíz del diente 12 y múltiples obturaciones con amalgama a base de oro en maxilares anteriores. Se obtuvo el registro completo

de los procedimientos odontológicos de los 11 posibles soldados asociados con el caso y al final se encontró concordancia con uno de los registros con múltiples concordancias, entre ellas dientes restaurados: 7-9, 12, 18, 20, 31 y 32, y dientes no restaurados: 1, 4-6, 11, 13, 16, 21-25, con los hallazgos iniciales de asociación y los específicos con la historia odontológica se logró identificar al cadáver y realizar la repatriación a su país de origen.²⁴

APORTE SOCIAL DEL RECONOCIMIENTO DE CADÁVERES

A lo largo de esta revisión se ha discutido de diferentes aspectos técnicos y teóricos, sin embargo todos estos fundamentos concluyen para lograr un bien mayor, confirmar la muerte de un ser querido y posterior a esta la realización del rito fúnebre según su cultura y creencias; este acto de reconocimiento sin importar su método, tienen como objetivo la aceptación de la dicotomía entre la vida y la muerte, la cual además de ser un acto natural, tiene una connotación sociocultural mayor, de hecho tal connotación es tan relevante que todas las culturas buscan asignarle una respuesta que se confronta mediante dichos rituales, además se facilita la individualización y apropiación del duelo ya que brinda certeza sobre la muerte del individuo y su identidad dentro de un grupo filial, he aquí la relevancia de la diversificación de técnicas de reconocimiento de cadáveres.⁵²

DISCUSIÓN

A pesar de los potenciales efectos adversos que representa tener obturaciones con amalgama dental dada la presencia de mercurio en ellas, este material sigue siendo utilizado ampliamente en el campo odontológico debido a su relación costo-efectividad,⁵³ lo cual es de utilidad en el campo de la odontología forense, teniendo en cuenta aspectos legales sobre la implementación de este metal.⁴⁹

La medicina forense se ha apoyado en diversas técnicas para generar métodos de reconocimiento de cadáveres expuestos a temperaturas altas; como se mencionó anteriormente, con los métodos convencionales no es posible en muchos casos llevar a cabo el proceso de identificación, generando dificultades y retrasos en los procesos médico legales. Uno de los objetivos de la medicina forense es el poder realizar el proceso de identificación de las víctimas, lo cual constituye un avance en materia legal y procesos judiciales, como también hay un componente a nivel humano que no siempre es tomado en consideración.⁵² Teniendo en cuenta el contexto actual de Colombia, las problemáticas sociales y situación de violencia, casos similares a los comentados en el artículo son evidentes en la población por lo que consideramos que las mediciones del Mercurio (Hg) en amalgamas dentales se convierten en un gran aporte al área forense y social, más en un país como Colombia donde la Idiosincrasia da importancia al rito fúnebre.

CONCLUSIÓN

El Mercurio es un elemento que permite esclarecer aspectos puntuales en el reconocimiento de cadáveres calcinados que poseen obturaciones dentales con amalgama, lo cual es alcanzable mediante diferentes técnicas, como la espectrometría, lo cual amplía el panorama en materia de reconocimiento de cadáveres, promoviendo la agilidad en procesos médico-legales y generando un impacto positivo en el ámbito social.

RECOMENDACIONES

Se propone incentivar a la comunidad científica que tenga como tema de interés la medicina y odontología forense, con especial énfasis al desarrollo de nuevas técnicas de identificación humana, teniendo en cuenta el contexto social que se vive en países con diversos conflictos, donde estas son útiles una población amplia ya que pueden existir múltiples factores que hagan irreconocible a un cadáver, dificultando los procesos legales pero aún más, los procesos de duelo entre sus seres queridos, porque la no recuperación del cadáver es un predictor de duelo patológico.⁵⁴

AGRADECIMIENTOS

Este artículo fue escrito en el marco de la asignatura “Escritura de artículos científicos biomédicos” de la Pontificia Universidad Javeriana Cali.

