

Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense

International Journal of Forensic Anthropology and Odontology



Asociación Española de Antropología y Odontología Forense

Volumen. 3 | N°1 | Abril 2020



► **DESARTICULACIÓN, CONSUMO Y MARCAS EN CADÁVERES HUMANOS PRODUCIDAS POR CARNÍVOROS:**

UN ESTUDIO COMPARATIVO CON CASOS FORENSES DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA.

Mansegosa D. A.

Marchiori J. I. | Giannotti P. S.

► **IDENTIFICACIÓN HUMANA POR MEDIOS ODONTOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN BIOQUÍMICA DEL DIENTE COMO MUESTRA.**

Adserias-Garriga J | C. Zapico S.

► **LA MUERTE DEL GENERAL PRIM. ESTUDIO HISTÓRICO Y MÉDICO LEGAL.**

Dorado Fernández E.

Carrillo Rodríguez M. F.

Sánchez Sánchez J. A

Anadón Baselga M. J.. | Pera Bajo F

Perea Pérez B.

REVISTA INTERNACIONAL DE ANTROPOLOGÍA Y ODONTOLOGÍA FORENSE.
International Journal of Forensic Anthropology and Odontology.

La Asociación Española de Antropología y Odontología Forense (AEAOF) se fundó en 2006 en Madrid y está registrada en el Registro Nacional de Asociaciones de España con el número 587299. Realiza desde entonces una vez al año una reunión científica y está integrada hasta 2019 por 136 miembros. La actual Junta Directiva está formada por Fernando Serrulla (Presidente), Inmaculada Alemán (Vicepresidenta de Antropología), Stella Martín (Vicepresidenta de Odontología), Ignasi Galtés (Secretario), Almudena García-Rubio (Tesorera) y María Benito (Vocal). La AEAOF mantiene activa una web (www.aeaof.com) donde se aloja esta revista y tiene su dirección postal en la Unidad de Antropología Forense. Hospital de Verín 32600 Verín (Ourense).

EDITA:
Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.
Unidad de Antropología Forense. Hospital de Verín
32600 Verín (Ourense)

La Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense es una revista Open Access (OA) que comparte el Copyright con los autores: cada autor con respecto a su trabajo y el editor con respecto a la revista en sí misma.

La revista se adhiere a los principios y procedimientos dictados por el Committee on Publication Ethics (COPE)
www.publicationethics.org



©Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.

ISSN 2603-6797.

Maquetación: Fernando Salgado Iglesias.



Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense *International Journal of Forensic Anthropology and Odontology*

La Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense, es el órgano de expresión oficial de la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.

Director de la revista.

Presidente de la AEAOF

Fernando Serrulla

Comité Editorial.

Editor Jefe

Miguel Botella

(Universidad de Granada)

Editores asociados.

Inmaculada Alemán

(Universidad de Granada)

Stella Martin de las Heras

(Universidad de Granada)

Francisco Etxeberria

(Universidad del País Vasco)

José Antonio Sanchez

(Universidad Complutense de Madrid)

Morris Tindball Binz

(Comité Internacional de la Cruz Roja)

Redactor Jefe.

Joan Viciano

(Universidad de Granada España, Universidad de Chieti-Pescara- Italia).

Secretarios de Redacción.

Cristina Amaya Ferrer (Instituto de Medicina Legal de Catalunya, Tarragona), Silvia Carnicero (Instituto de Medicina Legal de Cantabria, Santander) Gonçalo Carnim (Instituto Nacional de Medicina Legal de Portugal, Coimbra) Alexandra Muñoz (Universidad Complutense de Madrid) Valeriano Muñoz (Instituto de Medicina Legal de Toledo) Fernando Rodes Lloret (Instituto de Medicina Legal de Alicante) Antía Simón (Instituto Nacional de Medicina Legal de Portugal, Oporto).

Consejo Editorial.

José Pablo Baraybar (Equipo Peruano de Antropología Forense), Alan Briem Stamm (Universidad de Buenos Aires, Argentina), Teresa Cabellos (Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses), Cristina Cattaneo (Presidenta Sociedad Europea de Antropología Forense), Eugenia Cunha (Universidad de Coimbra, Portugal), Luis Fondebrieder (Equipo Argentino de Antropología Forense), Gabriel Fonseca (Sociedad de Odontoestomatólogos Forenses Iberoamericanos), Anahí Ginarte (Equipo Argentino de Antropología Forense Argentina), Ana Hospital Rivas (Instituto de Medicina Legal de Catalunya, Girona), Marisol Intriago Leiva (Servicio Médico Legal, Chile), Amparo Jiménez (Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses) Madrid, Norberto López Ramos (Cuerpo Médico Forense, Argentina), Esther Mora (Sociedad de Odontoestomatólogos Forenses Iberoamericanos), Georgina Pacheco (Universidad de Costa Rica, Costa Rica), Roberto Parra (Presidente Asociación Latinoamericana de Antropología Forense), Vilma Pinchi (International Organization for Forensic Odonto-Stomatology), Joao Pinheiro (Instituto Nacional de Medicina Legal de Portugal), Angel J Reyes (Escuela de Antropología, Universidad Central de Venezuela), Claudia Rivera (Fundación Antropología Forense de Guatemala), César Sanabria Medina (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Colombia), Lorena Valencia Caballero (Universidad Nacional Autónoma de México), Cruz Valero (Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Madrid).

Comité Científico.

María Benito (Universidad Complutense de Madrid), Santiago Crespo (Instituto de Medicina Legal de Catalunya), Enrique Dorado (Instituto Anatómico Forense de Madrid), Ignasi Galtés (Instituto de Medicina Legal de Catalunya, Barcelona), Elisa García Prósper (Grupo Paleolab, Valencia), Almudena García-Rubio (Universidad Autónoma de Madrid), Elena Labajo (Universidad Complutense de Madrid), Concha Magaña (Instituto Anatómico Forense de Madrid), Assumpció Malgosa (Universidad Autónoma de Barcelona), Bernardo Perea (Escuela de Medicina Legal de Madrid), Manuel Polo (Instituto de Medicina Legal de Valencia), Luis Ríos (Museo de Ciencias Naturales de Madrid), Mercedes Salado (Equipo Argentino de Antropología Forense), Mercè Subirana (Instituto de Medicina Legal Catalunya, Barcelona) Aurora Valenzuela (Universidad de Granada).

Características generales.

1. Revista en español sobre Antropología y Odontología Forense que acepta artículos también en inglés y portugués y que aspira a reunir las experiencias y los trabajos de investigación de investigadores, profesionales y expertos en Antropología y Odontología Forense del ámbito iberoamericano, así como a convertirse en un foro de encuentro y discusión científica. Se pretende editar inicialmente 1 ó 2 números al año.
2. Revista que se edita sólo de forma *on line*, descargable gratuitamente e incluida en la Plataforma Open Access de Revistas Científicas Españolas y Latinoamericanas del Centro Superior de Investigaciones Científicas. La revista estará alojada en la web de la AEAOF y seguirá el protocolo OAI-PMH (Open Access Initiative-Protocol for Metadata Harvesting) a fin de estar incluida en múltiples bases de datos y catálogos internacionales.
3. Revista editada por la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.
4. El Consejo Editorial tendrá esencialmente funciones consultivas y está abierto a la incorporación de otros profesionales destacados de la Antropología y Odontología Forense del mundo.
5. La Secretaría de Redacción tiene funciones de gestión de la revista.
6. El Comité Científico está formado por destacados miembros de la Antropología y Odontología Forense a nivel mundial y podrán incorporarse más expertos propuestos por el Consejo Editorial.

Información para los autores

1. Las personas interesadas en remitir un artículo para su publicación deberán registrarse a través de la web de la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense (pestaña REVISTA) y seguir las instrucciones que aparecen en el programa para subir los diferentes archivos.
2. Cada trabajo remitido para su publicación será revisado por dos revisores independientes que conocerán el trabajo a publicar de forma totalmente anónima ('peer review'). La decisión de publicación será del Secretario de Redacción correspondiente oída la opinión de los revisores.
3. Los trabajos serán publicados según las recomendaciones del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, Normas Vancouver (<http://www.icmje.org>). La bibliografía deberá estar referenciada según Normas Vancouver.
4. La revista incluirá las siguientes secciones: EDITORIAL, ORIGINALES, REVISIONES, PRESENTACION DE CASOS, INFORMES DE ANTROPOLOGIA Y ODONTOLOGIA FORENSE, ANTROPOLOGIA Y ODONTOLOGIA FORENSE PRACTICA Y EN IMÁGENES e INFORMACION DE INTERÉS PARA LA ANTROPOLOGIA FORENSE IBEROAMERICANA (Cursos, Congresos, Ofertas de Trabajo, Formación,...). Podrán existir números monográficos.

EDITORIAL: Es un texto que podrá redactar alguien del Consejo Editorial o bien quien éste encargue sobre temas de actualidad o debate.

ORIGINALES: Se considerarán 'Originales' aquellas investigaciones originales en Antropología u Odontología Forense como estudios experimentales, Trabajos Fin de Grado o Master, Resumen de Tesis Doctorales, etc... Tendrán una extensión máxima de unas 20 páginas incluida la bibliografía.

REVISIONES: Se consideran 'Revisiones' aquellos estudios de revisión bibliográfica sobre uno o varios temas de interés. Tendrán una extensión máxima de 20 páginas incluida la bibliografía.

PRESENTACION DE CASOS: Se podrán presentar casos de forma breve con un máximo de 2 páginas de texto (incluida bibliografía) y 3 páginas de fotografías.

INFORMES DE ANTROPOLOGIA Y ODONTOLOGIA FORENSE: En esta sección se podrán presentar directamente informes de casos, aunque los autores se responsabilizarán: 1º) De que el caso esté archivado judicialmente o tenga sentencia firme y 2º) Que en el texto y las fotos se respeten los derechos a la intimidad, al honor y la propia imagen de las víctimas. Los informes enviados a publicar podrán ser limitados en su publicación por razones no científicas atendiendo a las peculiaridades del caso. En estas situaciones el Consejo Editorial comunicará al autor/es los motivos de la limitación. Los informes en principio no tendrán limitación de páginas ni fotografías aunque el Consejo Editorial se reserva negociar con el/los autor/es la extensión.

ANTROPOLOGIA Y ODONTOLOGIA FORENSE EN IMÁGENES: Se trata de una sección en la que se podrán exponer de forma muy resumida y gráfica aspectos de interés en Antropología u Odontología Forense. Tendrán un texto breve (máximo 250 palabras) y las imágenes que se consideren necesarias hasta un máximo de 5 páginas.

NOTICIAS DE INTERES: Se podrá incluir todo tipo de información que pueda tener interés para los lectores en relación con la Antropología y Odontología Forenses.

BIBLIOGRAFIA: En todas las secciones deberá existir un apartado final de bibliografía de acuerdo con las normas Vancouver. Las referencias bibliográficas listadas al final aparecerán todas en el texto ordenadas según orden de aparición y entre corchetes (por ejemplo: [4]) al tamaño de la letra que se escribe.

5. **MANUSCRITO:** Los autores deberán tener en cuenta lo siguiente: El manuscrito deberá enviarse completo en Word con TÍTULO (en español en inglés), AUTORES (Apellidos y Nombre, indicando la filiación de cada uno de ellos), RESUMEN con PALABRAS CLAVES (en castellano e inglés), MANUSCRITO con IMÁGENES Y TABLAS situadas en el texto cerca de su referencia y BIBLIOGRAFIA en normas Vancouver. Será necesario enviar las imágenes y figuras por separado con calidad suficiente (no inferior a 200 ppp) así como las tablas que deberán ser incluidas en hojas separadas.



ÍNDICE

EDITORIAL	5
1. DESARTICULACIÓN, CONSUMO Y MARCAS EN CADÁVERES HUMANOS PRODUCIDAS POR CARNÍVOROS: UN ESTUDIO COMPARATIVO CON CASOS FORENSES DEL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA. <i>DISLOCATION, CONSUMPTION AND MARKS IN HUMAN BODIES PRODUCED BY CARNIVORES: A COMPARED STUDY WITH FORENSIC CASES OF THE CENTRAL-WEST OF ARGENTINA.</i> Mansegosa D. A., Marchiori J. I. y Giannotti P. S.....	6
2. IDENTIFICACIÓN HUMANA POR MEDIOS ODONTOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN BIOQUÍMICA DEL DIENTE COMO MUESTRA. <i>HUMAN IDENTIFICATION BY ODONTOLOGICAL METHODS AND THE BIOCHEMICAL APPLICATION OF THE TOOTH AS A SAMPLE</i> Adserias-Garriga J., C. Zapico S.....	17
3. LA MUERTE DEL GENERAL PRIM. ESTUDIO HISTÓRICO Y MÉDICO LEGAL. <i>PRIM'S DEATH. HISTORICAL AND MEDICO-LEGAL SURVEY.</i> Dorado Fernández E., Carrillo Rodríguez M. F., Sánchez Sánchez J. A., Anadón Baselga M. J., Pera Bajo F., Perea Pérez B.	31



Editorial

PANDEMIA.

Un nuevo número de la Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense sale a flote en medio de la mayor crisis de salud pública jamás conocida en el mundo. A pesar de que el contador de víctimas parece no tener fin la actividad humana sigue en los domicilios de los ciudadanos y también en la mente de los profesionales que -como en este número- aportan su conocimiento y experiencia. Este iba a ser un número dedicado a la Odontología Forense, pero no lo hemos conseguido. En cualquier caso es un número excepcional por los tres brillantes trabajos que publicamos:

El interesante estudio de Joe Adserías y Sara Zapico nos recuerda la ineludible necesidad del trabajo multidisciplinar en el mundo superespecializado en el que vivimos. Aprenderemos las novedosas aportaciones de la biología y la bioquímica en los procesos de identificación humana.

El trabajo de Mansegosa, Marchiori y Giannotti nos trae desde Argentina un detallado trabajo de tafonomía muy interesante en relación a los casos más frecuentemente hallados en el ámbito judicial de la Antropología Forense: los restos óseos humanos diseminados por carnívoros. Nos ayudará a entender e interpretar lesiones y a diferenciar lo que es y no es de interés forense.

Por último del brillante trabajo de Enrique Dorado y colegas, tenemos que decir que nos sentimos honrados de que sea ésta revista la que difunda el necesario debate sobre la autopsia a los restos del General Prim, tras la controvertida y polémica primera autopsia. Este es uno de los objetivos principales de esta revista: servir al debate científico sereno alejados de los enfrentamientos personales que en nada contribuyen al descubrimiento de la verdad material que siempre buscamos.

Gracias a todos por ayudarnos a mantener viva esta revista.

Cuidaros mucho, mucha suerte y que disfrutéis del número.

En Verín (Ourense) a 20 de marzo de 2020.

Fernando Serrulla.

Presidente de la AEOAF.



ORIGINAL

Desarticulación, consumo y marcas en cadáveres humanos producidas por carnívoros: un estudio comparativo con casos forenses del centro-oeste de Argentina.

DISLOCATION, CONSUMPTION AND MARKS IN HUMAN BODIES PRODUCED BY CARNIVORES: A COMPARED STUDY WITH FORENSIC CASES OF THE CENTRAL-WEST OF ARGENTINA.

Mansegosa D. A.^{1,2,3}, Marchiori J. I.^{2,3} y Giannotti P. S.^{1,2,3}

1 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

2 Instituto de Arqueología y Etnología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

3 Cuerpo Médico Forense y Criminalístico, Ministerio Público Fiscal de Mendoza.

RESUMEN: En este trabajo se presenta, desde una perspectiva tafonómica, el estudio de cinco casos forenses de cadáveres humanos consumidos por carnívoros, hallados al aire libre en la provincia de Mendoza (Argentina). Para ello se describe la preservación ósea diferencial, la desarticulación, meteorización, marcas y fracturas producidas por los carnívoros y sus implicaciones en la reconstrucción del perfil osteobiográfico, evaluación de la causa de muerte e identificación. Además, se comparan los intervalos postmortem establecidos por los estudios entomológicos con el estimado a partir del grado de desarticulación. Finalmente, se discute la importancia de la participación de personal especializado en el lugar del hecho para una recuperación de la evidencia en estos escenarios tan complejos originados por procesos de dispersión, desarticulación y fragmentación como consecuencia del carroñeo.

PALABRAS CLAVE: Tafonomía forense, Carnívoros, Consumo, Intervalo Postmortem, Argentina.

ABSTRACT: This paper presents, from a taphonomic perspective, the study of five forensic cases of human bodies scavenging by carnivores, found outdoors in the province of Mendoza (Argentina). For this, bone survival, disarticulation, weathering, marks and fractures produced by carnivores and their implications in the reconstruction of the osteobiographical profile, evaluation of the cause of death and identification are described. In addition, the postmortem intervals established by entomological studies are compared in relation to that estimated from the degree of disarticulation. Finally, is discussed the importance of the participation of specialized personnel in the place of the fact for a recovery of the evidence in these complex situations originated by processes of dispersion, disarticulation and fragmentation as a consequence of scavenging.

KEY WORDS: Forensic Taphonomy, Carnivores, Consumption, Postmortem Interval, Argentina.

CONTACTO: Dra. Daniela Mansegosa. Facultad de Filosofía y Letras (Ciudad Universitaria, Parque Gral. San Martín s/n, Ciudad de Mendoza (Argentina). CP 5500. E-mail: alitmansegosa@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

La tafonomía es un campo de estudio que comenzó a ser incorporado a la investigación forense a partir de los años 80, con el fin de comprender los agentes y procesos que intervienen después de la muerte de un individuo [1,2]. De todos los factores que inciden en los cadáveres humanos, el carroñeo es uno de los más observados en los cuerpos hallados en superficie (ya sea a la intemperie o en residencias con animales domésticos), contribuyendo a la destrucción de los restos y de las evidencias asociadas en contextos forenses. En este sentido, la evaluación de los patrones de consumo, desarticulación y dispersión de cadáveres, generado por animales carroñeros, resulta de utilidad

durante las tareas de recuperación de los restos en el lugar de hallazgo, así como también en la interpretación de las modificaciones pre, peri y postmortem y de los elementos ausentes [3-8]. Adicionalmente, la consideración de estos factores aporta información para la reconstrucción de los hechos y de escenarios postmortem desconocidos [9].

A nivel mundial son abundantes las investigaciones forenses en esta temática [10, 11, 12]. Relacionadas con modelos de consumo de partes y desarticulación de cadáveres [6,13], con la caracterización de patrones de marcas en huesos y tejido blando con sellos tafonómicos distintivos [6,8,14,15], con la evaluación de la acción de depredadores en entierros poco profundos [16] y con el traslado desde el lugar original

de deposición del cuerpo y la reconcentración de los restos en otros lugares [4], entre otros aspectos. Sin embargo, no existen referencias regionales para este tipo de casos, con la excepción de la investigación de Martin [17] quien, a partir de 5 casos arqueológicos de restos humanos de períodos tardíos en Patagonia Austral, vinculó las disciplinas forense y arqueológica. Dicha investigación dió como resultado un exhaustivo estudio tafonómico de cada uno de los casos para discutir la desarticulación y dispersión, el consumo de tejidos blandos y el patrón de marcas realizadas sobre huesos humanos por parte de los carnívoros (zorros, perros y roedores) [17].

El objetivo de este trabajo es presentar y comparar cinco cadáveres adultos consumidos por carnívoros correspondientes a distintos casos judicializados de la provincia de Mendoza (Argentina) peritados dentro del Área de Antropología Forense del Cuerpo Médico Forense y Criminalístico (Ministerio Público Fiscal de Mendoza) [18]. Para esto se analizan y describen los elementos óseos presentes, la desarticulación y la variación de los patrones de marcas de dientes y fracturas postmortem a nivel del elemento. En todos los casos se discuten los resultados en relación con el intervalo postmortem y el contexto de hallazgo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Se examinaron los restos óseos de cinco individuos adultos correspondientes a causas judiciales archivadas. Los mismos fueron hallados en tres departamentos (Lavalle, Las Heras y

Luján de Cuyo) ubicados en el norte de la provincia de Mendoza (Argentina). En el momento del hallazgo, se encontraban en superficie y habían sido alterados por carnívoros. Solo uno de ellos fue registrado y levantado por antropólogos forenses (DAM), mientras que el resto de los individuos fueron recuperados por el personal de Policía Científica¹. Por esta razón, la representación esquelética va a ser más indicador de la técnica de recolección empleada que de la preservación ósea diferencial.

Las tareas de laboratorio comprendieron, en un primer momento, el registro fotográfico completo y la toma de muestras entomológicas y de tejido o hueso para análisis genético. Posteriormente, los restos óseos fueron limpiados y liberados de tejidos blandos cuando estos estaban presentes, así como también de los sedimentos adheridos, cuidando de no generar ningún tipo de marca en la superficie de los mismos. En cada caso, se identificaron los elementos óseos y dentales presentes, se ubicaron en posición anatómica y se efectuaron las determinaciones de sexo y la estimación de la edad al momento de la muerte [19,20]. Para la estimación de la edad se consideró la translucencia apical de la raíz dental [21] y la superficie auricular del ilion [22]. Se calculó la estatura en base a la longitud del fémur [23] y la masa corporal a partir de la cabeza femoral [24]. Se buscaron lesiones pre y perimortem de forma macroscópica y con radioscopia. El intervalo postmortem mínimo (IPM) se pudo estimar sólo en los tres casos que presentaban fauna cadavérica, a partir de análisis entomológico [25,26]. En la tabla 1 se muestran las características de sexo y edad de cada uno, lesiones observadas y contexto del lugar de hallazgo.

	Sexo	Edad estimada (años)	Lesiones perimortem	IPM	Lugar de hallazgo
Caso 1 (C1)	Masculino	25- 45	PAF en cráneo	Desconocido	Peri-urbano
Caso 2 (C2)	Masculino	30- 50	No se observan	Desconocido	Peri-urbano
Caso 3 (C3)	Femenino	15- 30	No se observan	2 meses	Peri-urbano
Caso 4 (C4)	Masculino	18- 20	PAF en cráneo	17 días	Peri-urbano
Caso 5 (C5)	Femenino	25- 40	Trauma en cúbito	1 a 3 meses	Urbano

Tabla 1. Composición de la muestra, características de sexo, edad al momento de la muerte, lesiones perimortem observadas, IPM y contexto de hallazgo. Referencia: PAF, trauma por proyectil de arma de fuego.

1 Personal especializado de la policía (del Ministerio de Seguridad de la provincia) y que es convocado a presentarse al lugar del hecho por el Fiscal de turno (del Ministerio Público Fiscal de la provincia) para el registro y la recolección de evidencia o indicios que luego son trasladados a los laboratorios pertinentes (de la misma Policía Científica o del Cuerpo Médico Forense y Criminalístico). Desde abril de 2018, los fiscales están comprometidos por el Ministerio Público Fiscal a solicitar la intervención de antropólogos forenses de la Facultad de Filosofía y Letras (Universidad Nacional de Cuyo) para registrar y levantar los indicios en contextos de hallazgo de cadáveres esqueléticos, parcialmente esqueléticos o carbonizados [20]. Sin embargo, en la práctica no siempre se lleva a cabo esta instrucción por parte de los fiscales y sigue siendo personal de Policía Científica la que interviene, relegando a los antropólogos al análisis estrictamente de laboratorio. Esta situación lentamente se está normalizando.

Previamente a la limpieza, se evaluó y documentó la desarticulación de los elementos recuperados y la presencia de tejidos blandos. Luego, se comparó con la secuencia de cinco estadios de desarticulación generada por cánidos [6,13]. Esta secuencia a su vez permite realizar a los autores una aproximación para proponer IPM en rangos que van de semanas a meses. Así como también permitiría reconstruir la secuencia de desarticulación, donde los elementos más afectados serían los primeros en ser desarticulados. En este sentido, se espera que el orden de mayor a menor intensidad de afectación sea: tórax, miembros superiores, miembros inferiores, columna vertebral y, por último, el cráneo.

Por otra parte, se realizó un inventario esquelético completo y se documentó el tipo de alteración por cada elemento: A) Grado de completitud, es decir la sección del elemento preservado, teniendo en cuenta una escala creciente: 0 a 25% del hueso (grado 1), 25 al 50% (grado 2), 50 al 75% (grado 3) y 75 al 100% (grado 4); B) estado de meteorización [27]; C) patrón de marcas y consumo producidos por carnívoros indicando el tipo de hueso afectado, la lateralidad y la localización de la afectación [5,6,14], siguiendo la clasificación de Lloveras Roca et al. [28], quienes describen diez tipos de alteraciones en los bordes de los huesos y de las marcas producidas por carnívoros (bordes aplastados, fracturados, crenulados, redondeados y pulidos, depresiones, perforaciones, muescas, arrastres, roído) [28].

3. RESULTADOS.

3.1. Resultados por casos.

3.1.1. Caso 1

Corresponde a un individuo masculino con una edad estimada entre 25 y 45 años al momento de la muerte. Los restos óseos recuperados fueron únicamente el cráneo sin mandíbula y la diáfisis del fémur izquierdo (Figura 1).

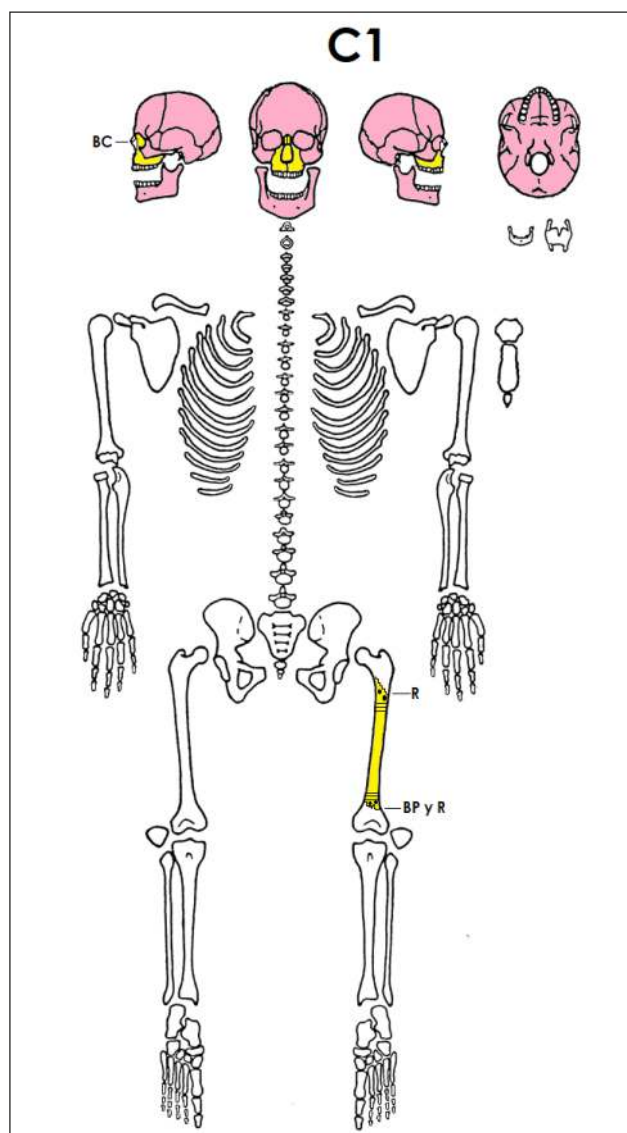


Figura 1. Caso C1. Completitud del individuo, elementos presentes y alteraciones. Referencias: Los elementos coloreados en amarillo son los que presentan señales de carroñeo, los rosados no presentan alteraciones y los blancos están ausentes. BP, borde pulido; BA, borde aplastado; BF, borde fracturado; BC, borde crenulado; R, roído. Las líneas horizontales en la región metafisiaria señalan marcas de arrastre, los círculos en blanco indican perforaciones y los negros depresiones.

La estatura no pudo estimarse debido a la ausencia de estructuras óseas diagnósticas. Presentaba un traumatismo perimortem por arma de fuego en el cráneo (PAF), representado por un orificio de entrada en la región basilar del hueso occipital, y uno de salida en el parietal izquierdo. En cuanto a la meteorización, ambos elementos se encontraban en la etapa 0 descrita por Behrensmeyer [27], es decir que la superficie ósea no presentaba signos de agrietamiento o descamación debido a la exposición a la intemperie. Los

huesos todavía presentaban grasa, algunos escasos ligamentos y tejidos adheridos.

3.1.2. Caso 2.

Se trata de un individuo masculino con una edad estimada entre 30 y 50 años. Presentaba el esqueleto casi completo, totalmente desarticulado (Figura 2).

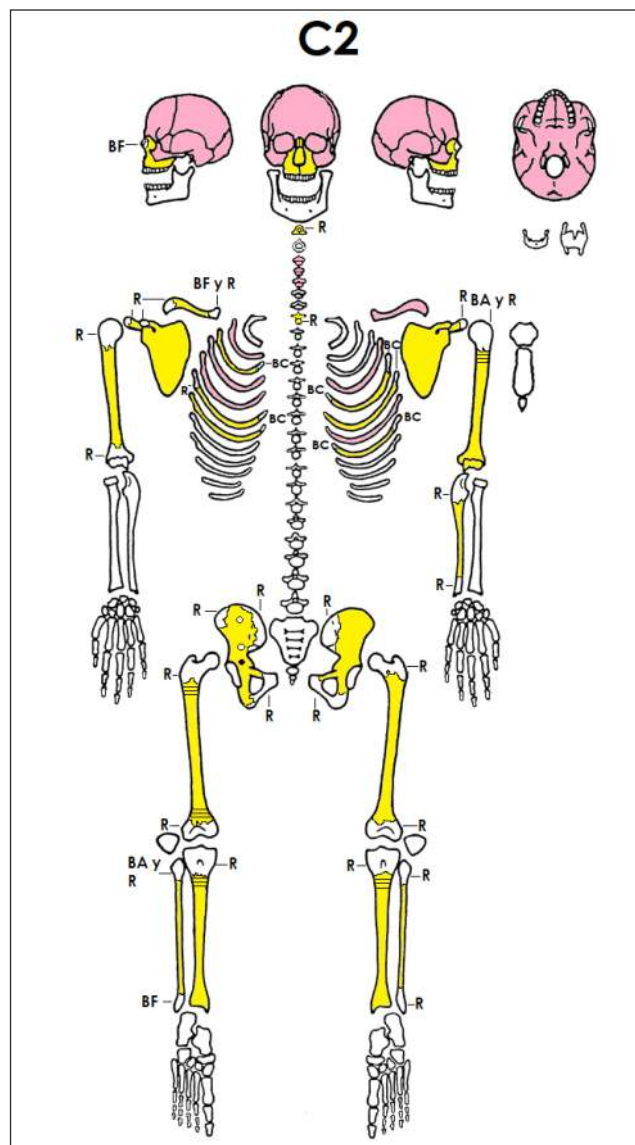


Figura 2. Caso C2. Completitud del individuo, elementos presentes y alteraciones. Referencias: Idem Figura 1.

No se observaron lesiones ni traumatismos perimortem, la estatura no pudo ser calculada debido a la ausencia o mal estado de estructuras diagnósticas y en cuanto a la

ascendencia biológica, fue establecida como de tipo europeo. El esqueleto estaba representado por 32 elementos y fragmentos óseos con una completitud promedio de 75%. Los huesos aún conservaban algunos tejidos blandos (ligamentos) adheridos, tenían grasa ósea, aunque algunos sectores estaban secos y presentaban un color blanquecino, lo que indica una leve meteorización. Los huesos largos de los miembros inferiores tenían restos de sedimento arenoso adherido y marcas de raíces, lo que permite inferir que estuvo enterrado o semienterrado.

3.1.3. Caso 3.

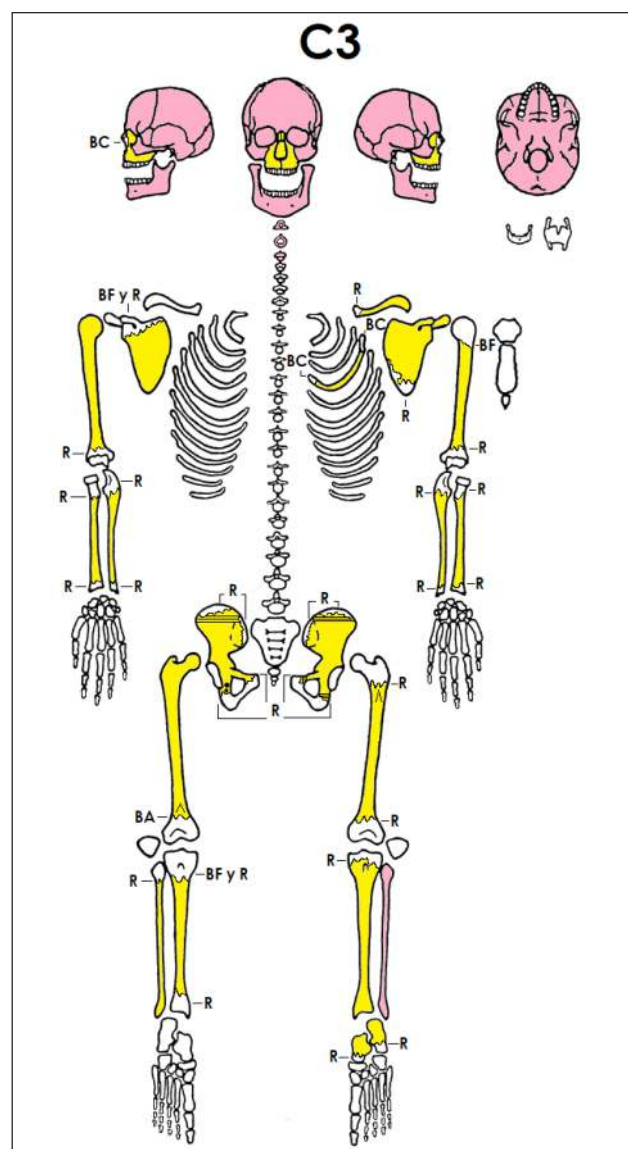


Figura 3. Caso C3. Completitud del individuo, elementos presentes y alteraciones. Referencias: Idem Figura 1.

Consiste en un conjunto de restos óseos hallados en un espacio abierto, periurbano, con vegetación de monte. Los objetos asociados correspondían a la vestimenta del individuo que estaba rasgada y dispersa. Se estableció que se trataba de un individuo de sexo femenino, con una edad estimada entre 15 y 30 años ya que presentaba erupción parcial del tercer molar. Posteriormente, cuando el individuo fue identificado, se confirmó que se trataba de una mujer de 35 años. La estatura calculada fue de 154 ± 3 cm (Figura 3).

Presentaba una anomalía en el frontal definida como metopismo [29]. Sólo 25 elementos y fragmentos óseos fueron recuperados, los cuales tienen una completitud mayor al 75%. Todos los elementos tenían grasa ósea, mientras que algunos restos de tejido blando y ligamentoso. La mayoría de los elementos estaban desarticulados con la excepción de la mandíbula y las primeras dos vértebras cervicales que se encontraban articuladas con el cráneo, así como también, el fémur derecho con el coxal. El cuello quirúrgico del fémur derecho presenta una fractura perimortem que se observó mediante rayos X. La misma fue interpretada como resultado del tironeo producido por los carroñeros. No se observaron patologías ni traumas perimortem asociados con la muerte.

3.1.4. Caso 4.

Se trata de un cuerpo semi-esqueletizado hallado en superficie en un contexto peri-urbano, al aire libre y entre pastizales. Corresponde a un individuo masculino de entre 18 y 20 años de edad, con una estatura de 173 ± 4 cm y con una masa corporal calculada en 77,64 kg promedio (Figura 4).

Presentaba traumatismos perimortem por arma de fuego en el cráneo. Tenía dos orificios de entrada a nivel temporoparietal derecho y un tercer orificio de entrada tangencial en el frontal. Posiblemente, los tres orificios de salida hayan afectado la región temporoparietal izquierda que se encontraba completamente fracturada y no se pudo reconstruir. El cuerpo estaba parcialmente articulado con abundante presencia de tejidos blandos (piel y músculo) a nivel del rostro, brazo derecho, espalda y columna vertebral. Mientras que los miembros inferiores, antebrazos y pelvis estaban desarticulados y libres de tejido con excepción de algunos restos ligamentosos. Todos los huesos presentaban grasa ósea y no estaban meteorizados. La mayoría de los huesos que estaban presentes tenían más del 75% de completitud.

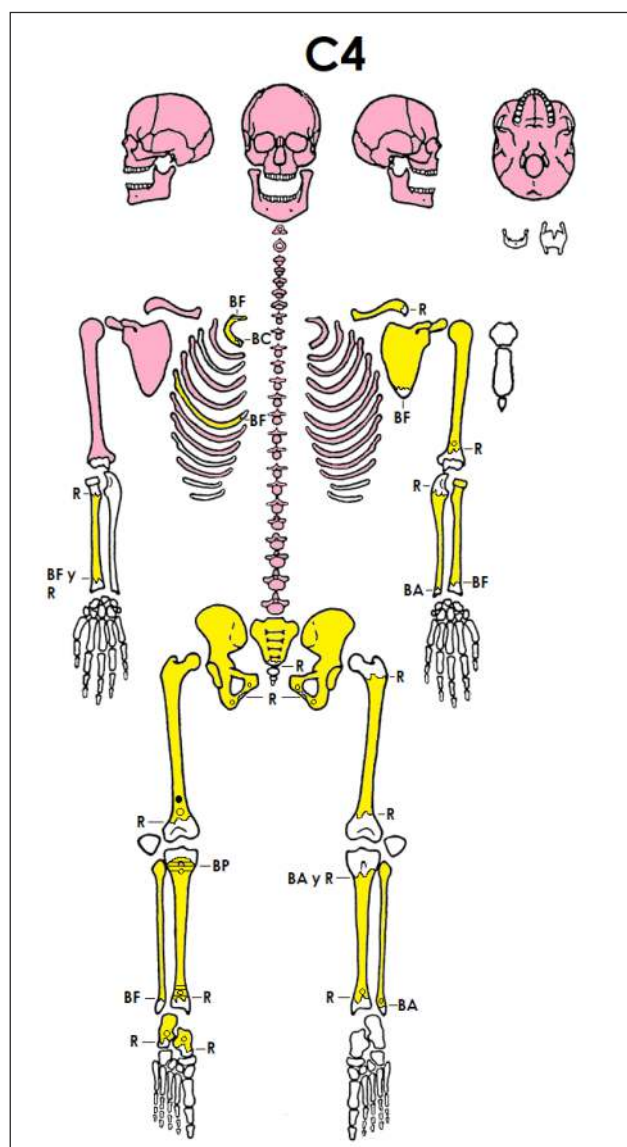


Figura 4. Caso C4. Completitud del individuo, elementos presentes y alteraciones. Referencias: Idem Figura 1.

3.1.5. Caso 5.

Se trata de los restos óseos de una mujer con una edad entre 25 a 40 años. La estatura y la masa corporal no pudieron ser estimadas debido a la ausencia de elementos diagnósticos completos (Figura 5).

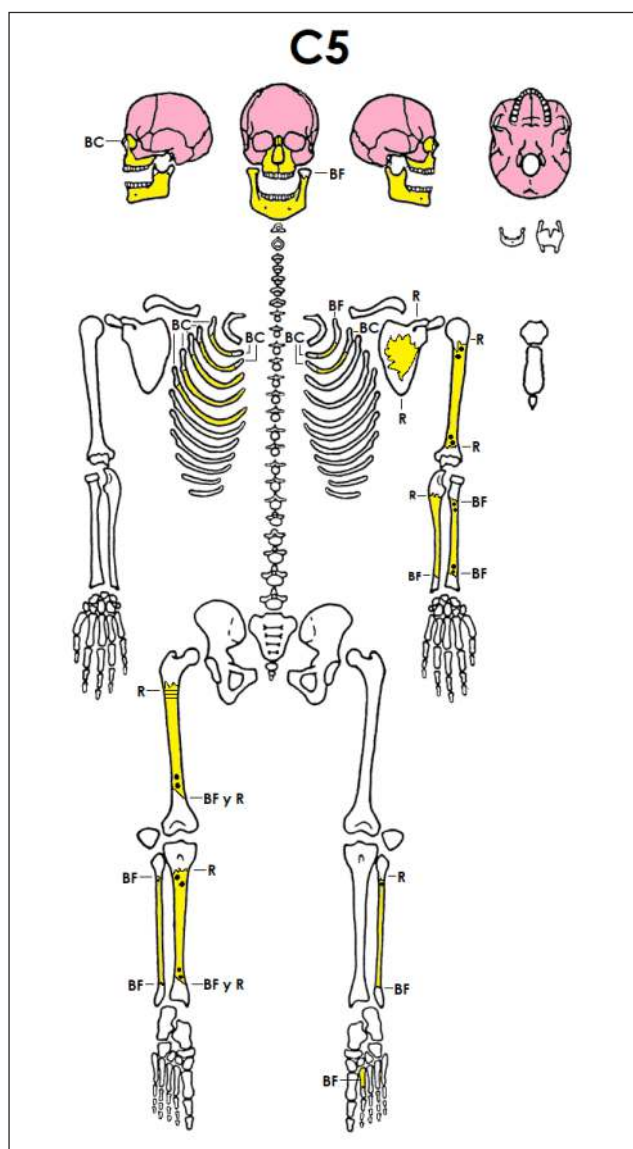


Figura 5. Caso C5. Completitud del individuo, elementos presentes y alteraciones. Referencias: Idem Figura 1.

En ese caso pudo intervenir un antropólogo durante las tareas de levantamiento en el lugar del hallazgo. El cuerpo fue hallado en un lote baldío en un barrio urbano, con abundante vegetación de mediana altura. Si bien la mayoría de los elementos de mayor tamaño se encontraban próximos al lugar de descomposición original (radio de 2 metros) se recuperaron algunos elementos a una distancia considerable. Algunos fragmentos de tibia, cúbito, costilla y fragmento de metatarso o metacarpo fueron hallados entre 10 y 50 metros de distancia, asociados a los lugares de vivienda de los cánidos de la zona. Resulta relevante

mentar que todos los restos óseos recuperados, así como también la vegetación y sedimentos asociados presentaban un fuerte olor a descomposición, como también los perros de la zona que habían estado alimentándose del cuerpo. Teniendo en cuenta esta situación, es como se decidió rastrear el lugar con el fin de buscar elementos dispersos. Justamente, el cúbito recuperado presentaba un infiltrado hemático perióstico a nivel de la diáfisis distal, probablemente de origen perimortem asociado a algún tipo de corte o golpe que provocó la rotura de los capilares. Todos los elementos óseos recuperados estaban desarticulados, tenían grasa ósea y algunos pocos restos de ligamentos. La cavidad craneana presentaba líquidos del cerebro en su interior.

3.2. Resultados generales

A nivel del esqueleto axial se observó que los cráneos estaban presentes en todos los casos y además presentaban alteraciones, todas ellas concentradas a nivel de los huesos nasales. Los cuales se encontraban roídos, fracturados y crenulados; modificaciones que estaban solas o a veces en combinación. No se observaron marcas ni fracturas postmortem en otras regiones del cráneo que puedan ser asociadas a carnívoros. Las vértebras, por su parte, estaban ausentes en un porcentaje muy alto (75%), mientras que aquellas que pudieron recuperarse estaban dañadas en un bajo porcentaje (7%; 2/30). La pérdida de costillas también fue muy alta (75%), y las que pudieron recuperarse mostraban alteraciones en un 73% (22/30) con bordes crenulados en general y sólo algunos fracturados y aplastados. El 80% de los sacros estaba ausente, por lo que tienen una baja representación, y el único que se conservó no presentaba ningún tipo de alteración (0/1) (Figura 6).

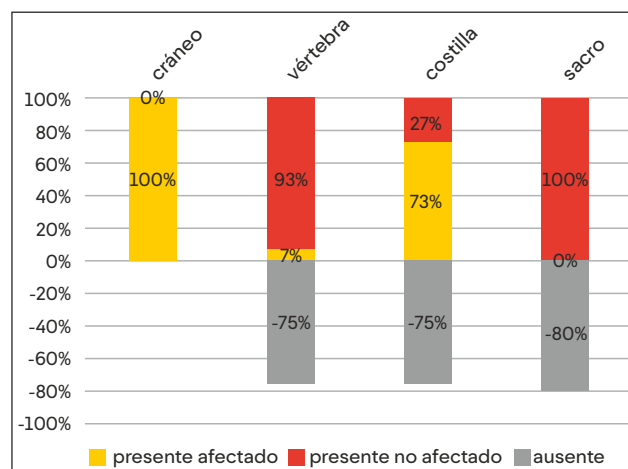


Figura 6. Esqueleto axial. Partes esqueléticas ausentes, presentes afectadas por carnívoros y presentes sin afectación.

Respecto del esqueleto apendicular, las regiones más afectadas fueron las manos (todos los elementos), los pies (todos los elementos), la cintura escapular (las clavículas) y el antebrazo (los radios). Muchos elementos estaban ausentes por el consumo, desarticulación y traslado por parte de los carnívoros, aunque también puede deberse a la falta de conocimiento por parte del personal de la policía para reconocer y recuperar ciertos elementos óseos (Figura 7).

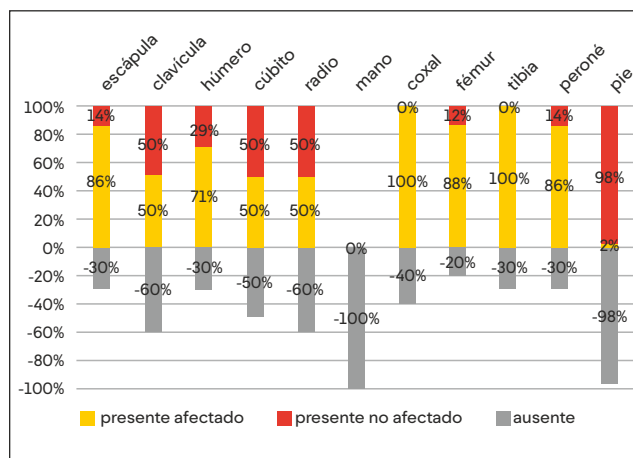


Figura 7. Esqueleto apendicular. Partes esqueléticas ausentes, presentes afectadas por carnívoros y presentes sin afectación.