REFERENCIAS

1. Drescher O, Dewailly E, Krimholtz M, Rutchik J. ‘Fishy’ Make-up on the Hook for Mercury Exposure: A Case Series. *The West Indian Medical Journal* 2013; 62(8):770.
2. Díaz-Arriaga FA. Mercury in ASGM and its impact on water resources used for domestic water supply; *Revista de Salud Pública* 2014; 16(6):947.
3. Johnston JE, Hoffman K, Wing S, Lowman A. Fish Consumption Patterns and Mercury Advisory Knowledge Among Fishers in the Haw River Basin. *NCMJ*. 2016; 77(1):9.
4. Clarkson T. Mercury: major issues in environmental health. *Environmental Health Perspectives*. 1993; 100:31-38.
5. Yard E, Horton J, Schier G, Caldwell K, Sanchez C, Lewis L, Gastañaga C. Mercury Exposure Among Artisanal Gold Miners in Madre de Dios, Peru: A Cross-sectional Study. *Journal of Medical Toxicology*. 2012; 8(4):441-448.
6. Díaz F. Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. *Rev Salud Pública*. 2014; 16(6):947-957.
7. Sepúlveda-Gallego L, Agudelo-Gallego L, Arengas-Castilla A. El mercurio, sus implicaciones en la salud y en el ambiente. *Rev Lunazul*. 2006;1-9.
8. Leitner R, Körte C, Edo D, Braga M. Historia del tratamiento de la sífilis. *Rev Argent Dermatol*. 2007; 88:6-19.
9. Kerr®, Amalgama Contour®;
. 2014; Available at: <https://www.kerrdental.com/resource-center?search=contour>. Accessed 17/11/, 2016.
10. William W Brackett, Martha Goël Brackett. Amalgama dental: revisión de la literatura y estado actual. *Revista ADM*. 1999; 44:113-117.
11. Guzzi G, Grandi M, Cattaneo C, Calza S, Minoia C, Ronchi A, *et al*. Dental amalgam and mercury levels in autopsy tissues: food for thought; *The American journal of forensic medicine and pathology* 2006; 27(1):42-45.
12. Saghiri M, Banava S, Sabzian M, Gutmann J, Asaturian A, Ramezani G, *et al*. Correlation between long-term in vivo amalgam restorations and the presence of heavy elements in the dental pulp. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 2014; 28:200-204.
13. Torres A. El mercurio como agente inductor de daño renal. *Ciencia e investigación*. 2014; 64(5):58-66.
14. Gaioli M, Amoedo D, González D. Impact of mercury on human health and the environment. *Arch Argent Pediatr*. 2012; 110(3):259-264.
15. Vinyoles E, Armengol F, Bayó J, Mengual L, Salvadó A, Pepió J. La normativa europea y el futuro de los esfigmomanómetros de mercurio en las consultas, *Medicina Clínica*. 2003; 120(12):460-463, DOI: 10.1016/S0025-7753(03)73739-7.
16. Fatturi-Parolo C, Macarevich A, Jobim-Jardim J, Maltz M. Amalgam Versus Resin Composite for the Restoration of Posterior Teeth: Disparities between Public Clinical Practice and Dental Education in Southern Brazil. *Rev Fac Odontol Porto Alegre*. 2011; 52:33-37.
17. Kovarik RE. Restoration of Posterior Teeth in Clinical Practice: Evidence Base for Choosing Amalgam Versus Composite. *Dent Clin North Am*. 2009; 53(1):71- 6.
18. Resolución número 0159 del 05 de marzo del 2015, alcaldía mayor de Bogotá D.C.
19. Méndez-Visag C. Manejo responsable del mercurio de la amalgama dental: una revisión sobre sus repercusiones en la salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2014;31(4):725-732.
20. Gómez CA, Arismendi JA. Estudio del desempeño preclínico y clínico de una amalgama dental comercial. *Rev Fac Odontol Univ Antioq*. 2010; 22(1):63-71.
21. Ivelin Morales Fuentes, Rosa Reyes Gil. Mercurio y salud en la odontología. *Revista de Saúde Pública* 2003 Apr 1,;37(2):263-265.
22. Augusto V Ramírez. Intoxicación ocupacional por mercurio. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2008; 69:46-51.
23. Johnston JE, Hoffman K, Wing S, Lowman A. Fish Consumption Patterns and Mercury Advisory Knowledge Among Fishers in the Haw River Basin. *North Carolina Medical Journal* 2016; 77(1):9.
24. Bush M, Miller R. The crash of Colgan Air flight 3407. *The Journal of the American Dental Association*. 2011; 142(12):1352-1356.
25. Shiroma CY. The Analysis of a World War I U.S. Service Member’s