Entre los elementos recuperados, a nivel de la cintura escapular, el 86% (6/7) de las escápulas presentes estaban roídas, aunque en algunos casos también se observaron fracturas, bordes crenulados y perforaciones, mientras que las clavículas estaban afectadas en un 50% (2/4), en un caso estaba roída y en el otro roída y fracturada. En cuanto a la cintura pélvica, el 100% (6/6) de los coxales estaban afectados con múltiples marcas, en su mayoría estaban roídos y con perforaciones. En algunos casos se detectaron depresiones y marcas de arrastre, así como también bordes aplastados. Los miembros superiores, presentaban el 71% (5/7) de los humeros afectados, los cuales estaban principalmente roídos, y en escasos casos se detectaron marcas de arrastre, depresiones y fractura con aplastamiento. El 100% (5/5) de los cúbitos estaba afectado por carnívoros con señales de roído en dos casos, mientras que el resto estaba fracturado o con muescas. El 50% (2/4) de los radios estaban afectados con fracturas y un caso roído. Respecto de los huesos de las manos, no se preservó ninguno.

Los miembros inferiores, presentaban el 87% (7/8) de los fémures con señales de roído en su mayoría y en algunos huesos se hallaron marcas de arrastre, depresiones y perforaciones. Es importante destacar que en el fémur derecho del individuo C3 se observó una fractura a nivel del cuello quirúrgico que puede haber sido ocasionada por el tironeo de los carroñeros.



Figura 8. Algunos daños producidos por perros domésticos en los casos estudiados. A) hueso nasal fracturado. B) Epífisis distal de tibia roída. C) Rama isquiopúbica con perforaciones, bordes aplastados y roída. D) Epífisis distal de peroné con perímetro crenulado. E) Epífisis distal de cúbito con borde fracturado y aplastado.

El 100% de las tibias estaban dañadas por los carroñeros, principalmente roídas y con marcas de arrastre y perforaciones, mientras que en un caso se observó una fractura con aplastamiento del borde. El 87% (6/7) de los peronés presentaba alteraciones en su mayoría roídos y con fracturas; algunos mostraban depresiones, muescas, aplastamiento de los bordes. De los huesos de los pies se hallaron 2 calcáneos que estaban afectados (100%) con evidencias de roído, perforaciones y surcos; un astrágalo (100%) que también estaba roído y un metatarso (100%) fracturado.

4. DISCUSIÓN.

En la provincia de Mendoza, se han reportado casos de hallazgos de restos óseos o cadáveres desmembrados en lugares abiertos urbanos y peri-urbanos [30, 31, 32], donde el consumo por parte de carnívoros, principalmente perros, es frecuente. Este fenómeno se observa sobre todo en cuerpos que se hallan en superficie o semi-enterrados. En estos escenarios las dificultades para la investigación forense son múltiples, ya que los carnívoros suelen modificar considerablemente el estado original del cuerpo.

El carroñeo, en los cadáveres analizados en este trabajo, produjo un barrido intenso de las costillas, esternón, manos, pies y antebrazos, logrando consumir y triturar gran parte de los elementos. Los huesos largos de los miembros inferiores presentaron fracturas de las epífisis, crenulado perimetral, perforaciones y marcas de arrastre indicando un procesamiento intenso de los cuerpos, además de la amplia dispersión. Si se tiene en cuenta el sitio de hallazgo en el que fueron encontrados los restos humanos, donde la presencia de perros domésticos es frecuente, y en base al patrón de consumo y marcas registrado, se interpreta que estos animales fueron el principal causante. Considerando los antecedentes en contextos forenses locales, es oportuno señalar que el patrón tafonómico observado, es diferente al encontrado en cuerpos humanos carroñados por zorros de Patagonia, donde además de sobrevivir una mayor cantidad de huesos, no se observan fracturas en huesos largos [17], indicando una menor fuerza en la mordida y menor intensidad de barrido. Esto demuestra, en los casos aquí estudiados, que los perros son los agentes que generan mayor perturbación de la escena del hecho mediante el consumo, desarticulación y transporte.

En relación a este último punto, es relevante considerar la dispersión de los restos óseos a la hora de la inspección en el lugar del hecho. En este sentido, cuando pudo intervenir un antropólogo durante los trabajos de terreno (como en el caso C5), se pudieron hallar y recuperar elementos a grandes distancias (50 metros), los que habían sido trasladados por

perros hasta, en este caso, su lugar habitual de residencia. La literatura disponible reporta casos de dispersión de cadáveres en lugares al aire libre. Los mismos van desde 3 a 15 metros de radio en superficies con pendientes, hasta las evidencias halladas en un barranco, donde alcanzó los 200 metros de radio [33]. En los casos presentados en este trabajo, los terrenos son planos o con muy leve pendiente y vegetación de mediana altura, correspondiente a ambientes áridos de monte, por lo que se estima que éstos no fueron factores importantes que incidieron en la dispersión de los elementos.

Los carnívoros provocaron en el 60% de los esqueletos, la ausencia de regiones anatómicas de manera completa o casi completa en las manos, pies, costillas y vértebras. Como regiones más afectadas siguieron las porciones distales de los miembros superiores, dado que las pérdidas de los cúbitos y radios eran mayores al 50%. Respecto de los miembros inferiores, lo más afectado, fue la parte distal, ya que las tibias y peroné alcanzaban el 30%. Las cinturas estaban considerablemente afectadas, con alto porcentaje de pérdida de las clavículas (60%), así como también de los coxales (40%). De esta manera, en las muestras analizadas se observó que los elementos más afectados son la caja torácica (costillas) seguidos por las epífisis distales de las extremidades (huesos de manos y pies, cúbito, radio, tibias y peroné). Luego, la desarticulación y mayor daño continúa hacia los fémures y húmeros, seguido por las cinturas pélvicas y escapular, y, por último, el cráneo, la columna vertebral y la mandíbula.

Esta graduación de mayor a menor intensidad del daño puede interpretarse de diferentes maneras según los autores. Para Haglund et al. [5], los elementos que muestran mayor daño son los primeros en ser desarticulados, por lo que indicarían la secuencia de desarticulación que, en su caso, fue primero el tórax, seguido por las extremidades superiores, las inferiores, columna vertebral y finalmente el cráneo [5]. Considerando la intensidad de daño en los casos aquí evaluados, podemos suponer que se cumple parcialmente dicha secuencia. Debido a que los niveles de mayor intensidad de carroñeo se registraron en la cavidad torácica y la sección más distal de los miembros superiores (antebrazos y manos) y de los miembros inferiores (pie, tibias y peronés). Sin embargo, el cráneo se ha visto desarticulado antes que las extremidades (C3), así como también los miembros inferiores han sido completamente desarticulados antes que los miembros superiores (C4). Probablemente, esta forma variable de aprovechamiento se deba a la intervención de más de un depredador, ya que ambos cuerpos estaban en un espacio abierto peri-urbano accesible a varios competidores intraespecíficos.

Pokines [4], por su parte, afirma que los elementos óseos que sufren mayor daño son aquellos huesos más pequeños, delgados y porosos que pueden ser más fácilmente fragmentados y consumidos por los carnívoros, lo cual está

relacionado con el tamaño y fragilidad del elemento óseo [4]. En nuestros casos, este supuesto fue corroborado ya que huesos largos de las extremidades presentaban fracturas por aplastamiento, lo que permite inferir que huesos más pequeños y frágiles como los de las manos y las costillas hayan sido triturados y consumidos por los mismos carnívoros, contribuyendo considerablemente a su baja supervivencia.

En cuanto a los elementos que muestran mayor intensidad de carroñeo, Bright [34] los asocia a aquellos que no están tan protegidos con tejidos blandos y, por lo tanto, están más expuestos al daño [34]. Las superficies óseas de elementos correspondientes a la articulación del hombro y la cadera de los casos estudiados se han visto menos afectados que los de la articulación del codo y la rodilla por lo que es posible aplicar esta interpretación en nuestra muestra. Aunque una vez lograda la desarticulación total del esqueleto, es decir, en etapas avanzadas de desarticulación, las epífisis de los huesos largos están roídas y afectadas de manera similar.

No se observó ninguna selección de elementos prioritarios de consumo o con mayor intensidad en relación al mayor

rendimiento energético (grasa) [34]. El barrido de todos los esqueletos analizados fue muy intenso, inclusive en los huesos largos de las extremidades. Esto está evidenciado tanto por las fracturas por aplastamiento de las epífisis y metáfisis como por el roído perimetral, llegando a dejar sólo la sección del cilindro con mayor densitometría, como es el caso C1. Sin embargo, la representación de estos elementos puede ser más informativa de la amplia dispersión, cantidad de animales, re-entierro, baja visibilidad o no reconocimiento de los elementos esqueléticos por parte del personal a cargo de la recolección, que de la supervivencia efectiva del elemento [34,35]. Es importante tener en cuenta que la ausencia de elementos esqueléticos de mayor tamaño como fémur, tibia, húmero puede deberse a problemas de recuperación, ya que fue realizada principalmente por personal de la policía que no tiene conocimientos en el campo de la antropología forense.

Respecto a la comparación del IPM estimado en base a la desarticulación y patrones de consumo [5] y al establecido mediante el estudio entomológico, se observa que sólo dos de los tres casos comparados coinciden (ver Tabla 2).

Caso	IPM (entomológico)	IPM (patrones de consumo)	Coincidencia
C3	2 meses	estadio 2 (2 a 4,5 meses)	Si
C4	17 días	estadio 2 (2 a 4,5 meses)	No
C5	1 a 3 meses	estadio 3 (2 a 11 meses)	Sí

Tabla 2. Comparación de IPM estimado según estudios entomológicos y los patrones de consumo [5].

En el C4, el patrón de desarticulación es anómalo y contrasta con las etapas halladas por Haglund et al. [5], donde la piel y músculos de la cara no habían sido removidos, lo cual puede estar relacionados con la causa de muerte por múltiples disparos con arma de fuego en el cráneo. Es posible que los residuos de pólvora (hallados en el caso C4) dejen algún tipo de olor no atractivo para los canes, lo cual deberá ser evaluado en futuros estudios experimentales con cerdos. En definitiva, el grado de consumo y sus respectivas etapas en los casos de estudio no proporcionan información confiable y precisa para definir el intervalo postmortem (IPM), tal como afirma Pokines [4] y que lo atribuye a múltiples variables como cantidad de carnívoros y tipos de especies que acceden al cadáver, la disponibilidad de recursos en el entorno, el estado del cuerpo, el tamaño de la víctima, la presencia de vestimenta, entre otros [4].

Finalmente, resulta importante destacar que la pérdida de regiones anatómicas y epífisis distales de huesos largos

debido al carroñeo intensivo dificultó las tareas de determinación de sexo, estimación de la edad y mediciones de la longitud para la estimación de la estatura y de la masa corporal [20,36]. En estos casos, la visibilidad de eventuales traumatismos perimortem que pudieron haber sufrido estos individuos se ve considerablemente reducida, tanto por la pérdida de elementos como por la alteración de los mismos ya que la probabilidad de detectar lesiones está directamente relacionada con el número de huesos que sobreviven.

5. CONCLUSIÓN.

En este trabajo se presentaron cinco casos forenses de cuerpos humanos hallados en la provincia de Mendoza (Argentina) que fueron carroñados por perros. Tal como se observó a partir de la desarticulación, supervivencia de

elementos, marcas y fracturas provocadas por los carnívoros, los cuerpos sufrieron un barrido intenso. En todos los casos los restos óseos recuperados estaban al aire libre, en sitios urbanos o periurbanos, donde la competencia interespecífica fue un factor que influyó en la gran dispersión de elementos y variabilidad de desarticulación de los esqueletos. La ausencia de coincidencia en las secuencias de desarticulación con los IPM estimados a partir de los estudios entomológicos, fue atribuida a la causa de muerte y a la actuación simultánea de múltiples animales. Lo cual señala las limitaciones al utilizar los patrones de desarticulación y supervivencia de restos óseos para estimar el tiempo de muerte cuando los cuerpos han sido carroñados. En consecuencia, este trabajo constituye un aporte a los registros de casos de cuerpos consumidos y alterados por perros, contribuyendo en un futuro próximo a desarrollar modelos locales considerando las particularidades geográficas y ambientales.

Asimismo, estos resultados advierten sobre la importancia de la participación de los antropólogos y personal especializado para una búsqueda y levantamiento más exhaustivo de los huesos dispersados por este agente tafonómico.

AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Javier Salinas Díaz, director del Cuerpo Médico Forense y Criminalístico, Ministerio Público Fiscal. A los evaluadores por sus valiosos comentarios que contribuyeron a mejorar este trabajo. Esta investigación ha sido financiada en parte con fondos de la Secretaría de Investigación, Internacionales y Postgrado de la Universidad Nacional de Cuyo (SIIP, Tipo 4 2019-2021).

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. DIRKMAAT D y PASSALACQUA N. 2015. Forensic Taphonomy: Introduction. Part IV. En: A Companion to Forensic Anthropology. Dirkmaat D (Ed.). Wiley Blackwell, pp 473-476.
2. POKINES JT y SYMES S. 2014. Manual of Forensic Taphonomy. CRC Press. Boca Ratón.
3. HILL A. 1980. Early Postmortem Damage to the Remains of some Contemporary East African Mammals. Fossils in the Making. Behrensmeier AK y Hill AP (Eds.). University of Chicago Press, Chicago, pp 131-152.
4. POKINES JT. 2014. Faunal dispersal, reconcentration and gnawing damage to bone in terrestrial environments. En: Manual of Forensic Taphonomy. Pokines JT y Symes SA (Eds.). CRC Press. Boca Ratón, pp 201-248.
5. HAGLUND WD, REAY DT y SWINDLER DR. 1989. Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the Pacific northwest. Journal of Forensic Sciences, 2 (3): 587-606.
6. WILLEY P y SNYDER LM. 1989. Canid Modification of Human Remains: Implications for Time Since-Death Estimations. Journal of Forensic Sciences, 34 (4): 894-901.
7. UBELAKER D y SCAMMELL H. 1992. Bones. En: A Forensic Detective's Casebook. Harper Paperbacks. New York.
8. HAGLUND WD. 1992. Contribution of Rodents to Postmortem Artifacts of Bone and Soft Tissue. Journal of Forensic Sciences, 37 (6): 1459-1465.
9. UBELAKER D. 1997. Taphonomic Applications in Forensic Anthropology. En: Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains. Haglund WD y Sorg MH (Eds.). CRC Press, pp 77-90.
10. GALTES I, GALLEGO MA, GIMÉNEZ D, PADILLA V, SUBIRANA M., MARTÍN-FUMADO C y MEDALLO J. 2014. A body, a dog, and a fistful of scats. Forensic Science International, 241: e1-e4.
11. HERNÁNDEZ-CARRASCO M, PISANI J, SCARSO-GIACONI F y FONSECA GM. 2016. Indoor postmortem mutilation by dogs: Confusion, contradictions and needs from the perspective of the forensic veterinarian medicine. Journal of Veterinary Behavior, 15: 56-60.
12. O' BRIEN RC, FORBES SL, MEYER J y DADOUR I. 2010. Forensically significant scavenging guilds in the southwest of Western Australia. Forensic Science International, 198: 85-91.
13. HAGLUND WD. 1997. Dogs and Coyotes: Postmortem Involvement with Human Remains. Forensic Taphonomy. En: The Postmortem Fate of Human Remains. Haglund WD y Sorg MH (Eds.). CRC Press, pp 367-381.
14. HAGLUND WD, REAY DT y SWINDLER DR. 1988. Tooth Mark Artifacts and Survival of Bones in Animal Scavenged Human Skeletons. Journal of Forensic Sciences, 33 (4): 985-997.
15. SINCERBOX S y DIGANGI E. 2017. Forensic Taphonomy and Ecology of North American Scavengers. 1ª Ed. Academic Press.
16. RODRÍGUEZ ID. 1997. Decomposition of Buried and Submerged Bodies. Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains. Haglund WD y Sorg MH (Eds.). CRC Press, pp 459-467.
17. MARTIN FM. 2002. Carnívoros y huesos humanos de Fuego-Patagonia. Aportes desde la Tafonomía Forense. Tesis Licenciatura. Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Buenos Aires. Disponible en: <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/9925>.
18. MANSEGOSA D, GIANNOTTI S, MARCHIORI J y FERNANDES AISA C. 2019. Antropología forense en Mendoza: puesta en marcha del acuerdo institucional entre la Facultad de Filosofía y Letras y el Ministerio Público Fiscal. En: Libro de Resúmenes del

- XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Laguens A, Bonnin M y Marconetto B (Comp). Universidad Nacional de Córdoba, pp.661-665.
19. BUIKSTRA JE y UBELAKER DH. 1994. Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains. Arkansas Archaeological Survey Research Series N° 44, Arcansas.
20. KRENZER U. 2006. Compendio de métodos antropológico forenses para la reconstrucción del perfil osteo-biológico. 1° Ed. Serie de Antropología Forense. Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas. Guatemala.
21. LAMENDIN H, BACCINO E, HUMBERT JF, TAVERNIER JC, NOSSINTCHOUK RM y ZERRILLI A. 1992. A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. *Journal of Forensic Sciences*, 37: 1373-1379.
22. LOVEJOY CO, MEINDL R, PRYZBECKTR, y MENSFORTH RP. 1985. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: A new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68: 15-28.
23. BASS WM. 1995. Human osteology: A laboratory and field manual of the human skeleton. Columbia, Missouri: Missouri Arch. Society, Special Public. No.2.
24. RUFF CB, SCOTT WW y LIU AYC. 1991. Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *American Journal of Physical Anthropology*, 86 (3): 397-413.
25. ABALLAY FH. 2012. Tesis doctoral. Estudios estacionales en composición, colonización y asociación de la entomofauna cadavérica, en relación a los estadios de descomposición en zonas áridas de llanura y de altura. Doctorado en Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Quilmes.
26. ABALLAY FH, JOFRÉ FN y CENTENO ND. 2017. Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 19 (2): 225-234.
27. BEHRENSMEYER AK. 1987. Taphonomic and Ecologic Information from Bone Weathering. *Paleobiology*, 4 (2): 150-162.
28. LLOVERAS ROCA L, RISSECH BADALLÓ C y ROSADO MÉNDEZ N. 2016. Tafonomía forense. En: *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública*. Sanabria-Medina (Ed). Colombia: Forensic Publisher, Bogota D.C., pp453-523.
29. SCHAEFER M, BLACK S y SCHEUER L. 2009. Juvenile osteology: a laboratory and field manual. Academic Press Elsevier, California.
30. LOS ANDES DIARIO. 2018. Empleados municipales hallaron un cráneo humano y restos óseos en un canal de Luján (19/5/2018). Disponible en:

<https://www.losandes.com.ar/article/view?slug=empleados-municipales-hallaron-un-craneo-humano-y-restos-oseos-en-un-canal-de-lujan>
31. LOS ANDES DIARIO. 2019. Encontraron el cadáver de una mujer en un descampado de Guaymallén (6/4/2019). Disponible en: <https://www.losandes.com.ar/article/view?slug=encontraron-un-cadaver-en-un-descampado-de-guaymallen>
32. Los Andes Diario. 2019. Encontraron el cuerpo de una mujer en Las Heras (15/03/2019). Disponible en: <https://www.losandes.com.ar/article/view?slug=encontraron-el-cuerpo-de-una-mujer-en-las-heras>
33. MORAITIS K y SPILIOPOULOU CH. 2010. Forensic implications of carnivore scavenging on human remains recovered from outdoor locations in Greece. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17: 298-303.
34. BRIGHT NL. 2011. Taphonomic signatures of animal scavenging in northern California: a forensic anthropological analysis. Tesis doctoral. Universidad del Estado de California, Chico.
35. WALTERS L. 1984. Gone to the Dogs: a Study of Bone Attrition at Central Australian Campsite. *Mankind*, 14 (5): 389-400.
36. AUERBACH BM y RUFF CB. 2004. Human Body Mass Estimation: A Comparison of Morphometric and Mechanical Methods. *American Journal of Physical Anthropology*, 125: 331-342.



ORIGINAL

Identificación humana por medios odontológicos y la bioquímica del diente como muestra.

HUMAN IDENTIFICATION BY ODONTOLOGICAL METHODS AND THE BIOCHEMICAL APPLICATION OF THE TOOTH AS A SAMPLE.

Adserias-Garriga J.¹, C. Zapico S.²

¹ Department of Applied Forensic Sciences, Mercyhurst University

² Department of Chemistry and Biochemistry and International Forensic Research Institute, Florida International University.

RESUMEN: Cuando se encuentran restos humanos esqueletizados, la prioridad de la investigación es determinar la identidad de la víctima. Una identificación positiva es un factor crucial para que las familias de las víctimas puedan pasar página; también se requiere para expedir el certificado de defunción y otros asuntos legales relacionados. La identificación de los restos humanos es un factor clave en las investigaciones forenses para poder investigar el crimen. Como consecuencia, la identificación es esencial debido a razones sociales, legales y forenses. En los últimos 30 años la odontología forense ha experimentado una importante transformación, en un principio se usaba ocasionalmente para identificación dental, pero recientemente su papel es más amplio, contribuyendo a la determinación del perfil biológico. Asimismo, la “huella genética” ha evolucionado no solo en cuanto a tecnología, también en su aplicación para la obtención no solo del perfil de ADN, también ayudando en la estimación de la edad, sexo y el ancestro. Aunque estas dos disciplinas se han desarrollado independientemente, sus caminos se han cruzado en muchas ocasiones en los escenarios que requieren la identificación de restos humanos. Esta revisión describe las contribuciones tanto de la odontología forense como de la biología molecular/bioquímica a la identificación humana, demostrando cómo un abordaje multidisciplinar contribuye a un proceso de identificación más eficiente y preciso.

PALABRAS CLAVE: Odontología Forense, Identificación humana, Biología y Bioquímica Forense.

ABSTRACT: When skeletonized human remains are discovered, the priority of the investigation is to determine the identity of the victim. Positive identification is a crucial factor for victims' families to turn the page; it is also required to issue the death certificate and other related legal matters. Identifying human remains is a key factor in forensic investigations in order to investigate crime. Thus, identification is essential for social, legal and forensic reasons. In the last 30 years, forensic dentistry has undergone a major transformation, originally used occasionally for dental identification, but recently its role is broader, contributing to the determination of the biological profile. Likewise, the “genetic fingerprint” has evolved not only in terms of technology, but also in its application to get not only the DNA profile, but also helping to estimate age, sex and ancestry. Although these two disciplines have been developed independently, their paths have been crossed on many occasions in scenarios that require the identification of human remains. This review describes the contributions of both forensic dentistry and molecular / biochemical biology to human identification, demonstrating how a multidisciplinary approach contributes to a more efficient and accurate identification process.

KEY WORDS: Forensic Dentistry, Human Identification, Forensic Biology and Biochemistry.

CONTACTO: Joe Adserias-Garriga Email: mjadserias@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

Ante el hallazgo de restos humanos, el principal objetivo de la investigación es determinar la identidad del fallecido; de hecho, cualquier investigación forense que involucre restos humanos sería muy difícil de resolver sin esta información. Para ello se pueden utilizar varios métodos y técnicas, dependiendo del estado de los restos.

El primer paso en el proceso de identificación es reconstruir el perfil biológico, que consiste en una descripción general del ancestro, el sexo, la edad, y a estatura del individuo.

Estos datos son los datos postmortem. Los datos antemortem consisten en cualquier información de ese individuo aportada por los familiares de la víctima que pueda utilizarse para la identificación.

La comparación de los datos antemortem and postmortem puede ofrecer una identificación positiva, una presunta identificación o una exclusión.

Se puede llegar a una identificación positiva científicamente probada con la utilización de las huellas dactilares, la odontología o el análisis del ADN. Por otra parte, una presunta identificación se da cuando hay varias consistencias entre los datos ante mortem y post mortem, pero ningún factor por sí solo justifica la identificación (Thompson y Black, 2006). Una presunta identificación puede basarse en los efectos personales, cicatrices, tatuajes, la evidencia contextual, el reconocimiento visual o la reconstrucción facial. Cuando los datos antemortem y postmortem no son consistentes, nos lleva a una exclusión.

La identificación dental es extremadamente útil cuando se intenta lograr una identificación positiva o una exclusión, ya sea en casos forenses aislados o en la identificación de víctimas de desastres de masas (DVI), donde la odontología forense ofrece un método expeditivo y científico de identificación comparativa. El campo de la odontología forense ha experimentado un cambio significativo en los últimos treinta años, desde la consulta a odontólogos forenses solo ocasionalmente en casos de identificación, hasta desempeñar un papel clave en el proceso de identificación cotidianamente (Senn y Stimson 2010). Hoy en día, la mayoría de las oficinas forenses, así como la mayoría de los departamentos de policía de todo el mundo, cuentan con odontólogos forenses como consultores que participan habitualmente en casos de identificación dental, estimación de la edad dental o marcas de mordedura.

A medida que avanzan las nuevas tecnologías, la odontología forense va incorporando nuevas técnicas y desarrollando nuevos métodos para su posterior aplicación en los casos forenses; Estos avances tecnológicos pueden aumentar significativamente la velocidad y la eficacia en la resolución de casos. Sin embargo, se debe se deben aplicar con rigurosidad científica para que puedan ser utilizados como evidencia forense en los tribunales (Kloosterman et al., 2015).

En la práctica actual, el análisis molecular de ADN es una herramienta extremadamente útil en investigaciones forenses. La creación de perfiles genéticos se basa en las repeticiones en tándem cortas (STR) y ayuda a la identificación humana a partir de muestras biológicas. En la última década, se han estudiado y propuesto nuevos biomarcadores para su uso en la identificación forense (Dumache et al., 2016). Asimismo, la tendencia actual es aplicar metodologías bioquímicas para determinar el perfil biológico: sexo, edad y ascendencia (Murakami et al., 2000; Witas et al., 2013; Cloos & Fledelius, 2000). Este artículo

tiene como objetivo revisar los métodos y técnicas que se pueden aplicar a los dientes y las estructuras orales para identificar al fallecido, desde la reconstrucción de un perfil biológico hasta la comparación antemortem y postmortem de datos dentales. Si bien algunas de estas técnicas también se pueden aplicar al individuo vivo, existen ciertas técnicas que son aplicables solo al cadáver.

2. MÉTODOS DE ODONTOLOGÍA Y BIOQUÍMICA APLICADOS A LA RECONSTRUCCIÓN DEL PERFIL BIOLÓGICO:

En los casos de identificación humana, el perfil biológico debe reconstruirse mediante marcadores específicos en huesos y dientes. La antropología forense ofrece un gran número de marcadores identificativos para la estimación del ancestro, el sexo, edad, estatura y, en ciertos casos, la patología. Los odontólogos forenses en particular, a través del examen de los dientes y las estructuras orales, pueden revelar características del individuo como la edad, el ancestro, el origen geográfico, el sexo, la ocupación, los hábitos y patologías pasadas y presentes (Berman et al., 2013a), como resultado, las estructuras dentales y maxilofaciales pueden ayudar a reconstruir el perfil biológico del individuo sin identificar. También, las técnicas moleculares han sido desarrolladas y aplicadas para la estimación del ancestro a través del ADN mitocondrial y los polimorfismos de nucleótido único (SNPs, por sus siglas en inglés) (Witas et al., 2013). Siguiendo esta misma línea de investigación, distintas metodologías bioquímicas han sido aplicadas para la estimación de la edad como por ejemplo la racemización del ácido aspártico (Cloos & Fledelius, 2000), mutaciones del ADN mitocondrial (Zapico & Ubelaker, 2015), epigenética (Bekaert et al., 2015), entrecruzamientos del colágeno (Martin-de las Heras et al., 1999), el análisis de los productos derivados de la glicosilación (AGEs, Advanced glycation end products, por sus siglas en inglés) (Baynes, 2001) o el acortamiento de los telómeros (Tsuji et al., 2002).

2.1. Estimación del Ancestro.

Algunos rasgos dentales pueden usarse como indicador de ciertos grupos ancestrales. Los rasgos más típicos de los individuos de origen caucásico son la cúspide de Carabelli en los primeros molares maxilares, una barbilla bilobulada, o una fosa canina profunda. Los indicadores de un ancestro negroide consisten en premolares multicúspide, diastema en la línea media maxilar, y un prognatismo muy pronunciado. Indicadores de ancestro mongoloide incluyen incisivos en forma de pala, fosas bucales y rotaciones de los

incisivos (Berman et al., 2013a). Aunque estas características dentales pueden ayudar a la estimación del ancestro, la conclusión final para esta determinación la tiene la evaluación antropológica. Las metodologías moleculares pueden ser aplicadas también para la estimación del ancestro, como el ADN mitocondrial y los SNPs. Sin embargo, hay pocos estudios que aplican esta metodología en dientes, la mayoría de estos trabajos han sido desarrollados con muestras de sangre. Los estudios que usan dientes son arqueológicos (Witas et al., 2013) o comparan antiguos especímenes con poblaciones actuales (Goncalves et al., 2010).

2.2. Origen Geográfico.

El tipo de restauración dental y los materiales usados pueden indicar el país o región donde el tratamiento fue realizado. Las coronas de plata u oro en los dientes anteriores son muy frecuentes en Centro y Sudamérica; las coronas de metal con revestimiento acrílico en los dientes anteriores son comunes en Europa del Este. Algunas condiciones dentales pueden ofrecer información sobre el origen geográfico de los restos humanos. Por ejemplo, la fluorosis dental puede ser indicativa de Texas, Nuevo Méjico, y otras partes rurales de Estados Unidos, China, África o India (Berman et al., 2013a). Además, modificaciones dentales se practican hoy en día en ciertas partes de Sudáfrica (Hollowell and Childers, 2007; Friedling and Morris, 2005).

El análisis de isótopos puede ser usado para la determinación del origen geográfico, como el ^{13}C . Este es un isótopo estable que constituye alrededor del 1,1% de todo el carbón. Las plantas pueden discriminar entre ^{12}C y ^{13}C , creando diferencias en los niveles de estos isótopos entre distintos tipos de plantas. Basándose en la fijación del CO_2 durante la fotosíntesis, es posible distinguir entre plantas C4 (como el maíz y la caña de azúcar), que contienen altas cantidades de ^{13}C , y plantas C3 (como la patata, el trigo, y la remolacha azucarera), ya que se difunde a través de los estomas al aire (Kubasek et al., 2013). Plantas C4 tienden a crecer en ambientes más calientes o secos que las plantas C3. Los animales, incluyendo humanos, con dietas basadas principalmente en plantas C4 incorporarán más ^{13}C que los que tienen dietas basadas en plantas C3, por lo que es posible diferenciar el origen geográfico. Otro isótopo estable que muestra variación geográfica es ^{18}O . La incorporación de este isótopo en tejidos animales se correlaciona con los niveles de agua potable, y estos niveles varían con la latitud debido a diferencias en la evaporación y condensación entre ^{16}O y ^{18}O (Chesson et al., 2008). Los

estudios que han analizado estos isótopos en esmalte dental indican que podrían ser útil para dar información sobre el origen geográfico del individuo (Alkass et al., 2011, Alkass et al., 2013).

2.3. Determinación del sexo.

Aunque existen muchos estudios científicos que avalan el dimorfismo sexual de los dientes (Kapila et al., 2011; Schwartz and Dean, 2005; Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Silva et al., 2016), esta determinación no es precisa (Berman et al., 2013a). La determinación del sexo en casos forenses debe llevarse a cabo a través del estudio antropológico o molecular. La determinación del sexo en restos humanos es más difícil si estos restos están fragmentados o mezclados. Además, desde el punto de vista antropológico, la determinación del sexo en restos de niños y preadolescentes es aún más complicada debido a que todavía no se han desarrollado las características sexuales (Potsch et al., 1992, Murakami et al., 2000). Los métodos moleculares han sido usados para resolver estos problemas. Entre estos métodos, la amplificación de la secuencia repetida en el cromosoma Y, DYZ3, a través de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, de sus siglas en inglés), desarrollado por Witt y Erickson en 1986 (Tyler et al., 1986, Kobayashi et al., 1988, Fukushima et al., 1988, Horiuchi et al., 1988, Akane et al., 1991), que puede detectar también la secuencia repetida del cromosoma X, DXZ1, produciendo una determinación precisa del sexo. Este método fue estudiado también en dientes (Murakami et al., 2000), produciendo buenos resultados en pulpa y tejidos duros bajo ciertas condiciones, aunque a veces los tejidos pulparios no pudieron ser amplificados para la determinación del sexo, dando resultados los tejidos duros. Un estudio de nuestro grupo (Zapico & Ubelaker, 2013) analizó la eficiencia de la determinación del sexo en dentina y pulpa, pero basado en la amplificación del gen de la amelogenina. Estos genes se localizan en los cromosomas X e Y en humanos y expresan diferentes secuencias intrónicas. El gen de la amelogenina en el cromosoma X tiene 106 pares de bases, mientras que el mismo gen en el cromosoma Y tiene 112 pares de bases (Bansal et al., 2012). Las mujeres tienen dos genes AMEL idénticos pero los hombres no (Sivagami et al., 2000), que puede ser usado para la determinación del sexo. Nuestro estudio indica que el sexo puede determinarse a través de la pulpa y poca cantidad de dentina, aunque la eficiencia de extracción de ADN depende del tipo de diente analizado, en este caso los molares dieron los mejores resultados.

3. ESTIMACIÓN DE LA EDAD:

Para la reconstrucción del perfil biológico resulta básico estimar la edad de muerte de lo desconocido. La estimación de la edad se puede inferir mediante diversos enfoques, la selección de los métodos y técnicas que se utilizarán para estimar la edad dependerá de las condiciones de los restos, así como de su aplicabilidad a la categoría de edad del individuo.

3.1. Estimación de la edad dental.

La estimación de la edad dental se puede abordar a través del desarrollo, erupción y cambios postformativos. Debido a que los dientes están altamente mineralizados y generalmente se conservan bien a lo largo de la putrefacción, son especialmente útiles en la estimación de la edad. Además, se ven mínimamente afectados por el daño ambiental y nutricional en comparación con otros indicadores de edad esquelética (Gran et al., 1965; Cunha et al., 2009; Elamin y Liversidge, 2013). Por lo tanto, la estimación de la edad basada en el desarrollo dental y la erupción muestra una mayor precisión que otros métodos antropológicos basados en el desarrollo y el crecimiento óseo.

3.2. Estimación de la Edad Dental del Feto.

La dentición es un excelente indicador de edad desde el desarrollo intrauterino, debido al desarrollo del diente embrionario que comienza temprano en el desarrollo fetal. El grado de mineralización morfológica del esmalte se puede visualizar radiográficamente (Lewis y Senn, 2013). También se pueden realizar análisis histológicos de las líneas de crecimiento incremental dentro del esmalte, las estrías de Retzius (Copenhaver et al., 1978). Cuando se produce una alteración sistémica, el proceso de mineralización del esmalte se interrumpe y las estrías en desarrollo aparecerán más oscuras. El estrés fisiológico sufrido en el parto se reflejará en el proceso de mineralización del esmalte, por la aparición de la línea de crecimiento incremental más oscura y más grande en los dientes de hoja caduca, que se llama la línea neonatal. (Bath-Balogh y Fehrenbach, 2006). La presencia de la línea neonatal puede indicar que el niño vivió después del nacimiento, sin embargo se debe tener en cuenta que la línea neonatal tarda algunas horas o días en aparecer tras el nacimiento.

3.3. Estimación de la Edad Dental del Niño.

La estimación de la edad dental en niños se basa en el desarrollo y la erupción de los dientes. Básicamente, existen dos categorías metodológicas para la estimación de la edad del niño: los atlas y el sistema de estadiaje. Ambas metodologías se basan en exámenes radiográfico. Schour y Massler (1941), Ubelaker (1989) y The London Atlas de AlQahtani et al. (2010) son los atlas más utilizados en odontología y antropología, y son aplicables tanto en contexto arqueológico como forense (Schour y Massler, 1941; Ubelaker, 1989; AlQahtani et al., 2010). Los atlas se pueden utilizar en rangos de edad que van desde semanas intraútero hasta la madurez. Si bien no se reflejan diferencias de sexo, la aplicación informática de AlQahtani permite registrar datos masculinos, femeninos y desconocidos; A pesar de que no hay diferencias significativas entre los sexos, los resultados obtenidos al registrar el sexo son ligeramente diferentes.

Un factor a tener en cuenta al trabajar con atlas es el concepto de erupción dentaria; mientras Ubelaker define la erupción como el momento en que el diente emerge a través del tejido gingival, AlQahtani define la erupción como la emergencia a través del hueso alveolar (Lewis y Senn, 2013). Con respecto al sistema de estadiaje, el sistema Moorrees (Moorrees, 1963a, b) y el sistema Demirjian (Demirjian et al., 1973; Demirjian y Goldstein, 1976) son los más utilizados en odontología forense. El sistema de Demirjian consiste en puntuar el cuadrante izquierdo mandibular excluyendo el tercer molar en ocho etapas (de A a H) (Demirjian et al., 1973; Demirjian y Goldstein, 1976).

3.4. Estimación de la Edad Dental del Adolescente.

A medida que avanza el proceso de desarrollo esquelético, se dispone de menos indicadores de edad basados en el desarrollo. Los elementos esqueléticos pueden proporcionar una estimación de la edad en los adolescentes y la edad adulta temprana, como el desarrollo de huesos largos, la maduración de la mano y la muñeca, la fusión de la sincondrosis esfenoccipital / basilar, la cresta ilíaca y el anillo vertebral y la fusión del extremo esternal de la clavícula (Cunha et al., 2009).

Respecto a la estimación de la edad dental en este rango de edad, el único diente que todavía experimenta crecimiento y formación a los 14 años es el tercer molar (Lewis y Senn, 2013). Si bien el tercer molar es el diente más variable, es el indicador biológico que nos ofrece mayor confianza durante la adolescencia y la edad adulta temprana (Harris et al., 2010; Lewis y Senn 2013).

Mincer desarrolló un sistema de puntuación en 1993 aplicando las seis etapas de desarrollo de Demirjian en terceros molares. Este método se usa ampliamente para evaluar la mayoría de edad legal, por lo tanto, cuando se alcanza la etapa "H", existe una alta probabilidad de que el individuo tenga al menos dieciocho años (Lewis y Senn, 2013).

La combinación de indicadores dentales y óseos ofrece una mayor precisión de la estimación. Schmeling y col. (2004) propusieron estimaciones de edad que combinan el tercer molar, los huesos de la mano y la muñeca y el desarrollo de la clavícula (Schmeling et al., 2004). Cameriere et al. (2004) establecieron que la relación del área pulpar-diente del segundo molar y la etapa de desarrollo del tercer molar en combinación resultó en una mejor evaluación de si un individuo había alcanzado los dieciocho años de edad que cualquiera de los métodos por sí solo (Cameriere et al., 2004; Harris et al., 2010).

3.5. Estimación de la Edad Dental del Adulto.

Cuando el crecimiento y el desarrollo concluyen, la estimación de la edad esquelética y dental solo puede basarse en cambios degenerativos del esqueleto. Gustafson (1950) utilizó seis cambios postformativos del diente (desgaste, estado periodontal, dentina secundaria, aposición de cemento, reabsorción y translucidez radicular) que se puntúan entre 0 y 3 (Gustafson, 1950). Sin embargo, este estudio asume que todas las variables son igualmente efectivas en la evaluación de la edad, y que las seis variables son estadísticamente independientes (Harris et al., 2010), lo que constituye una limitación de este método.

Johanson (1971) realizó una modificación de este método, calificando microscópicamente los mismos cambios postformativos (Johanson, 1971). Maples (1978) generó diferentes fórmulas de regresión considerando la aposición secundaria de dentina y la translucidez de la raíz (Maples, 1978). Lamendin y col. (1992) consideraron la transparencia de la raíz y la recesión periodontal para la estimación de la edad (Lamendin et al., 1992), mientras que Prince y Ubelaker (2002) modificaron el método de Lamendin teniendo en cuenta el sexo y el ancestro (Prince y Ubelaker, 2002). Kvaal y col. (1995) desarrollaron un método para estimar la edad mediante la evaluación de cambios progresivos del tamaño de la pulpa debido a la aposición secundaria de la dentina. Aunque el desgaste dental se utiliza tradicionalmente para estimar la edad en los restos antiguos (Brothwell, 1989), es de poca utilidad en las poblaciones contemporáneas. Existen varios factores externos que deben considerarse porque pueden afectar la estimación de la edad, como el

tratamiento de ortodoncia, el tratamiento de conductos, las restauraciones dentales, el trauma y la oclusión. Por lo tanto, todas estas técnicas de estimación de la edad dental se basan en la evaluación de los dientes no restaurados y con una oclusión normal (Lewis y Senn, 2013).

3.6. Estimación de la edad basado en parámetros bioquímicos de muestras dentales.

Las nuevas metodologías para la estimación de la edad están basadas en el proceso natural del envejecimiento, que produce alteraciones en tejidos y órganos a distintos niveles bioquímicos (Zapico & Ubelaker, 2013). Siguiendo esta línea de investigación, algunas de estas nuevas metodologías bioquímicas han sido aplicadas a dientes para determinar la edad.

3.7. Racemización del Ácido Aspártico.

La racemización del ácido aspártico parece ser la técnica más precisa de todas las nuevas técnicas bioquímicas. Desde su descubrimiento en 1975 (Helfman & Bada, 1975), muchos estudios han puesto de manifiesto su precisión y su aplicación a varios tejidos. Esta técnica se basa en el proceso natural, que convierte compuestos activos ópticamente en una mezcla racémica. En los sistemas vivos, los aminoácidos L son los más comunes debido a la especificidad esteroquímica de los enzimas, que utilizan enantiómeros L. La racemización convierte esta forma L en forma D, que produce alteraciones en la configuración de proteínas metabólicamente estables, induciendo cambios en sus actividades químicas y biológicas (Masters et al., 1977). Estas alteraciones pueden contribuir a los cambios progresivos asociados con el proceso de envejecimiento (Helfman et al., 1977). En particular, el ácido aspártico tiene uno de los rangos de racemización más rápidos, esto lo convierte en el aminoácido ideal para usar en estudios forenses (Cloos & Fledelius, 2000).

Los estudios forenses de la aplicación de esta técnica para la estimación de la edad que han sido desarrollados en dentina (Helfman & Bada, 1976, Ohtani, 1995a, Ritz et al., 1990) y cemento (Ohtani, 1995c) encontraron una correlación positiva entre la racemización del ácido aspártico y la edad. La dentina fue el mejor tejido para la estimación cronológica de la edad, basado en su precisión, simplicidad, y tiempo requerido. Respecto a la técnica para la medición, la cromatografía de gases (GC, de sus siglas en inglés), parece ser la más apropiada. Sin embargo, esta metodología no está exenta de desventajas, el grado de racemización

depende del tipo de diente, se han observado valores diferentes entre las porciones labiales y linguales (Ritz et al., 1990, Ritz et al., 1993). Por lo tanto, una buena práctica es analizar “toda la dentina de las secciones longitudinales” y crear un muestreo estándar (Ohtani & Yamamoto, 1991b, Ohtani & Yamamoto, 1991a, Ohtani & Yamamoto, 1992). Esta metodología no es fiable en cuerpos que han sido expuestos a altas temperaturas (Ritz et al., 1993, Ritz et al., 1990), dado que la racemización es una reacción química de primer orden, está influenciada por la temperatura y otros factores (Arany & Ohtani, 2010). A pesar de estas desventajas, muchos estudios han demostrado su precisión para la estimación de la edad en restos humanos, con errores bajos (alrededor de ± 3 años) (Ogino et al., 1985, Ohtani, 1995b, Ohtani & Yamamoto, 2010).

3.8. Plomo.

El plomo es uno de los contaminantes más significativos del medio ambiente (Al-Qattan & Elfawal, 2010). Su exposición se mide como concentración de plomo en el diente ya que la dentina es el principal lugar para la deposición de plomo (Steenhout & Pourtois, 1981). Algunos autores han analizado la relación entre la acumulación de plomo y la edad. Los resultados han sido controvertidos, en dientes deciduos, algunos estudios encontraron un incremento lineal con la edad (Altshuler et al., 1962), mientras otros solo encontraron esta relación en un tipo de diente, como el canino (Mackie et al., 1977) o una regresión negativa del molar inferior (Pinchin et al., 1978). Otros autores no encontraron una correlación (Habercam et al., 1974, Holtzman et al., 1968). En dientes permanentes, muchos autores encontraron una correlación positiva entre los niveles de plomo y la edad (Strehlow & Kneip, 1969, Al-Qattan & Elfawal, 2010, Bercovitz & Laufer, 1991, Steenhout & Pourtois, 1981). De hecho, con objetivos forenses, Al-Qattan y Elfawal (Al-Qattan & Elfawal, 2010) encontraron una correlación significativa entre la edad y los niveles de plomo en dentina en la población de Kuwait, con una diferencia entre la edad real y la estimada de 1.3 ± 4.8 años. Sin embargo, la fórmula propuesta, solo se puede aplicar a la población de Kuwait. Se requiere más investigaciones en otras poblaciones y ambientes.

3.9. Entrecruzamientos de Colágeno.

Las matrices de colágeno de dentina y otros tejidos esqueléticos conectivos se estabilizan mediante cruzaminetos covalentes entre moléculas de colágeno (Eyre, 1987, Mechanic et al., 1971). Estos entrecruzamientos se forman a través de reacciones intermoleculares de residuos de aldehídos producidos en los monómeros de proteína de

lisil oxidasa (Piez, 1968). Sin embargo, estos desaparecen con la maduración de tejidos conectivos (Eyre et al., 1988, Walters & Eyre, 1983). A través de reacciones espontáneas en el polímero de colágeno, este puede producir componentes no-reducidos maduros (Bailey & Shimokomaki, 1971, Robins et al., 1973). Deoxipirridinolina (DPD), un componente no-reducido entrecruzado, fue analizado en molares permanentes de pacientes entre 15 y 73 años con fines forenses (Martin- de las Heras et al., 1999), utilizando un inmunoensayo. Este estudio encontró un incremento del ratio DPD en relación con la edad, sin embargo, el error de la estimación ± 14.9 años con un nivel de confianza de 65% level of confidence.