- Dental Remains Recovered in France. *Journal of Forensic Sciences*. 2014; 59(6):1654-1657.
26. Harbeck M, Schleuder R, Schneider J, Wiechmann I, Schmahl WW, Grupe G. Research potential and limitations of trace analyses of cremated remains. *Forensic Sci Int*. 2011; 2004(1-3):191-200.
 27. Marín L, Moreno F. Odontología forense: identificación odontológica de cadáveres quemados. Reporte de dos casos; *Estomatología*. 2004; 12(2):57.
 28. Ramírez C, Olarte E, Telléz E, Palma M. Validación del método analítico para la determinación de mercurio total en sangre humana por espectrofotometría de absorción atómica Zeeman RA-915+ con el módulo de pirólisis PYRO-915+. *Rev Colomb Quim*. 2013; 42(3):11-16.
 29. Bolaños Y, Negret K, Guillén A, Maray A. Validación del método de determinación de mercurio en muestras de sedimentos y tejidos biológicos utilizando un Analizador Directo de Mercurio (DMA-80). 2016; 28(3):784-792.
 30. Illán F, Ampliación-Mérida I. Conceptos y procedimientos del análisis químico contemporáneo III Evaluación de la espectrofotometría molecular UV -Vis. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación, CITEIN*. 2012; 5:111-136.
 31. Ruiz-Chaves I. Metodologías analíticas utilizadas actualmente para la determinación de mercurio en músculo de pescado. *Pensamiento Actual*. 2016; 16:113-122.
 32. Albers A, Gies U, Raatschen HJ, Klintschar M. Another umbrella murder? - A rare case of Minamata disease. *Forensic Sci Med Pathol*. 2020. DOI: 10.1007/s12024-020-00247-y
 33. Hitosugi M, Tojo M, Kane M, Shiomi N, Shimizu T, Nomiyama T. Criminal mercury vapor poisoning using heated tobacco product. *Int J Legal Med*. 2019; 133:479-81.
 34. Lech T. Detection of mercury in human organs and hair in a case of a homicidal poisoning of a woman autopsied 6 years after death. *Am J Forensic Med Pathol*. 2015; 36:227-31.
 35. Lu Q, Liu Z, Chen X. Mercury poisoning through intravenous administration: Two case reports with literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96:e8643.
 36. Welchinska E, Velchynskyi V. The uses of forensic chemistry methods in the determination of counterfeit drugs. *CBU International Conference Proceedings 2019*; 7:858-863.
 37. Sinisterra-Sinisterra G, Marín-Jiménez L, García A, Moreno-Correa S, Moreno-Gómez F. Cambios macroscópicos de la amalgama dental sometida in vitro a altas temperaturas con fines forenses: el caso de los nódulos de plata / Macroscopic Changes of Dental Amalgam subjected in vitro at High Temperatures with Forensic Purposes: Silver Bullets; *Universitas Odontológica* 2016; 35(74).
 38. Aramburo J, Zapata A, Zúñiga S, Moreno F. Análisis estereomicroscópico de materiales dentales de uso en endodoncia sometidos a altas temperaturas. *Rev Estomat*. 2011; 19:8-15.
 39. Chalapud M, Mutis M, Muñoz A, Tovar J, Sepúlveda W, Martínez C, Moreno F. Cambios microscópicos in vitro de cuerpos de prueba de amalgama de plata sometidos a altas temperaturas observados mediante microscopía electrónica de barrido. *Acta Odontológica Colombiana*. 2018; 8:10-28. DOI: 10.15446/aoc.v8n2.73709.
 40. 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; 16:171-181.
 41. 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; *Colombia Médica* 2008; 39(1):S28.
 42. Sánchez JA, Robledo MM. Cadáveres quemados. Estudio antropológico-forense. *Cuad Med Forense*. 2008; 14(53-54):269-76.
 43. Ortiz D, Alama S. Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. *Revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe*. 2015
 44. Montilla B, García R, Colina M. Evaluación de la contaminación por mercurio en aguas y sedimentos del Río Catatumbo utilizando icp-ms. *Revista Conocimiento Libre y Licenciamento*. 2016; 12(2244-7423):35-44.
 45. Pérez-Sabino F, Valladares-Jovel B, Hernandez E, *et al*. Determinación de arsénico y mercurio en agua superficial del lago de Atitlán. *Ciencia, Tecnología y Salud*. 2015;2(2410-6356):127-134.
 46. Osorio S, Hernández L, Sarmiento R, *et al*. Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. 2014.
 47. Fonseca-Gabriel M, Cantín M, Picola V. Propuesta para determinar la significación forense de restos esqueléticos mediante análisis químico de la amalgama dental. *ccm*. 2016; 20(2):322-344. Disponible
 48. López-Palafox J. Muertes por Carbonización. Metodología en la Identificación. Aplicación de la Odontología Forense. *Maxillaris.com*. 2002
 49. Barraza-Salcedo M, Rebolledo-Cobos M. Identificación de cadáveres sometidos a altas temperaturas, a partir de las características macroscópicas de sus órganos dentales y la aplicabilidad de la genética forense. *UO*. 2016; 35(74):29-8.
 50. Del Socorro M, Leonor M. Identification of Bodies Exposed to High Temperatures Based on Macroscopic. *Universitas Odontológica*. 2016; 35(74).
 51. Moreno G, Nuñez L. Cambios observados radiográficamente de estructuras dentales y materiales de obturación de uso endodóntico sometidos in vitro a altas temperaturas con fines forenses. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Odontólogo. Carrera de Odontología. Quito: UCE. 2018.
 52. Torres D. Los rituales funerarios como estrategias simbólicas que regulan las relaciones entre las personas y las culturas. *Sapiens Rev Univ Investig*. 2006; 7(2):107-18.
 53. Gutiérrez M. Implicaciones de la intoxicación por mercurio. *Revista Medicina*. 2004; 26(2):81-85.
 54. Domingo VV. Duelo patológico. Factores de riesgo y protección. *Rev Digit Med Psicosomática y Psicoter*. 2016; 6:23.