3.10. Composición química.

Las características químicas de la dentina se deterioran con la edad. De hecho, el proceso de envejecimiento produce una formación gradual de una dentina transparente sin caries, empezando por la punta de la raíz y a veces extendiéndose hasta la dentina de la corona (Micheletti Cremasco, 1998, Vasiliadis et al., 1983b, Vasiliadis et al., 1983a). La transparencia de la dentina se debe a la mineralización de la dentina alrededor de los túbulos dentinales (dentina peritubular) y la reducción gradual de los túbulos dentinales (Amprino & Engstrom, 1952). Estos túbulos se hacen más delgados con la edad y su número se reduce. Estos cambios con la edad están acompañados de cambios en la composición química (Kosa et al., 1990). La espectroscopía de Raman fue usada para analizar esta composición, estableciendo un coeficiente de correlación parcial entre los parámetros predictores y la edad, estimándola con un error medio de 5 años (Tramini et al., 2001).

Utilizando esta técnica en combinación con resonancia de Ultravioleta (UVRRS), se encontró un incremento en la altura del pico de la amida I en dentina deshidratada y desmineralizada, porque incrementa la interacción entre las fibras de colágeno causadas por el elongamiento y el movimiento intrafibrilar (Ager et al., 2006).

3.11. Productos derivados de la Glicosilación, Advanced Glycation End products (AGEs).

La reacción de Maillard es una serie de reacciones complejas entre azúcares reducidos y grupos amino de las proteínas, que pueden producir entrecruzamientos entre proteínas, así como productos fluorescentes. Los AGEs se forman durante las últimas fases de estas reacciones, y se acumulan en las proteínas de los tejidos, y contribuyen a los procesos de

envejecimiento y enfermedades asociadas (Baynes, 2001). Estas reacciones producen cambios de color, basándose en esto, algunos estudios han intentando realizar una estimación de la edad en tejidos duros dentales, como dentina y esmalte (Solheim, 1993, de, 1950, Brudevold et al., 1957), su color es más amarillo con la edad. Ten Cate llegó a las mismas conclusiones, encontrando un incremento de raíces amarillas con la edad (Ten Cate et al., 1977). Sin embargo, Lackovic y Wood (Lackovic & Wood, 2000), encontraron que las superficies mesiales de las raíces estaban menos amarillas que en las otras tres superficies, aunque encontraron un incremento positivo del color con la edad. Martin de las Heras y colaboradores (Martin-de las Heras et al., 2003) analizaron los cambios de color con la técnica de espectrorradiometría, encontrando una correlación con la edad, aunque el error fue 13.7 años y estaba afectado por el intervalo post-mortem.

3.12. Acortamiento de Telómeros.

Los cromosomas en eucariotas se protegen de la degradación y la recombinación anormal mediante estructuras especializadas llamadas telómeros, que son repeticiones simples de seis bases en humanos (Moyzis et al., 1988). Estas estructuras son replicadas por la telomerasa, una transcriptasa reversa específica que mantiene la longitud de los cromosomas. Sin embargo, debido al requerimiento de un oligo de ARN, las ADN polimerasas no pueden replicar el extremo 3' de la hebra parental de ADN, y en ausencia de mecanismos compensatorios, los telómeros se acortan por cada división celular (Counter et al., 1992), y como consecuencia, con la edad. Teniendo esto en cuenta, y usando Southern blot no radiactivo, la longitud de los telómeros fue analizada en ADN de pulpa de 100 molares sanos, encontrando una fuerte correlación negativa entre la longitud de los telómeros y la edad (Takasaki et al., 2003). Esta técnica fue aplicada a casos forenses, pero el error fue alto 7.52-10 años entre la edad estimada y la edad real (Tsuji et al., 2002). La causa de la muerte y el intervalo post-mortem parecen ser los factores clave en cuanto a la falta de precisión de esta técnica.

3.13. ADN Mitocondrial.

De acuerdo con la teoría de envejecimiento presentada por Harman (Harman, 1960), la producción de los radicales libres se incrementa con el edad, y juega un papel fundamental en el proceso degenerativo de senescencia, como el origen del daño molecular celular. El ADN mitocondrial (mtDNA, por sus siglas en inglés) está localizado cerca de la membrana interna de la mitocondria donde los enzimas de la Cadena de

Transporte de Electrones producen radicales libres, causando mutaciones heteroplásmicas. Estas mutaciones producen el deterioro de la función respiratoria de la mitocondria, que produce más mutaciones en el mtDNA (Beckman & Ames, 1998b, Beckman & Ames, 1998a, Harman, 1972, Wei & Lee, 2002). Estas mutaciones parecen acumularse con la edad, por lo que podrían ayudar a determinar este parámetro. Aunque este abordaje se ha analizado en diferentes tejidos, encontrando una buena correlación de mutaciones mitocondriales con la edad, solo existen dos estudios que investigaron esta metodología en dientes. Mornstad y colaboradores (Mornstad et al., 1999) demostraron una reducción de la cantidad de mtDNA en dentina con la edad, analizando la región hipervariable 2 (HV2, de sus siglas en inglés) del mtDNA en terceros molares. Un estudio de nuestro grupo (Zapico & Ubelaker, 2015), desarrollado también en terceros molares, estudió la eficiencia de amplificación de HV2 a través de PCR a tiempo real en dentina y pulpa, encontrando una correlación lineal negativa fuerte entre la amplificación de mtDNA y la edad en dentina. Sin embargo, no se encontró correlación en la pulpa, probablemente debido a que la mayoría de las mitocondrias están en la dentina. En este estudio, dos poblaciones diferentes fueron analizadas, encontrándose diferencias en las alteraciones del mtDNA entre ellas, lo que sugiere un componente ancestral.

3.14. Técnicas epigenéticas.

Recientemente, la investigación epigenética ha dado lugar a un nuevo campo de investigación para la estimación de la edad. Diferentes estudios indican que los niveles de metilación global descienden con la edad (Fraga, 2009), aunque sitios CpG locales específicos pueden estar hipo- o hiper-metilados con la edad (Florath et al., 2014). Los sitios CpG localizados en las islas CpG en particular se hipermetilan, mientras que los CpG hipometilados se encuentran fuera de estas islas (Johansson et al., 2013). Basándose en estas premisas, muchos grupos han identificado sitios CpG que se correlacionan significativamente con la edad, determinando este parámetro con modelos lineales, usando un set de marcadores de metilación en un tejido o en múltiples tejidos (Johansson et al., 2013). A pesar de estos estudios en diferentes tejidos, solo un artículo (Bekaert et al., 2015) ha analizado la aplicación de esta metodología en dientes. Los niveles de metilación de tres genes asociados con la edad (PDE4C, ELOVL2 y EDARADD), fueron analizados en muestras de dentina y una regresión cuadrática fue aplicada a los resultados con un $r^2 0.74$ y una desviación absoluta de la 4.86 años. Este estudio preliminar en dientes abre la puerta a una nueva línea de investigación para la determinación de la edad.

3.15. Radiocarbono Análisis.

Uno de los abordajes relativamente nuevos para es el uso del análisis de radiocarbono para determinar el año de nacimiento, independientemente de la edad del individuo en el momento de la muerte (Spalding et al., 2005a, Spalding et al., 2005b). Clásicamente, el análisis de radiocarbono (^{14}C) ha sido usado para datar material arqueológico, aunque se ha adaptado para su uso en casos forenses modernos basado en el deterioro radiactivo del ^{14}C en el material biológico (Libby et al., 1964). Esta metodología se llama pulso-bomba ^{14}C y tiene en cuenta el incremento sustancial de los niveles globales de ^{14}C debido a los test nucleares de detonaciones de bombas entre 1955-1963 (Nydal & Lovseth, 1965, Spalding et al., 2005a). Las medidas repetidas de ^{14}C en la atmósfera y en productos biológicos de edad conocida han dado valores de referencia que pueden ser comparados para la estimación de la edad (Spalding et al., 2005a). De hecho, este análisis ha sido mejorado por la aplicación de la técnica de espectrometría de masas acelerada (AMS, de sus siglas en inglés). Esta metodología cuenta todos los átomos ^{14}C y ofrece unos resultados más precisos usando muestras más pequeñas que estudios previos (Ubelaker, 2014). Aunque diferentes tejidos han sido analizados con esta técnica, huesos y dientes parecen ser los más frecuentemente usados. Spalding y colaboradores (Spalding et al., 2005b) describen este análisis en esmalte dental para determinar la fecha de nacimiento de individuos si la formación de la corona ocurrió antes de la era del pulso-bomba. El esmalte dental no se remodela y preserva los valores de radiocarbono del tiempo de formación. Más tarde, el mismo autor presentó detalles adicionales para esta técnica (Buchholz & Spalding, 2010). En el 2010, Alkass y colaboradores (Alkass et al., 2010) usaron esmalte dental y análisis de radiocarbono para estimar la fecha de nacimiento y lo combinaron con datos de racemización de ácido aspártico para determinar la edad en el momento de la muerte. Un año más tarde, Ubelaker y Parra (Ubelaker & Parra, 2011) analizaron los niveles de radiocarbono en esmalte dental, hueso femoral cortical y hueso trabecular de los cuerpos vertebrales de cuatro individuos (con edades en el momento de la muerte entre 16-56 años) de Perú. Encontraron que los datos del esmalte dental fueron más precisos con las fechas de nacimiento conocidas teniendo en consideración el tiempo de la formación dental y los valores de la curva de la bomba en el hemisferio sur. En contraste, los valores de radiocarbono en el hueso trabecular eran más cercanos a los valores atmosféricos de la fecha de la muerte que los del hueso cortical. Muchos estudios apuntan a la precisión de esta técnica para la estimación de la fecha de nacimiento con un error de alrededor 1.8 ± 1.3 años (Alkass et al., 2011, Alkass et al., 2013).

4. IDENTIFICACIÓN INDIVIDUAL.

La identificación individual es de gran relevancia por motivos sociales, legales y forenses. Una identificación positiva es un factor clave en el proceso de duelo, ya que puede ayudar a comprender y aceptar la pérdida, contribuyendo al cierre del mismo. Además, el certificado de defunción, emitido cuando se establece una identificación positiva, es necesario para resolver asuntos legales tales como el pago de deudas, seguros de vida, segundas nupcias o custodia de menores. Además, la investigación criminal es difícil de llevar a cabo sin la identificación de la víctima.

La identificación personal implica la comparación de datos postmortem y antemortem. El proceso de identificación y el método específico a utilizar dependen de las circunstancias de cada caso. No obstante, el proceso de identificación siempre debe ser preciso y estar basado en principios científicos (Herschaft et al., 2007).

4.1. Identificación comparativa por medios odontológicos.

La identificación comparativa por medios odontológicos implica el examen dental postmortem de restos humanos, la composición de odontogramas, toma de radiografías y la eventual aplicación de otras técnicas. Estos datos postmortem se comparan con los datos ante mortem de personas desaparecidas que coincidan con el perfil biológico de la víctima. El odontólogo del fallecido generalmente proporciona registros antemortem: Los registros dentales, las radiografías, los modelos de estudio, o cualquier otro dato que se pueden utilizar para comparar con los datos postmortem. Finalmente, se redactará un informe forense sobre los hallazgos y la conclusión de la comparación.

Existen diversos programas informáticos de identificación forense, que son de especial ayuda en desastres de masas, ya que estos softwares son capaces de gestionar un elevado número de datos antemortem y postmortem.

WinID fue desarrollado por el Dr. James McGivney como una herramienta de identificación dental asistida por ordenador. WinID es ampliamente utilizado en Estados Unidos, y ha sido de gran ayuda en casos como el ataque terrorista del World Trade Center o los huracanes Katrina y Ike (Berman et al., 2013b). DVI System International de PlassData Software es un programa global de desastres masivos, que incluye una sección dental. Este es utilizado por INTERPOL en desastres internacionales como el Tsunami del Sureste Asiático en 2005, los incendios forestales del Sábado Negro en Australia en 2009 o el accidente aéreo del German Wings en los Alpes franceses en abril de 2015 (<http://www.plassdata.com>).

El UVIS (Sistema Unificado de Identificación de Víctimas) fue desarrollado para la Ciudad de Nueva York tras el ataque del 11 de Septiembre. UDIM es la sección dental de UVIS desarrollada por el Dr. Kenneth Aschheim, odontólogo forense de la Office of Chief Medical Examiner de NYC (NYC-OCME). Este programa fácil de usar permite la importación ilimitada de imágenes, el manejo y unificación de fragmentos maxilares, todo lo cual es muy útil en casos que involucran fragmentación (UVIS, 2009; Berman et al, 2013b). UVIS / UDIM se utiliza en escenarios DVI, así como en el trabajo diario de casos en NYC-OCME, lo que ofrece grandes ventajas de la capacitación del personal y la velocidad de identificación.

4.2. Perfil de ADN de estructuras dentales.

Como se ha descrito previamente, los dientes son las estructuras más resistentes del cuerpo humano, pueden sobrevivir después que los tejidos blandos y esqueléticos hayan sido destruidos debido a la mineralización de sus estructuras (Zapico & Ubelaker, 2013). En casos que implican restos humanos esqueletizados, los dientes son la principal fuente de ADN. Su papel ha sido revisado ampliamente (Sakari et al., 2015, Pajnic, 2016). Sin embargo, es importante considerar que en casos de restos quemados, incluso los dientes pueden no ser útiles. Un estudio de nuestro grupo (Adserias et al., 2016) analizó los cambios macroscópicos y la eficiencia de obtener un perfil de ADN bajo diferentes temperaturas y tiempos. La temperatura máxima a la que se consiguió un perfil completo fue alrededor de 300°C. Nuestro estudio también demostró que algunos STRs son más propensos a la degradación que otros, dependiendo de su localización en el cromosoma.

5. CONCLUSIONES.

El primer paso en el proceso identificativo es la creación del perfil biológico de la víctima, seguido de la comparación entre los datos ante-mortem y post-mortem. Las huellas dactilares, la comparación de registros dentales y el análisis de ADN son métodos científicos que se usan para la identificación positiva.

El análisis de los dientes y las estructuras orales puede identificar muchas características del individuo, contribuyendo a la reconstrucción del perfil biológico. En identificación comparativa, la odontología forense ofrece un método expeditivo de identificación basado en rasgos dentales, tratamiento y patología. El perfil de ADN ha sido usado tradicionalmente para identificación humana, pero

avances recientes en bioquímica han sido aplicados para la determinación del perfil biológico.

Los dientes son muestras excelentes para análisis bioquímicos y simultáneamente el campo de la odontología forense está evolucionando, introduciendo nuevas tecnologías. Estos dos factores conducen a una colaboración entre la odontología forense y la bioquímica, contribuyendo al avance de la ciencia forense.

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. ADSERIAS, J., UBELAKER D.H, C. ZAPICO S. (2016) Evaluation of macroscopic changes and the efficiency of DNA profiling from burnt teeth. *Science and Justice*, 56,437–442.
2. AGER, J.W., 3RD, NALLA, R.K., BALOOCH, G., KIM, G., PUGACH, M., HABELITZ, S., MARSHALL, G.W., KINNEY, J.H. & RITCHIE, R.O. (2006) On the increasing fragility of human teeth with age: a deep-UV resonance Raman study. *Journal of Bone and Mineral Research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 21,1879–87.
3. AKANE, A., SHIONO, H., MATSUBARA, K., NAKAHORI, Y., SEKI, S., NAGAFUCHI, S., YAMADA, M. & NAKAGOME, Y. (1991) Sex identification of forensic specimens by polymerase chain reaction (PCR): two alternative methods. *Forensic Science International*, 49,81–8.
4. ALQAHTANI, SJ, HECTOR MP, LIERSIDGE HM (2010) Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142: 481–490.
5. AL-QATTAN, S.I. & ELFAWAL, M.A. (2010) Significance of teeth lead accumulation in age estimation. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17,325–8.
6. ALKASS, K., BUCHHOLZ, B.A., DRUID, H. & SPALDING, K.L. (2011) Analysis of ¹⁴C and ¹³C in teeth provides precise birth dating and clues to geographical origin. *Forensic Science International*, 209, 34–41.
7. ALKASS, K., BUCHHOLZ, B.A., OHTANI, S., YAMAMOTO, T., DRUID, H. & SPALDING, K.L. (2010) Age estimation in forensic sciences: application of combined aspartic acid racemization and radiocarbon analysis. *Molecular & Cellular Proteomics: MCP*, 9,1022–30.
8. ALKASS, K., SAITOH, H., BUCHHOLZ, B.A., BERNARD, S., HOLMLUND, G., SENN, D.R., SPALDING, K.L. & DRUID, H. (2013) Analysis of radiocarbon, stable isotopes and DNA in teeth to facilitate identification of unknown decedents. *PLoS One*, 8, e69597.
9. ALTSHULLER, L.F., HALAK, D.B., LANDING, B.H. & KEHOE, R.A. (1962) Deciduous teeth as an index of body burden of lead. *The Journal of Pediatrics*, 60,224–9.

10. American Board of Forensic Odontology (ABFO) (2013) Diplomates reference manual. <http://www.abfo.org>
11. AMPRINO, R. & ENGSTROM, A. (1952) Studies on x ray absorption and diffraction of bone tissue. *Acta Anatomica*, 15, 1-22.
12. ARANY S, IINO M, YOSHIOKA N (2004) Radiographic survey of third molar development in relation to chronological age among Japanese juveniles. *Journal of Forensic Sciences* 49: 534-538.
13. Arany, S. & Ohtani, S. (2010) Age estimation by racemization method in teeth: application of aspartic acid, glutamate, and alanine. *Journal of Forensic Sciences*, 55, 701-5.
14. BAILEY, A.J. & SHIMOKOMAKI, M.S. (1971) Age related changes in the reducible cross- links of collagen. *FEBS letters*, 16, 86-88.
15. BANSAL, A.K., SHETTY, D.C., BINDAL, R. & PATHAK, A. (2012) Amelogenin: A novel protein with diverse applications in genetic and molecular profiling. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology: JOMFP*, 16, 395-9.
16. BATH-BALOGH, M AND FEHRENBACH MJ (2006) Enamel. In: Dental Embryology, Histology, and Anatomy, 2nd edn, St. Louis, MO: Elsevier Saunders; pp. 179- 189.
17. BAYNES, J.W. (2001) The role of AGEs in aging: causation or correlation. *Experimental Gerontology*, 36, 1527-37.
18. BECKMAN, K.B. & AMES, B.N. (1998a) The free radical theory of aging matures. *Physiological Reviews*, 78, 547-81.
19. BECKMAN, K.B. & AMES, B.N. (1998b) Mitochondrial aging: open questions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 854, 118-27.
20. BEKAERT, B., KAMALANDUA, A., ZAPICO, S.C., VAN DE VOORDE, W. & DECORTE, R. (2015) Improved age determination of blood and teeth samples using a selected set of DNA methylation markers. *Epigenetics*, 1-9.
21. BERCOVITZ, K. & LAUFER, D. (1991) Age and gender influence on lead accumulation in root dentine of human permanent teeth. *Archives of Oral Biology*, 36, 671-3.
22. BERMAN GM, BUSH MA, BUSH PJ, FREEMAN AJ, LOOMIS PW, MILLER RG. Dental Identification (2013) In: Senn DR and Weems RA (eds) Manual of Forensic Odontology. 5th edn Boca Raton: CRC Press; pp. 81-87. a
23. BERMAN G M, CHRZ B, NAWROCKI LA, HERMSEN KP, MILLER RG, WEEMS RA. Disaster Victim Identification. (2013) In: Senn DR and Weems RA (eds) Manual of Forensic Odontology. 5th edn Boca Raton: CRC Press; pp. 186-191. b
24. BLANKENSHIP J.A, MINCER HH, ANDERSON KM, WOODS MA, BURTON EL. 2007. Third molar development in the estimation of chronologic age in American Blacks as compared with Whites. *Journal of Forensic Sciences* 52(2): 428-433.
25. BROTHWELL DR. (1989) The relationship of tooth wear to aging. In: Isçan MY (ed.). Age Markers in Human Skeleton. Springfield. CC Thomas. p303-16.
26. BRUDEVOLD, F., HEIN, J.W., BONNER, J.F., NEVIN, R.B., BIBRY, B.G. & HODGE, H.C. (1957) Reaction of tooth surfaces with one ppm of fluoride as sodium fluoride. *Journal of Dental Research*, 36, 771-9.
27. BUCHHOLZ, B.A. & SPALDING, K.L. (2010) Year of birth determination using radiocarbon dating of dental enamel. *Surface and Interface Analysis: SIA*, 42, 398-401.
28. CAMERIERE, R., L. FERRANTE, AND M. CINGOLANI. 2004. Precision and reliability of pulp/tooth area ration (RA) of second molar as indicator of adult age. *Journal of Forensic Sciences* 49: 1319-1323.
29. CHESSON, L.A., PODLESACK, D.W., THOMPSON, A.H., CERLING, T.E. & EHLERINGER, J.R. (2008) Variation of hydrogen, carbon, nitrogen, and oxygen stable isotope ratios in an American diet: fast food meals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 4084-91.
30. CLOOS, P.A. & FLEDELIUS, C. (2000) Collagen fragments in urine derived from bone resorption are highly racemized and isomerized: a biological clock of protein aging with clinical potential. *The Biochemical Journal*, 345 Pt 3, 473- 80.
31. COPENHAVER, W. M., D. E. KELLY, AND R. L. WOOD. 1978. The digestive system. In Bailey's Textbook of Histology, 17th edn, Baltimore, MD: Williams & Wilkins. pp. 455-551.
32. COUNTER, C.M., AVILION, A.A., LEFEUVRE, C.E., STEWART, N.G., GREIDER, C.W., HARLEY, C.B. & BACCETTI, S. (1992) Telomere shortening associated with chromosome instability is arrested in immortal cells which express telomerase activity. *The EMBO Journal*, 11, 1921-9.
33. CUNHA E, BACCINO E, MARTRILLE L, RAMSTHALER F, PRIETO J, SCHULIAR Y, LYNNERUP N, CATTANEO C. (2009) The problem of aging human remains and living individuals: A review. *Forensic Science International*. 15;193(1-3):1-13.
34. DE, J.T. (1950) [Senescence of the dentition]. *Paradentologie*, 4, 83-98. Demirjian A and Goldstein H (1976) New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Annals of Human Biology* 3: 411-421.
35. DEMIRJIAN A, GOLDSTEIN H, TANNER JM. (1973) A new system of dental age assessment. *Human Biology* 45: 211-227.
36. DUMACHE R, CIOCAN V, MURESAN C, ENACHE A. (2016) Molecular DNA Analysis in Forensic Identification. *Clin Lab*, 62(1-2):245-8.
37. ELAMIN F, LIVERSIDGE HM. 2013. Malnutrition has no effect on the timing of human tooth formation. *PLoS ONE* 8:e72274.
38. Eyre, D. (1987) Collagen cross-linking amino acids. *Methods in Enzymology*, 144, 115-39.
39. Eyre, D.R., Dickson, I.R. & Van Ness, K. (1988) Collagen cross-linking in human bone and articular cartilage. Age-related

- changes in the content of mature hydroxypyridinium residues. *The Biochemical Journal*, 252, 495-500.
40. FLORATH, I., BUTTERBACH, K., MULLER, H., BEWERUNGE-HUDLER, M. & BRENNER, H. (2014) Cross-sectional and longitudinal changes in DNA methylation with age: an epigenome-wide analysis revealing over 60 novel age-associated CpG sites. *Human Molecular Genetics*, 23, 1186-201.
41. FRAGA, M.F. (2009) Genetic and epigenetic regulation of aging. *Current Opinion in Immunology*, 21, 446-53.
42. FRIEDLING L.J., MORRIS AG. (2005). The frequency of culturally derived dental modification practices on the Cape Flats in the Western Cape. *SADJ*, 60, 3:97-102.
43. FUKUSHIMA, H., HASEKURA, H. & NAGAI, K. (1988) Identification of male bloodstains by dot hybridization of human Y chromosome-specific deoxyribonucleic acid (DNA) probe. *Journal of Forensic Sciences*, 33, 621-7.
44. GARN SM, LEWIS AB, KERESKY RS. (1965) Genetic, nutritional and maturational correlates of dental development. *Journal of Dental Research* 44:228-243.
45. GONCALVES, V.F., PARRA, F.C., GONCALVES-DORNELAS, H., RODRIGUES-CARVALHO, C., SILVA, H.P. & PENA, S. (2010) Recovering mitochondrial DNA lineages of extinct Amerindian nations in extant homopatric Brazilian populations. *Investigative Genetics*, 1, 13.
46. GUSTAFSON, G. 1950. Age determination on teeth. *Journal of American Dental Association* 41: 45-54.
47. HABERCAM, J.W., KEIL, J.E., REIGART, J.R. & CROFT, H.W. (1974) Lead content of human blood, hair, and deciduous teeth: correlation with environmental factors and growth. *Journal of Dental Research*, 53, 1160-3.
48. HARRIS EF, MINCER HH, ANDERSON KM, SENN DR. Age estimation from oral and dental structures (2010) In: Senn DR and Stimson PG (eds) *Forensic Dentistry*, 2nd edn Boca Raton: CRC Press; pp. 263-291.
49. HARMAN, D. (1960) The free radical theory of aging: the effect of age on serum mercaptan levels. *Journal of Gerontology*, 15, 38-40.
50. HARMAN, D. (1972) The biologic clock: the mitochondria? *Journal of the American Geriatrics Society*, 20, 145-7.
51. HELFMAN, P.M. & BADA, J.L. (1975) Aspartic acid racemization in tooth enamel from living humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 72, 2891-4.
52. HELFMAN, P.M. & BADA, J.L. (1976) Aspartic acid racemisation in dentine as a measure of ageing. *Nature*, 262, 279-81.
53. HELFMAN, P.M., BADA, J.L. & SHOU, M.Y. (1977) Considerations on the role of aspartic acid racemization in the aging process. *Gerontology*, 23, 419-25.
54. HERSCHAFT EE, ALDER MA, ORD DK, RAWSON RD, SMITH ES. (2007). *Manual of Forensic Odontology*. American Society of Forensic Odontology. 4th edn Boca Raton: CRC Press; pp. 7.
55. HOLLOWELL WH, CHILDERS NK. (2007) A new threat to adolescent oral health: the grill. *Pediatr Dent*. 29(4):320-2.
56. HOLTZMAN R.B., LUCAS H.F., JR. & ILCEWICZ, F.H. (1968) The concentration of lead in human bone. *ANL-7615*. Anl, 43-9.
57. HORIUCHI, N., MORISAKI, T., FUJII, H. & MIWA, S. (1988) A simple human sex determination method using biotin-labeled probes. *Nihon hoigaku zasshi = The Japanese Journal of Legal Medicine*, 42, 351-3.
58. JOHANSON G. (1971) Age determinations from human teeth: A critical evaluation with special consideration of changes after fourteen years of age. *Odontologisk Revy* 22: 1-126.
59. JOHANSSON, A., ENROTH, S. & GYLLENSTEN, U. (2013) Continuous Aging of the Human DNA Methylome Throughout the Human Lifespan. *PLoS One*, 8, e67378.
60. KAPILA R, NAGESH KS, IYENGAR AR, MEHKRI S. (2011) Sexual Dimorphism in Human Mandibular Canines: A Radiomorphometric Study in South Indian Population. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect*. 5(2).
61. KASPER KA, AUSTIN D, KVANLI AH, RIOS TR, SENN DR. 2009. Reliability of third molar development for age estimation in a Texas Hispanic population: A comparison study. *Journal of Forensic Sciences* 54(3): 651-657.
62. KLOOSTERMAN A, MAPESA, GERADTS Z, VAN EIJK E, KOPERC, VAN DEN BERG J, VERHEIJ S, VAN DER STEEN M, VAN ASTEN A. 2015 The interface between forensic science and technology: how technology could cause a paradigm shift in the role of forensic institutes in the criminal justice system. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140264. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0264>
63. KOBAYASHI, R., NAKAUCHI, H., NAKAHORI, Y., NAKAGOME, Y. & MATSUZAWA, S. (1988) Sex identification in fresh blood and dried bloodstains by a nonisotopic deoxyribonucleic acid (DNA) analyzing technique. *Journal of Forensic Sciences*, 33, 613-20.
64. KOSA, F., ANTAL, A. & FARKAS, I. (1990) Electron probe microanalysis of human teeth for the determination of individual age. *Medicine, science, and the Law*, 30, 109-14.
65. KUBASEK, J., URBAN, O. & SANTRUCEK, J. (2013) C4 plants use fluctuating light less efficiently than do C3 plants: a study of growth, photosynthesis and carbon isotope discrimination. *Physiologia Plantarum*.
66. KVAAL SI & SOLHEIM T (1994) A non-destructive dental method for age estimation. *Journal of Forensic Odontostomatol* 12: 6-11.
67. LACKOVIC, K.P. & WOOD, R.E. (2000) Tooth root colour as a measure of chronological age. *The Journal of Forensic Odontostomatology*, 18, 37-45.

68. LAMENDIN, H, BACCINO E, HUMBERT JF, TAVERNIER JC, NOSSINTCHOUK RM, ZERILLI A (1992) A simple technique for age estimation in adult corpses: The two criteria dental method. *Journal of Forensic Sciences* 37(5): 1373–1379.
69. LEWIS JM., SENN DR, ALDER ME (2001) Standardization, automation and database creation for age determination reports. Paper presented at the Annual American Academy of Forensic Sciences Meeting, February 19–24, Seattle
70. WA. LEWIS JM., SENN DR, SILVAGGI J (2008) UT-Age 2008: An update. Paper presented at the Annual American Academy of Forensic Sciences Meeting, February 18–23, Denver, CO.
71. LEWIS JM AND SENN DR. (2013) Dental Age Estimation. In: Senn DR and Weems RA (eds) Manual of Forensic Odontology. 5th edn Boca Raton: CRC Press; pp. 211-255.
72. LIBBY, W.F., BERGER, R., MEAD, J.F., ALEXANDER, G.V. & ROSS, J.F. (1964) Replacement Rates for Human Tissue from Atmospheric Radiocarbon. *Science*, 146, 1170-2.
73. MACKIE, A.C., STEPHENS, R. & TOWNSHEND, A. (1977) Tooth lead levels in Birmingham children. *Archives of Environmental Health*, 32, 178-85.
74. MAPLES WR (1978) An improved technique using dental histology for estimation of adult age. *Journal of Forensic Sciences* 23(4): 764–770.
75. MAPLES, WR & RICE WR (1979) Some difficulties in the Gustafson dental age estimations. *Journal of Forensic Sciences* 24: 168–172.
76. MARTIN-DE LAS HERAS, S., VALENZUELA, A., BELLINI, R., SALAS, C., RUBINO, M. & GARCIA, J.A. (2003) Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. *Forensic Science International*, 132, 57-62.
77. MARTIN-DE LAS HERAS, S., VALENZUELA, A. & VILLANUEVA, E. (1999) Deoxypyridinoline crosslinks in human dentin and estimation of age. *International Journal of Legal Medicine*, 112, 222-6.
78. MASTERS, P.M., BADA, J.L. & ZIGLER, J.S., JR. (1977) Aspartic acid racemisation in the human lens during ageing and in cataract formation. *Nature*, 268, 71-3.
79. MECHANIC, G., GALLOP, P.M. & TANZER, M.L. (1971) The nature of crosslinking in collagens from mineralized tissues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 45, 644-53.
80. MICHELETTI CREMASCO, M. (1998) Dental histology: study of aging processes in root dentine. *Bollettino della Societa italiana di biologia sperimentale*, 74, 19-28.
81. MINCER HH, HARRIS EF, BERRYMAN HE (1993) The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *Journal of Forensic Sciences* 38(2): 379–390.
82. MOORREES, C. F. A., E. A. FANNING, AND E. E. HUNT, JR., 1963a. Formation and resorption of three deciduous teeth in children. *American Journal of Physical Anthropology* 21: 205–213.
83. MOORREES, C. F. A., E. A. FANNING, AND E. E. HUNT, JR., 1963b. Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of Dental Research* 42: 1490–1502.
84. MORNSTAD, H., PFEIFFER, H., YOON, C. & TEIVENS, A. (1999) Demonstration and semi- quantification of mtDNA from human dentine and its relation to age. *International Journal of Legal Medicine*, 112, 98-100.
85. MOYZIS, R.K., BUCKINGHAM, J.M., CRAM, L.S., DANI, M., DEAVEN, L.L., JONES, M.D., MEYNE, J., RATLIFF, R.L. & WU, J.R. (1988) A highly conserved repetitive DNA sequence, (TTAGGG)_n, present at the telomeres of human chromosomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85, 6622-6.
86. MURAKAMI, H., YAMAMOTO, Y., YOSHITOME, K., ONO, T., OKAMOTO, O., SHIGETA, Y., DOI, Y., MIYAISHI, S. & ISHIZU, H. (2000) Forensic study of sex determination using PCR on teeth samples. *Acta Medica Okayama*, 54, 21-32.
87. NYDAL, R. & LOVSETH, K. (1965) Distribution of radiocarbon from nuclear tests. *Nature*, 206, 1029-31.
88. OGINO, T., OGINO, H. & NAGY, B. (1985) Application of aspartic acid racemization to forensic odontology: post mortem designation of age at death. *Forensic Science International*, 29, 259-67.
89. OHTANI, S. (1995a) Estimation of age from dentin by using the racemization reaction of aspartic acid. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 16, 158-61.
90. OHTANI, S. (1995b) Estimation of age from the teeth of unidentified corpses using the amino acid racemization method with reference to actual cases. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 16, 238-42.
91. OHTANI, S. (1995c) Studies on age estimation using racemization of aspartic acid in cementum. *Journal of Forensic Sciences*, 40, 805-7.
92. OHTANI, S. & YAMAMOTO, K. (1991a) Age estimation using the racemization of amino acid in human dentin. *Journal of Forensic Sciences*, 36, 792-800.
93. OHTANI, S. & YAMAMOTO, K. (1991b) Estimation of ages from racemization of an amino acid in teeth--assessment of errors under various experimental conditions. *Nihon hoigaku zasshi = The Japanese Journal of Legal Medicine*, 45, 124-7.
94. OHTANI, S. & YAMAMOTO, K. (1992) Estimation of age from a tooth by means of racemization of an amino acid, especially aspartic acid--comparison of enamel and dentin. *Journal of Forensic Sciences*, 37, 1061-7.
95. OHTANI, S. & YAMAMOTO, T. (2010) Age estimation by amino acid racemization in human teeth. *Journal of Forensic Sciences*, 55, 1630-3.
96. PAJNIC, I.Z. (2016) Extraction of DNA from Human Skeletal Material. *Methods Molecular Biology*, 1420, 89-108.

97. PETTENATI-SOUBAYROUX I, SIGNOLI M, DUTOIR O. (2002) Sexual dimorphism in teeth: discriminatory effectiveness of permanent lower canine size observed in a XVIIIth century osteological series. *Forensic Science International* 123;126(3):227-32.
98. PIEZ, K.A. (1968) Cross-linking of collagen and elastin. *Annual Review of Biochemistry*, 37,547-70.
99. PINCHIN, M.J., NEWHAM, J. & THOMPSON, R.P. (1978) Lead, copper, and cadmium in teeth of normal and mentally retarded children. *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*, 85, 89-94.
100. PlassData webside: <http://www.plassdata.com>.
101. POTSCH, L., MEYER, U., ROTHSCILD, S., SCHNEIDER, P.M. & RITTNER, C. (1992) Application of DNA techniques for identification using human dental pulp as a source of DNA. *International Journal of Legal Medicine*, 105, 139-43.
102. PRINCE DA & UBELAKER DH (2002) Application of Lamendin's adult ageing technique to a diverse skeletal sample. *Journal of Forensic Sciences* 47(1):107-116.
103. RITZ, S., SCHUTZ, H.W. & PEPER, C. (1993) Postmortem estimation of age at death based on aspartic acid racemization in dentin: its applicability for root dentin. *International Journal of Legal Medicine*, 105, 289-93.
104. RITZ, S., SCHUTZ, H.W. & SCHWARZER, B. (1990) The extent of aspartic acid racemization in dentin: a possible method for a more accurate determination of age at death? *Zeitschrift fur Rechtsmedizin. Journal of Legal Medicine*, 103, 457-62.
105. ROBINS, S.P., SHIMOKOMAKI, M. & BAILEY, A.J. (1973) The chemistry of the collagen cross-links. Age-related changes in the reducible components of intact bovine collagen fibres. *The Biochemical Journal*, 131, 771-80.
106. SAKARI, S.L., JIMSON, S., MASTHAN, K.M. & JACOBINA, J. (2015) Role of DNA profiling in forensic odontology. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 7, S138-41.
107. SCHMELING, A, OLZE A, REISINGER W, GESERICK G (2004) Forensic age diagnostics of living people undergoing criminal proceedings. *Forensic Science International* 144: 243-245.
108. SCHOUR I AND MASSLER M (1941) The development of the human dentition. *Journal of the American Dental Association* 28: 1153-1160.
109. SCHWARTZ GT, DEAN MC. (2005) Sexual dimorphism in modern human permanent teeth. *American Journal of Physical Anthropology*. 128(2):312-7.
110. SENN DR AND STIMSON PG. Future of Forensic Dentistry (2010) In: Senn DR and Stimson PG (eds) Forensic Dentistry, 2nd edn Boca Raton: CRC Press; pp. 405-406.
111. SILVA, A. M., PEREIRA, M. L., GOUVEIA, S., TAVARES, J. N., AZEVEDO, A., CALDAS, I. M. (2016). A new approach to sex estimation using the mandibular canine index. *Med Sci Law*, 56(1), 7-12.
112. SIVAGAMI, A.V., RAO, A.R. & VARSHNEY, U. (2000) A simple and cost-effective method for preparing DNA from the hard tooth tissue, and its use in polymerase chain reaction amplification of amelogenin gene segment for sex determination in an Indian population. *Forensic Science International*, 110, 107-15.
113. SOLHEIM, T. (1993) A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Science International*, 59, 137-47.
114. SPALDING, K.L., BHARDWAJ, R.D., BUCHHOLZ, B.A., DRUID, H. & FRISEN, J. (2005a) Retrospective birth dating of cells in humans. *Cell*, 122, 133-43.
115. SPALDING, K.L., BUCHHOLZ, B.A., BERGMAN, L.E., DRUID, H. & FRISEN, J. (2005b) Forensics: age written in teeth by nuclear tests. *Nature*, 437, 333-4.
116. STEENHOUT, A. & POURTOIS, M. (1981) Lead accumulation in teeth as a function of age with different exposures. *British Journal of Industrial Medicine*, 38, 297-303.
117. STREHLOW, C.D. & KNEIP, T.J. (1969) The distribution of lead and zinc in the human skeleton. *American Industrial Hygiene Association journal*, 30, 372-8.
118. TAKASAKI, T., TSUJI, A., IKEDA, N. & OHISHI, M. (2003) Age estimation in dental pulp DNA based on human telomere shortening. *International Journal of Legal Medicine*, 117, 232-4.
119. TEN CATE, A.R., THOMPSON, G.W., DICKINSON, J.B. & HUNTER, H.A. (1977) The estimation of age of skeletal remains from the colour of roots of teeth. *Dental Journal*, 43, 83-6.
120. THOMPSON T, BLACK S. (2006) Forensic Human Identification: An Introduction. CRC Press. ISBN 9780849339547.
121. TRAMINI, P., BONNET, B., SABATIER, R. & MAURY, L. (2001) A method of age estimation using Raman microspectrometry imaging of the human dentin. *Forensic Science International*, 118, 1-9.
122. TSUJI, A., ISHIKO, A., TAKASAKI, T. & IKEDA, N. (2002) Estimating age of humans based on telomere shortening. *Forensic Science International*, 126, 197-9.
123. TYLER, M.G., KIRBY, L.T., WOOD, S., VERNON, S. & FERRIS, J.A. (1986) Human blood stain identification and sex determination in dried blood stains using recombinant DNA techniques. *Forensic Science International*, 31, 267-72.
124. UBELAKER, D.H. (2014) Radiocarbon analysis of human remains: a review of forensic applications. *Journal Of Forensic Sciences*, 59, 1466-72.
125. UBELAKER, D.H. & PARRA, R.C. (2011) Radiocarbon analysis of dental enamel and bone to evaluate date of birth and death: perspective from the southern hemisphere. *Forensic Science International*, 208, 103-7.

126. Ubelaker, DH (1989) Human Skeletal Remains, Excavation Analysis, Interpretation, 2nd edn. Washington, DC: Taraxacum.
127. Unified Victim Identification System (UVIS) Guide (2009) www.nyc.gov/.../UVIS%20Information%20Guide_20090917.pdf
128. VASILADIS, L., DARLING, A.I. & LEVERS, B.G. (1983a) The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*, 28, 645-9.
129. VASILADIS, L., DARLING, A.I. & LEVERS, B.G. (1983b) The histology of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*, 28, 693-700.
130. WALTERS, C. & EYRE, D.R. (1983) Collagen crosslinks in human dentin: increasing content of hydroxypyridinium residues with age. *Calcified Tissue International*, 35, 401-5.
131. WEI, Y.H. & LEE, H.C. (2002) Oxidative stress, mitochondrial DNA mutation, and impairment of antioxidant enzymes in aging. *Exp Biol Med* (Maywood), 227, 671-82.
132. WITAS, H.W., TOMCZYK, J., JEDRYCHOWSKA-DANSKA, K., CHAUBEY, G. & PLOSZAJ, T. (2013) mtDNA from the early Bronze Age to the Roman period suggests a genetic link between the Indian subcontinent and Mesopotamian cradle of civilization. *PLoS One*, 8, e73682.
133. ZAPICO, S.C. & UBELAKER, D.H. (2013) Applications of physiological bases of ageing to forensic sciences. Estimation of age-at-death. *Ageing Research Reviews*, 12, 605-17
134. ZAPICO, S.C. & UBELAKER, D.H. (2013) Sex determination from dentin and pulp in a medicolegal context. *Journal of American Dental Association*, 144, 1379-85.
135. ZAPICO, S.C. & UBELAKER, D.H. (2015) Relationship Between Mitochondrial DNA Mutations and Aging. Estimation of Age-at-death. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*.



ORIGINAL

La muerte del General Prim. Estudio histórico y médico legal.

PRIM'S DEATH. HISTORICAL AND MEDICO-LEGAL SURVEY.

Dorado Fernández E.^{1,3}, Carrillo Rodríguez M. F.², Sánchez Sánchez J. A.³,
Anadón Baselga M. J.³, Pera Bajo F.⁴, Perea Pérez B.³.

1 Servicio de Antropología, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Madrid, España.

2 Departamento de Cirugía, Ciencias Médicas y Sociales, Universidad de Alcalá, Madrid, España.

3 Escuela de Medicina Legal, Universidad Complutense, Madrid, España.

4 Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Madrid, España.

RESUMEN: El general Juan Prim y Prats (1814-1870) fue un militar y político liberal que llegó a ocupar el cargo de primer ministro tras la revolución de 1868. Promovió la entronización de Amadeo de Saboya y fue asesinado en 1870. Desde entonces se han elaborado multitud de hipótesis sobre la autoría intelectual del atentado, llegando incluso a algunos planteamientos dentro de las llamadas teorías de la conspiración que parten de la supuesta falsificación de la causa y circunstancias de la muerte en los documentos de la época. Aquí presentamos los resultados del trabajo de investigación que llevamos a cabo con motivo del segundo centenario del nacimiento del general. Esta investigación incluyó un exhaustivo estudio histórico documental tanto de la prensa de la época, como del sumario correspondiente en el archivo del tribunal supremo y el estudio de una carta inédita del médico que le atendió de sus heridas. Por otro lado, realizamos un exhaustivo examen de la momia del general, que había sido exhumada con el fin de restaurar su mausoleo en Reus, así como un análisis en profundidad, con las correspondientes herramientas tecnológicas, del estudio radiológico realizado a los restos en el servicio de radiología del hospital de Reus. Los resultados del estudio resultan concluyentes en cuanto a la compatibilidad de la versión oficial de la época de una muerte a consecuencia de las complicaciones de las heridas de bala recibidas con los hallazgos médico-forenses que pudimos documentar.

PALABRAS CLAVE: Siglo XIX, magnicidio, heridas por arma de fuego, momia, embalsamamiento.

ABSTRACT: General Juan Prim (1814-1870) was high rank army officer and liberal statesman who held the office of Prime Minister after the Spanish Revolution of 1868. After a short term and having strongly supported the call of Amadeo of Savoy as constitutional king of Spain, he was murdered in 1870. Since then, a plethora of hypothesis has been presented concerning the intellectual authorship of the murder. Some of these hypotheses, in the domain of the conspiracy theories, assume an official forgery pertaining to the cause and manner of death. We present here the results of a study carried on by us during the commemoration of his 200th birth jubilee. This included both a thoroughly analysis of contemporary documents- newspapers, court and administrative proceedings and a letter so far unknown by the military doctor who treated him before his death- as well as the careful forensic examination of the mummified remains and a CT scan analysis. Our results confirm strongly the consistency of the official version of death as the result of gunshot wounds complications with the forensic findings.

KEY WORDS: 19th century, assassination, gunshot wounds, mummy, embalming.

CONTACTO: Enrique Dorado Fernández: E mai: enrique.dorado@madrid.org

1. INTRODUCCIÓN.

En 2012, con motivo de la restauración y reubicación del panteón donde reposaban los restos mortales del General Prim, en su ciudad natal Reus, el cuerpo fue exhumado, comprobándose que se mantenía momificado en excelente estado de conservación. Ante teorías vertidas, que cuestionaban la versión histórica sobre su muerte, la Sociedad Bicentenario General Prim 2014 solicitó a la Escuela de Medicina Legal de la Universidad Complutense de Madrid un estudio científico médico forense. Con este motivo, entre

noviembre de 2013 y mayo de 2014, se sometieron los restos a un estudio por parte de médicos forenses y especialistas en medicina legal y forense, profesores todos ellos de la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Alcalá. Se consultó asimismo diversa documentación (libros, prensa, archivos) referentes a la muerte del General Prim, su Expediente Militar y el Sumario Judicial, en el tribunal Superior de Justicia de Madrid. Se examinaron las imágenes del TAC practicado en el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Sant Joan de Reus, informadas por el Dr. José Ángel Abreu. Finalmente, se visitó en el Museo del Ejército en Toledo la berlina donde sufrió el atentado, la vestimenta que

portaba el general y proyectiles recogidos en relación a los hechos.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Juan Prim y Prats, nacido en Reus el 6 de diciembre de 1814, ingresó en el ejército a los 19 años, desarrollando una dilatada carrera militar. Al mismo tiempo, su intervención en la política culminaría, tras la revolución de 1868, en su nombramiento como Presidente del Consejo de Ministros, siendo fundamental su papel en el nombramiento como rey de Amadeo de Saboya.

El 27 de Diciembre de 1870, el mismo día en que el recién elegido Amadeo I salía hacia España, el Prim sufrió un mortal atentado en la calle del Turco de Madrid, registrándose su fallecimiento tres días después, el 30 de diciembre de 1870. (IMAGEN 1)

La autopsia judicial se practicó a las 11.30 horas del día 31 de diciembre, siendo embalsamando su cuerpo a mediodía, de forma que las 15 horas quedaba expuesto en el palacio de Buena-Vista. Apresuradas operaciones todas ellas, recogida por la prensa del día siguiente¹. Por otra parte el Dr. José Simón, encargado del embalsamamiento, dejaba inscrito en la tapa del ataúd “embalsamado el 1° de enero”, fecha que debe referirse al último retoque antes de ser trasladado a la Basílica de Atocha.

El día 1 de enero se trasladó el cuerpo a la Basílica de Atocha², celebrándose las exequias en presencia del Rey el día 7 de Enero, tras lo cual el cuerpo quedó depositado en la Capilla del Santo Cristo en la misma basílica³. Conocemos por otra parte cuando se acomodó el cuerpo en la caja mortuoria definitiva, al figurar en ésta “Cuerpo embalsamado por el Doctor Simón en Madrid a 1° de Enero de 1871. Colocado en esta caja en 8 de mayo siguiente”. En 1902 será llevado al Panteón de Hombres Ilustres⁴, para posteriormente, en 1971 ser finalmente trasladado, junto con el mausoleo, obra de Plácido Zuloaga, a Reus.

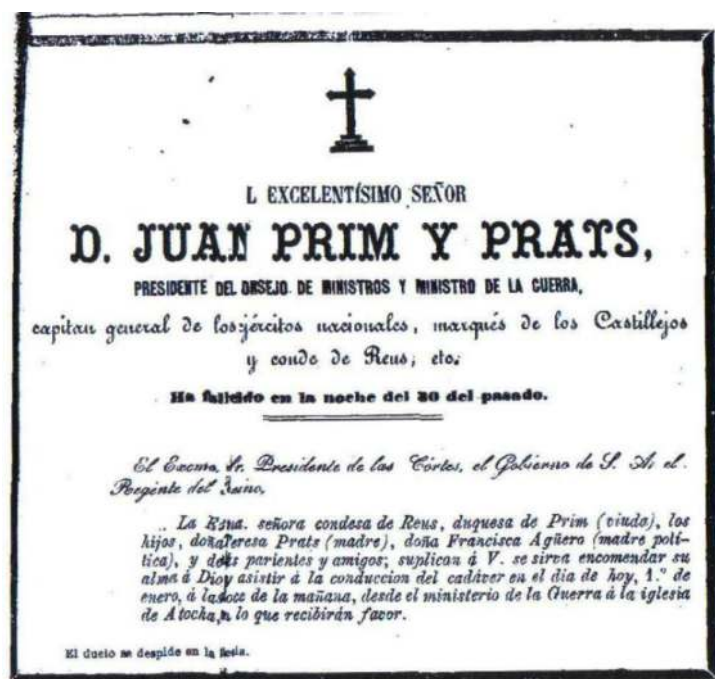


Imagen 1.

- 1 El Imparcial, domingo 1 de enero de 1871: “Ayer al medio día fue cuidadosamente embalsamado el cadáver del General Prim por el doctor Simón, y colocado en una doble caja, de zinc la interior y de caoba la exterior, que quedarán encerradas en una magnífica urna de cobre con frisos y cantoneras de bronce dorado. El cadáver había sido vestido con el uniforme de capitán general del ejército. A las tres de la tarde fue colocado el féretro en la primera sala de la secretaría de la Presidencia...”
- 2 La Iberia, lunes 2 de enero de 1871: “el féretro, de metal bronceado, iba colocado en una carroza tirada por seis caballos negros con penachos del mismo color. ... Seguían al carro mortuario los caballos del difunto e iban a los costados los porteros de las Cortes, los de la Presidencia, los criados de la casa del General Prim y doce inválidos del Cuartel de Atocha”.
- 3 El Imparcial, del 6 de enero de 1871. “El Rey ha señalado la hora de las doce de la mañana para que tengan lugar en el templo de Atocha las solemnes ... Terminadas las honras, el cadáver del general Prim quedará depositado hasta que se le pueda inhumar definitivamente”.
- 4 La Correspondencia de España, 17 de abril de 1902: “El lunes fueron trasladados a dicho depósito los restos mortales del general Prim, que se hallaban en la capilla del Santo Cristo. ... Por el cristal del ataúd se vio el cadáver del general Prim, momificado y en pe estado, conservando de tal modo los rasgos de su fisonomía, que a primera vista se le reconoce”.

3. EXAMEN DEL CUERPO MOMIFICADO.

3.1. Examen general.

Se trata de un cuerpo completo momificado, de

constitución leptosómica y talla aproximada 163 cm, si bien en vida sería sensiblemente superior. Cabello liso abundante, de longitud media 5 cm, de color castaño, con entradas amplias fronto-temporales. (IMAGEN 2). En la calota se observa un material no orgánico que pudiera corresponderse a material de obra. Conserva barba y bigote, de tono más oscuro.



Imagen 2.

Ambos pabellones auriculares, igualmente momificados, muestran el lóbulo retraído (IMAGEN 3). Presenta ojos artificiales de cristal, opción que se ofertaba en los

embalsamamientos en el siglo XIX, aconsejando que fueran “de color parecido al que tenían en el difunto”⁵ (IMAGEN 4).

5 Pedro Urraca Gutiérrez. *Tratado de autopsias, embalsamamientos y preparaciones de gabinete*, Imprenta Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez Valladolid, 1883



Imagen 3.



Imagen 4.

Los labios muestran un ribete negro, consecuencia de la deshidratación. A través de la apertura bucal se comprueba una pérdida post-mortem del diente 11 (incisivo central superior derecho), mientras los dientes 41 y 42 (incisivos central y lateral inferiores derechos) presentan un importante

desgaste con exposición de la dentina. El diente 12 (incisivo lateral superior derecho), presenta un material dorado a nivel del cuello, posiblemente una incrustación odontológica. (IMAGEN 5)



Imagen 5.

Los miembros superiores permanecen extendidos, con ligera flexión de los codos y ambas manos con las palmas sobre la región pélvica, conservando la izquierda parte de un guante.

Se distinguen en el cuerpo y de forma más evidente sobre el

rostro, manchas amarillenta-parduzcas, en previsible relación con las operaciones practicadas sobre el cadáver una vez embalsamado, en que era común el uso de barniz alcohólico de copal y colorantes, como la *salserilla*, para retocar el rostro⁶. (IMÁGENES 6 y 7)

6 *Ibid*



Imagen 6.



Imagen 7.

Se encuentran múltiples pliegues en todo el cuerpo, consecuencia del proceso de momificación, en conjunción con la presión ejercida por la vestimenta. Entre ellos se

observan en el cuello (IMAGEN 8), que más adelante comentaremos, y otros similares en la cadera y en el muslo derecho.(IMAGEN 9)



Imagen 8.

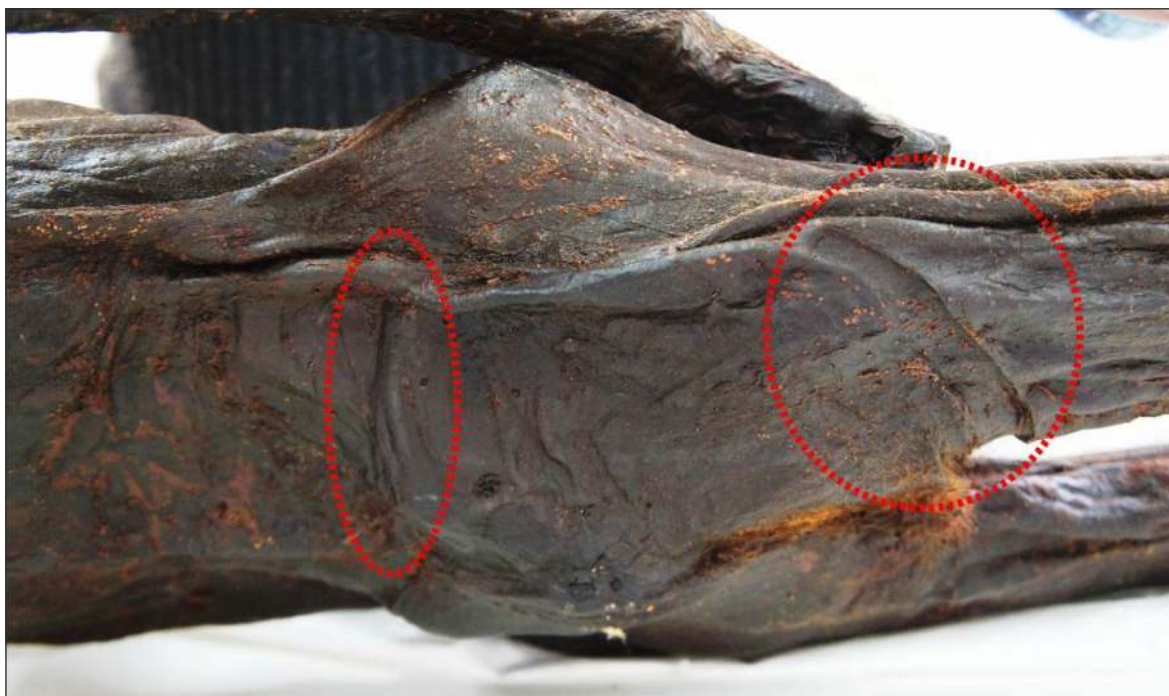


Imagen 9.

No se observan signos de apertura de las cavidades (tórax, abdomen) previsiblemente porque los facultativos forenses conocían la historia de las lesiones, habían reconocido al general durante su evolución y disponían de información directa de los médicos asistenciales. Lo cual, unido a la premura de tiempo con que hubo de realizarse, se centró en el estudio concreto de las heridas, optando por tanto por una autopsia dirigida.

3.2. Cabeza.

Externamente no se observan lesiones violentas. El examen intracraneal (TAC), descarta posibles fracturas, encontrándose el encéfalo retraído efecto de la momificación, con el sistema ventricular sin alteraciones y

presencia de calcificaciones fisiológicas en los plexos coroideos.

3.3. Cuello.

En la región cervical no se aprecia ninguna lesión, ni se recogen en el informe médico forense de autopsia. Se observan dos incisiones supraclaviculares, bilaterales, prácticamente simétricas, con costura de cuerda fina, midiendo la izquierda en su extremo unos 5 cm y la derecha 4,2 cm. (IMAGEN 10). Ambas incisiones están situadas sobre el plano muscular esternocleidomastoideo, correspondiendo a las vías de acceso vascular empleadas para introducir el líquido conservante de la momificación⁷.



Imagen 10.

⁷ Un manual de la época se expone la técnica. Tras una incisión bilateral en el borde anterior de los esternocleidomastoideos se exponen ambas carótidas. En una se introduce una sonda en sentido caudal, al tiempo que otra sonda en el mismo lado se introduce en la yugular interna en sentido craneal; en la otra carótida la sonda se dirige en sentido craneal. A continuación se introducen sondas en las safenas y cubitales, en todas introduciendo la cánula en sentido ascendente. Tras este paso, se introduce el líquido conservante. No obstante, se señala, si comprueba que el líquido penetra de forma satisfactoria por todo el torrente, podría limitarse la inyección a sólo un vaso. Tras ligar los vasos, se introduce por la boca una sonda con disolución de ácido fénico. Se podrían taponar boca, nariz, uretra, vagina, con una solución de ácido fénico o de cloruro de zinc. Pueden realizarse también punciones en tórax y abdomen con la misma sustancia.

En: Pedro Urraca Gutiérrez. *Tratado de autopsias, embalsamamientos y preparaciones de gabinete*, Imprenta Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez Valladolid, 1883.

Presenta el cuello diversos surcos provocados por presión de la ropa: el cuello de la camisa y el corbatín que se superpone. Existe un surco principal alrededor del cuello, y superior a éste, pero delimitado a la parte anterior, otro más fino que deja

su impronta bajo la mandíbula, previsiblemente debido a la ropa o a algún elemento de tanatopraxia estética de sujeción en el cadáver, favorecido por la flexión de la cabeza. (IMAGEN 11).



Imagen 11.

Respecto al surco principal, su anchura varía según las zonas. Es más profundo en el lado derecho, acorde con la posición de la cabeza ligeramente flexionada hacia ese lado. Su anchura también varía por la textura de la ropa, que al no ejercer una presión uniforme provoca zonas o bandas de distinta presión, de la misma forma que se observa en sus bordes⁸. Así, mientras en la región cervical posterior el surco alcanza una anchura de 5,5 centímetros, en la región lateral cervical izquierda es menor de 1 cm. Estos surcos son consecuencia de la inflamación postmortem de los tejidos del cuello provocada por el embalsamamiento, en el que resultan comprimidos contra la ropa (cuello y corbatín superpuesto).

En general, los pliegues en la piel provocados por la ropa son frecuentes en los cuerpos momificados, apareciendo también en los cadáveres putrefactos por la dilatación

gaseosa del cuello⁹. La inflamación del cuello en el caso analizado se debe a los líquidos conservadores empleados en el embalsamamiento¹⁰. Por otro lado, sabemos que entre embalsamamiento y el amortajamiento con rígida ropa militar del cuerpo ya hinchado, pasaron escasas horas.

En un manual de la época se recoge específicamente cómo en los embalsamamientos era muy evidente la deformación corporal por los líquidos inyectados, llegando a recomendarse que al menos la cabeza se vendara para contrarrestar este fenómeno: “con la penetración del líquido en las ramificaciones vasculares, y en las cavidades de los órganos viscerales, se presenta al momento el abultamiento consiguiente de las partes organizadas, y en cierto modo se deforman las facciones del sujeto sometido a la operación”¹¹. Esta presión mantenida por la hinchazón del cuello contra la ropa que le cubría dio lugar a los surcos,

8 Saukko P, Knight B. *Knight's Forensic Pathology*. Arnold, London, 2004

9 Dolinak D, Matshes EW, Lew EO. *Forensic Pathology, Principles and Practice*. Elsevier, 2004.

10 En la época en que murió Prim no se conocía el formol como líquido conservante. Algunas de las fórmulas empleadas contenían sulfato de albúmina, sulfato férrico, cloruro de zinc, nitrato potásico, arsénico blanco, cloruro mercurio pulverizado, alcohol de vino de 36° o ácido arsenioso.

11 Pedro Urraca Gutiérrez. *Tratado de autopsias, embalsamamientos y preparaciones de gabinete*, Imprenta Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez Valladolid, 1883

pudiendo comprobarse la concordancia con el cuello de la camisa, tanto por su situación (IMÁGENES 12-13), como el

aspecto del fondo del surco “trama” (IMAGEN 14-15) o las dimensiones de ambos (IMÁGENES 16-17).

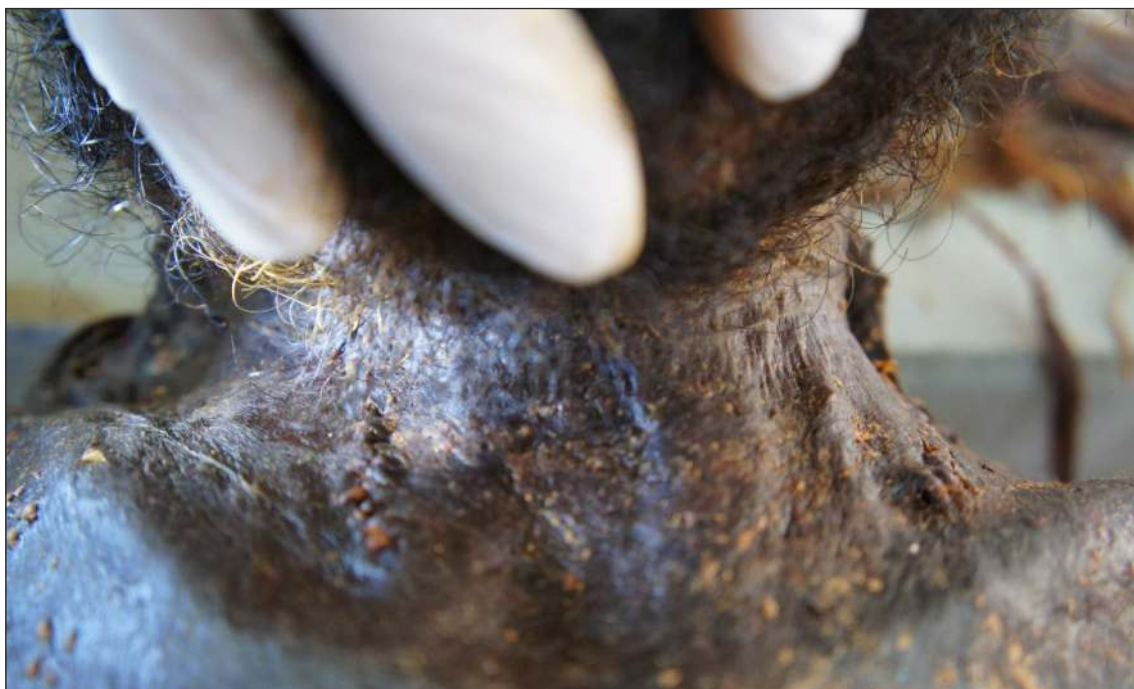


Imagen 12.



Imagen 13.



Imagen 14.

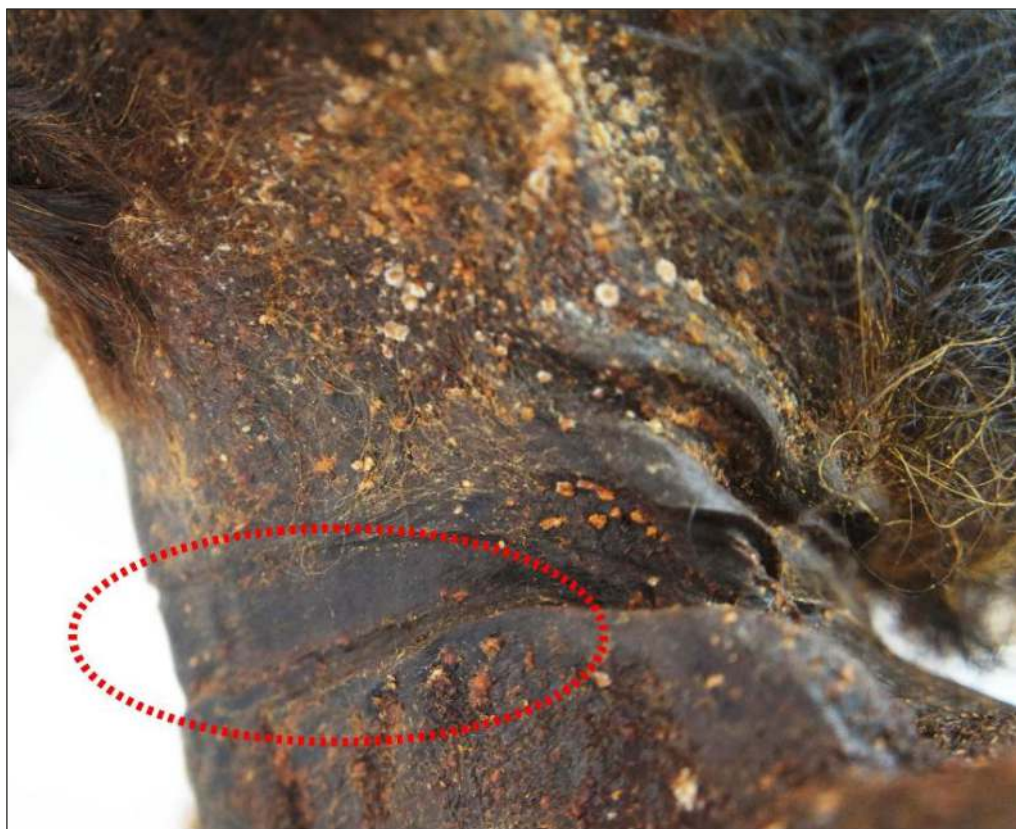


Imagen 15.



Imagen 16.



Ilustración 17.

Por otra parte, los surcos cervicales que observamos precisan para su formación un mantenimiento muy prolongado de la presión, es decir, la permanencia del lazo, sea cual sea su naturaleza, alrededor del cuello, circunstancia que se evitaría en un caso criminal que quisiera disimularse retirando el lazo, pero lógico cuando se forman por presión mantenida contra las ropas en el cadáver.

Tampoco aparece ningún signo violento cervical en el TAC realizado, especificando el informe de radiología como *“se identifican cartílagos tiroides y cricoides así como los primeros anillos traqueales de forma conservada. No hay signos radiológicos de aplastamiento de las estructuras glóticas. Son visibles la epiglotis, pliegues glosopiglóticos*

y aritenopiglóticos, con morfología y simetría normales”.

Si bien hay casos en los que tras un estrangulamiento criminal apenas se encuentran signos lesivos, generalmente las víctimas son niños o personas inconscientes o intoxicadas¹², quienes habrán ofrecido escasa resistencia, no precisando la aplicación de tanta fuerza constrictiva. Sin embargo, en el caso de la momia del general Prim los surcos en la piel son muy pronunciados (IMAGEN 19), por lo que de haberse producido en vida previsiblemente habrían afectado a estructuras cartilaginosas cricotiroides, además de provocar los correspondientes infiltrados en los tejidos blandos¹³.



Imagen 18.

Ha de señalarse, finalmente, que en los estrangulamientos se produce de forma característica una intensa congestión cefálica, apareciendo el rostro congestivo y oscuro, con llamativos infiltrados en la esclerótica ocular e incluso

sangrado por los oídos (otorragias). Por lo que son cadáveres de apariencia muy alarmante y característica, que en ningún momento nadie ha mencionado en el caso del Prim.

12 Dolinak D, Matshes EW, Lew EO. *Forensic Pathology, Principles and Practice*. Elsevier, 2004.

13 Calabuig G. *Medicina Legal y Toxicología*. Edit Villanueva E. Masson, Madrid, 2004

3.4. Hombro izquierdo.

En el parte médico del reconocimiento inicial, se describían las lesiones a este nivel “*resultó tener en hombro izquierdo varias heridas de bala, con la entrada en la parte anterior y la salida posteriormente, estando fracturada la cabeza del húmero y la cavidad contigua de la escápula*”¹⁴.

Y en correspondiente informe de autopsia: “*...en la región deltoidea izquierda, denótase en su parte anterior y media tres heridas contusas por arma de fuego, la más considerable es de forma ovalada irregular, de un diámetro de unos seis centímetros, de donde se deduce que fue producida por la acción de dos proyectiles que penetraron unidos en .. de grueso calibre. Las otras dos, situadas en la parte anterior y algo superior a la primera, son de diámetro más reducido, de unos seis milímetros, y distantes entre sí de ocho a diez, en la parte superior del hombro existe una erosión de la piel, lineal en dirección transversal, de unos tres centímetros de longitud que no interesa más que la piel; en la parte posterior y a unos centímetros del borde de la escápula izquierda, hay una herida incisa en dirección*

vertical, que ha sido practicada para extraer uno de los proyectiles. Las heridas por arma de fuego tienen sus bordes irregulares, festoneados y equimizados, notándose en alguno de ellos el estado de supuración...”. Continuando más adelante “*... procediendo a la necropsia, a fin de conocer la dirección de las heridas y el daño que éstas hubieran producido en los tejidos, observaron una dirección oblicua de izquierda a derecha y de delante atrás, que interesa la piel, tejido celular, músculo deltoideo y la cápsula articular, la cabeza del húmero que está fracturada conminutamente y la escápula perforada en el tercio de su borde superior, en cuyo sitio se ve corresponder la herida incisa ya descrita. Las otras dos heridas penetran en la piel y masas musculares sin llegar a la articulación escapulo-humeral*”¹⁵.

Las actuales imágenes que proporciona el TAC practicada muestran la fractura estallido de la cabeza humeral izquierda, junto a la fractura diafisaria impactada del cuello humeral y diversos cuerpos extraños radiodensos rellenando los espacios de las heridas. (IMÁGENES 19-20).



Imagen 19.

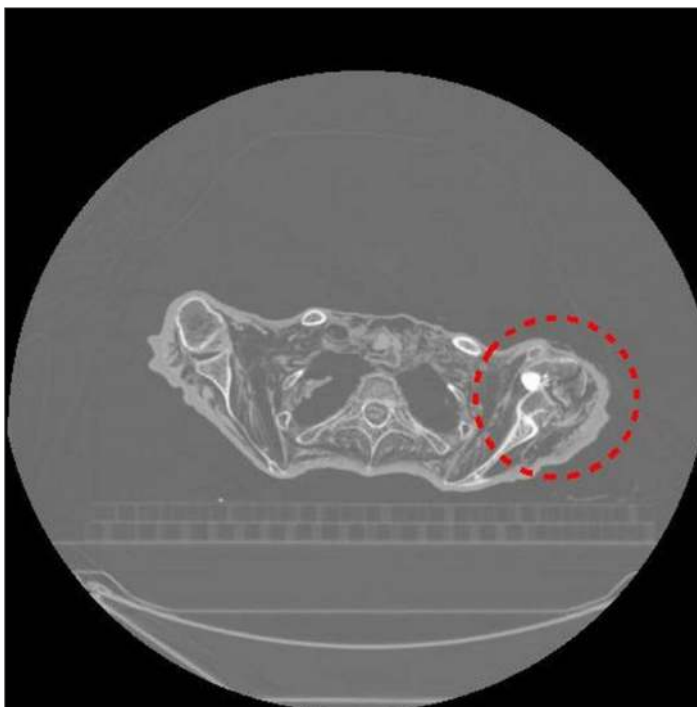


Imagen 20.

14 Declaración de los médicos Cesáreo Losada y Juan Vicente Lledó, en el Sumario por la muerte del general Prim. Volumen 1, 8r-9r

15 Declaración obrante en sumario abierto por la muerte del general Prim. Parte de autopsia, Volumen 2, 136v-141v.

Y en el examen se comprueba la herida principal en la cara anterior del hombro izquierdo, que deja un orificio de 2,5 x 1,5 cm. Se constata con una sonda su profundidad hasta la cabeza del húmero, donde se localizan numerosas esquirlas

óseas. La herida penetra con una inclinación hacia arriba de unos 15°, que se transforman en aproximadamente 45° tras chocar con el hueso. Junto a esta herida principal se distingue otra de menor tamaño. (IMÁGENES 21-22)



Imagen 21.



Imagen 22.

En la cara posterior del tórax, en la región escapular izquierda, se localiza una herida incisa de 2,5 cm, que se corresponde con la herida quirúrgica descrita en los informes, practicada para poder extraer el proyectil que, atravesando los diferentes tejidos desde su entrada por la cara anterior del

hombro y desviar su trayectoria tras el choque con la cabeza humeral, termina en el dorso bajo la piel. Es una herida incisa, de bordes regulares, morfológicamente alterada por los procesos de momificación. No presenta sutura quirúrgica, al estar contraindicada en este tipo de heridas. (IMAGEN 23)



Imagen 23.

La dirección del proyectil al penetrar en el hombro, hacia arriba y atrás y hacia el plano medio, indica que el general debió elevarlo en actitud defensiva en el momento de recibir los disparos.

El material que penetra con los proyectiles, muy contaminante, junto con los gérmenes procedentes del ropaje, entre otros, conducirían fácilmente a la infección de las heridas. De hecho los forenses en el examen autopsico describieron la presencias de supuración en los bordes de las

heridas del hombro. Son asimismo lesiones de grave repercusión funcional. Si se hubiera afectado un vaso principal la muerte probablemente se habría producido en escaso margen de tiempo, no obstante el sangrado debió ser considerable.

El impacto de la diáfisis contra la cabeza humeral sugiere, como indica el informe de radiología, que tras el disparo debió sufrir en algún momento una caída apoyándose en el brazo.

3.5. Codo izquierdo.

En su declaración del día 30 de noviembre los médicos

forenses se refieren a las heridas “... que sufre en la articulación humero-escapular izquierda y la de la mano derecha y codo izquierdo”¹⁶. E igualmente se describe como hallazgo autopsico “... sobre el punto que corresponde a la cabeza articular del radio existe otra herida por arma de fuego, de figura circular, de siete milímetros de diámetro, de bordes festoneados y equimosados, y que ha destrozado la cabeza de dicho hueso”¹⁷.

En el examen actual del cuerpo momificado se evidencian dichas lesiones sobre el codo, de morfología circular y medidas compatibles con las recogidas en el parte médico. (IMAGEN 24)



Imagen 24.

Correspondiendo en las imágenes de TAC con fractura del extremo distal del húmero y luxación de la cabeza del radio

(IMÁGENES 25-26).

16 Declaración de los médicos forenses Juan Boada y Valladolid y Mariano Estevan Arredondo el día 29 de noviembre, en el Sumario por la muerte del general Prim, Volumen 1, 69v-70v.

17 Declaración por los médicos forenses Juan Boada y Valladolid y Mariano Estevan Arredondo, Parte de autopsia, Volumen 2, 136v-141v.

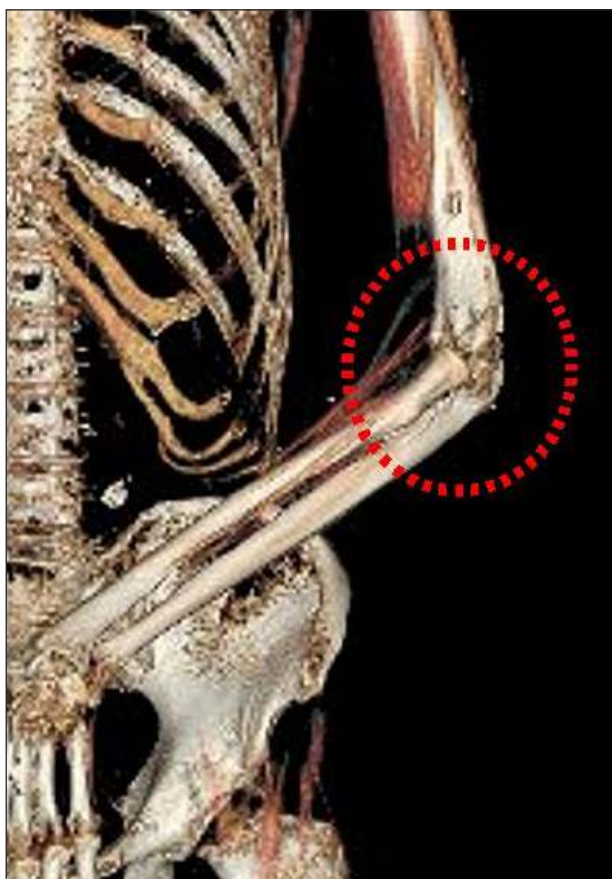


Imagen 25.

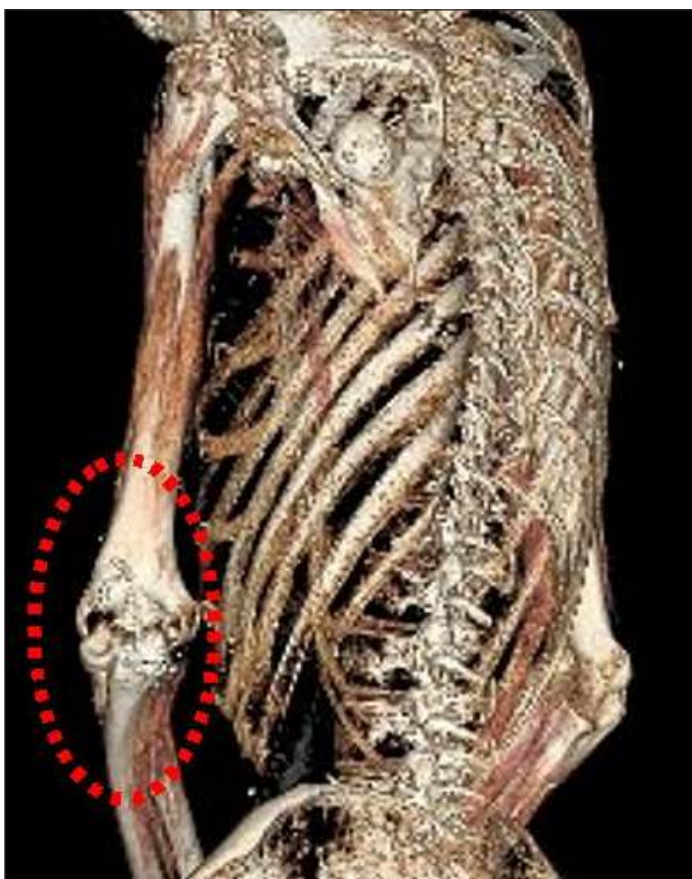


Imagen 26.

3.6. Mano derecha.

En su declaración inicial los médicos asistenciales reseñan las lesiones en la mano: “... herida en la mano derecha con pérdida del dedo anular y fractura de los segundo y tercer metacarpiano en”. Igualmente, el informe de autopsia recogerá como “en la mano derecha se observa la amputación reciente del dedo anular, practicada por el método del colgajo, operación que hizo necesaria una herida de arma de fuego, en la cual, penetrando el proyectil por la articulación del cuarto metacarpiano había sido extraído por la cara dorsal y parte media del segundo, donde existe una herida incisa de seis milímetros de longitud. La herida de la mano derecha ha destruido la primera falange del dedo anular, corriéndose el proyectil por debajo de los tendones de los extensores, depositándose sobre la cara dorsal del segundo metacarpiano”¹⁹.

En el examen actual comprobamos en la palma de la mano derecha el orificio de entrada, situándose el orificio de salida en la cara dorsal, entre la base del segundo y tercer metacarpianos, acompañándose de forma característica con eversión de tejido blando y esquirlas óseas. Las dimensiones globales del área de salida están entre 1,5 y 2 cm, si bien el orificio en sí es netamente inferior. Se constata asimismo la pérdida del cuarto dedo.

Mediante sonda acanalada introducida cuidadosamente comprobamos el trayecto del proyectil de delante (palma de la mano) hacia atrás (dorso de la mano), en un recorrido ascendente pronunciado. (IMAGEN 27), indicando la elevación refleja de la mano para detener los impactos de los disparos en el momento del atentado.

18 Declaración en el Sumario por la muerte del general Prim. Primer parte médico por Cesáreo Losada y Juan Vicente Lledó, Volumen 1, 8r-9r

19 Declaración de los médicos forenses Juan Boada y Valladolid y Mariano Estevan Arredondo, Parte de autopsia, Volumen 2, 136v-141v



Imagen 27.

3.7. Tórax y abdomen.

No se observan lesiones en el examen externo, ni en el TAC,

salvo una mínima escoliosis lumbar. (IMAGEN 28), sin apenas estructuras viscerales identificables.



Imagen 28.

3.8. Miembros inferiores

Externamente no hay hallazgos reseñables. En el TAC se distingue un cuerpo extraño metálico, de 14 x 8 mm, en el espacio tibio-peroneo derecho, que el informe radiológico interpreta como una posible herida de bala antigua.

4. TESTIMONIOS, EVOLUCIÓN Y CONSIDERACIONES.

Descartadas otras lesiones violentas distintas a las heridas por arma de fuego, cabe atribuir la muerte a su complicación infecciosa de éstas, como hasta ahora todas las fuentes han venido recogiendo. Afirmación por otra parte coherente con la naturaleza de las heridas y su fácil infección, junto a la falta de medidas higiénicas e inexistencia de la antibioterapia entre otros.

Es de interés en toda investigación médico-forense indagar en cuantos datos o testimonios puedan apoyar o refutar una hipótesis. En este caso son abundantes las fuentes que describen una evolución clínica concordante con el desarrollo de un proceso infeccioso tras las heridas sufridas en atentado el día 27. Coincidiendo todas en un cuadro febril derivado de las heridas que comienza el día 29 y se agrava de forma brusca el día 30 de diciembre, hasta desembocar en la muerte por septicemia. La hora concreta del fallecimiento no coincide de forma exacta en los diferentes testimonios.

Resulta evidente que desde el principio se quiso restar importancia a la gravedad de las lesiones, previsiblemente para evitar la alarma social y política, a pesar de que los médicos que le asistieron tras el atentado ya se referían a las heridas como *“lesiones graves y pueden ser peligrosas por la índole especial de las mismas heridas”*²⁰.

En el mismo sentido, resultan ilustrativos los despachos telegráficos oficiales emitidos desde el Ministerio de la

Guerra con diversos destinos, generalmente capitanes generales y Comandante General de Ceuta, comunicando el día 27 de diciembre *“El Exmo Sr Presidente del Consejo de Ministros al salir de la Sesión del Congreso de hoy ha sido ligeramente herido por disparos dirigidos al coche en la calle del Turco”*²¹. Continuando igualmente al siguiente día, 28, con mensajes tranquilizadores: *“El presidente del Consejo de Ministros a pesar de haber recibido varias heridas en el día de ayer se halla actualmente en un estado satisfactorio. Cada 6 horas se dará parte de su estado”*²².

Mensajes tranquilizadores que también quiere Prim conozca su familia, como recoge un telegrama dirigido el día 28 al Cónsul General de España en Londres, exhortándole *“Sírvese V. manifestar a la Sra madre de la Señora Condesa de Reus que su hijo político sigue bien y que no tenga cuidado”*.

El día 29 las noticias todavía no son alarmantes, aunque ya aparecen referencias al cuadro febril *“... en la reacción febril que ha progresado de una manera satisfactoria ha sufrido hoy el Sr Conde de Reus alguna recaída”*. A pesar de lo cual los comunicados insisten *“La marcha de la herida del Señor Conde de Reus va siendo hasta ahora todo lo favorable que se desea”*²³, o en la misma línea la prensa: *“Según La Correspondencia, hay exageración en las noticias dadas por la prensa acerca del estado del general Prim. Por fortuna, las heridas ni son tantas ni tan graves como se creía, y solo la del hombro parece que ofrece mas cuidado, aunque tampoco es grave y de ella es de donde han extraído las dos balas esféricas. La reacción febril es muy benigna, presentando el pulso 78 latidos por minuto. Se conserva muy entero, habla con todos en su voz natural, y cada momento crecen los buenos síntomas”*²⁴.

En la mañana del día 30 esta mejoría aparente cambia de forma brusca. Así, a las 7,15 de la tarde, un nuevo telegrama hacía saber *“Se ha agravado rápidamente el Sr Conde de Reus y está gravísimo”*, para notificar otro posterior su fallecimiento *“ha muerto a las 9 y 14 minutos”*²⁵.

20 Declaración en el Sumario abierto por la muerte del general Prim. Primer parte médico por Cesáreo Losada y Juan Vicente Lledó, Volumen 1, 8r-9r

21 Hay otros testimonios que anunciaban diferente pronóstico. El Conde de Benalúa recuerda en sus memorias como entonces, siendo él niño, su tío y tutor José Osorio y Silva, amigo de Prim, al poco del atentado *“fuese mi tío al Ministerio, enfrente de casa, a cumplir el deber de amistad y conocer la gravedad del caso. Cuando volvió supimos que el general Prim, a pesar de haber subido la escalera por su pie, apoyado únicamente en el brazo de su ayudante Moya, para no alarmar a la Duquesa, su mujer, le llegó a decir con una entereza digna de aquel corazón, que no tenía importancia su herida. Pero en el acto se desplomó y que los médicos acababan de declararle tan grave que no creían posible la salvación”*. En: *Memorias del Conde de Benalúa, Duque de San Pedro de Galatino*. Julio Casado Cañaveral y Piedrola. Tomo I. Prólogo de mis memorias. Blass, S. A. Imprenta y Encuadernación. Núñez de Balboa, 21. Madrid 1ª edición. 1924

22 En el telegrama, donde figura *“haber recibido varias heridas”*, aparece tachado *“haber sufrido graves heridas”*.

23 En comunicación telegráfica del día 29 de diciembre: *“La marcha de la herida del General va siendo hasta ahora todo lo favorable que se desea y cuanto ocurra en su curso se dará a V. E. extensa noticia, pero el hacerlo con demasiada frecuencia no satisfaría la benevolencia ansiedad de su ejército y de la población por cuanto en poco espacio de tiempo no se presentan fenómenos que no sean unos simples variaciones de los otros”*.

24 *Diario Oficial de Avisos de Madrid*, 30 de diciembre de 1870

25 En telegrama oficial dirigido a las 11.40 de la noche, a los capitanes generales y al comandante general de Ceuta se lee: *“Durante esta tarde en que la fiebre producida por sus heridas al Sr Presidente del Consejo de Ministros Conde de Reus era intensísima se presentaron fenómenos de perturbación cerebral que hacían sumamente grave su situación. En las horas sucesivas fueron arrojando y a las nueve menos catorce minutos de esta noche falleció”*

Los médicos forenses, el mismo día 30, tras la muerte del general, manifestaban como *“no han podido entrar en la habitación por haberles manifestado el médico de cabecera (doctor Losada) que estaba delirante y que no se le podía ver, y como voz pública, que en esta noche han sabido de su fallecimiento lo que comunicamos a usted para efectos oportunos”*²⁶.

Hay testimonios que recogen igualmente el delirio que de forma tan característica acompaña a los cuadros febriles. Así, Antonio Pirala describe cómo en la tarde del día 30 el delirio hacía incomprensibles sus palabras: *“Si algunos pudieron concebir esperanzas de la salvación de Prim, se vieron pronto defraudadas, y ya en la tarde del 30, después de una breve entrevista con el Sr. Montero Ríos, comenzó el delirio, eran del todo punto incomprensibles sus palabras, y falleció a las 9 de la noche del mismo día que llegó D. Amadeo a España”*²⁷.

Igualmente *El Imparcial*, el 31 de diciembre informaba: *“A las 4 de la tarde se notaron ayer síntomas muy alarmantes en el estado del general Prim, los cuales comenzaron por un gran aplanamiento. Este fue aumentando progresivamente hasta las 7:30, en que se declaró una congestión cerebral. Media hora después, o sea hacia las 8 de la noche, el Presidente del Consejo de Ministros había fallecido rodeado de las personas que más cariño y más respeto le profesaron siempre”*.

La Gaceta de Madrid recogería, con la noticia del fallecimiento, el nombre de varios de los facultativos que habían asistido a Prim en su agonía²⁸.

Resulta muy ilustrativo el testimonio de Ricardo Muñiz, amigo de Prim, quien relata como tras el atentado *“quedábamos sus íntimos amigos relevándonos por parejas de dos en dos horas, cuya guardia duró hasta su fallecimiento”*, describiendo el final de la evolución:

*“Pasó la noche bien del 29 al 30 a las 6 de la mañana fui relevado por el teniente de caballería Sr Gironza ... a las 10 horas se presentaron los doctores Velasco, Saura y Mata, que con los de cabecera habían de concurrir a levantar el apósito. Hasta las 11:30 no me tocó volver a entrar en la alcoba del general, a quien encontré callado y no rompió el silencio hasta pasado un rato, que preguntó que hora era; le contesté las 12, pregunta que me repitió tres veces en muy pocos minutos, cosa que me llamó la atención en persona tan discreta y juiciosa como era el general Prim. Salí de la habitación, busqué a Losada y puse en su conocimiento la novedad que notaba y que me hacía presumir que en aquel cerebro había algo extraño; efectivamente entró el doctor y mi fatal presentimiento era cierto; le vieron los otros médicos y todos convinieron en lo mismo, empezaron los aturdimientos que son tan frecuentes en estos casos, y por último me hicieron ir a buscar a Toca, que llegó a las 4 y me dijo esta frase fría y terrible -me trae usted a ver a un cadáver-. Lo reconoció y se marchó diciendo no hay nada que hacer. En esta angustia estuvimos hasta las 8 y cuarto en que aquel héroe, que tantos días de gloria había dado a su patria, dejó de existir. Se encontraba en aquel terrible momento en la cabecera de su cama el Ilustre Duque de la Torre y algún otro, y en su despacho que estaba inmediato los Sres. Sagasta, D. Joaquín de la Gándara, el Sr. Moreno Benítez y yo”*²⁹.

Por su parte, el diputado e ilustre médico Pedro Mata, quien estuvo junto a Prim la última noche, daba a conocer lo repentino del desenlace en la Sesión del Congreso que diera comienzo el mismo día de la muerte, a las 10 horas y cuarto de la noche:

“Yo soy amigo del general Prim desde la infancia.... Esta última noche, señores, la he pasado al lado suyo; aunque yo no esperaba que se salvase, porque lo he dicho desde un principio conociendo su naturaleza; sin embargo, muchas

26 Declaración reproducida por el doctor de la Fuente Chaos, en el libro de Pedrol Rius *“Quién mató a Prim”*, Sociedad de Educación de Atenas, Madrid, 1981.

27 En *Historia Contemporánea. Anales desde 1843 hasta la conclusión de la actual guerra civil*. Antonio Pirala. Madrid, Imprenta y Fundición de Manuel Tello, 1875.

28 *Gaceta de Madrid*, 31 de Diciembre de 1870 *“... la fiebre adquirió mayores proporciones como era consiguiente a los grandes destrozos causados por los seis proyectiles que en la mano derecha, en el codo y en el hombro del lado izquierdo fracturaron la mayor parte de sus huesos, rompieron sus articulaciones y desgarraron los tejidos blandos que les rodean. La reacción febril que estos destrozos debían producir se reflejó de una manera violentísima en el cerebro, determinando un estado congestivo cuyas funestas consecuencias muy pronto se habían de señalar. El estado de esa entraña, ya tan perturbada por los asiduos trabajos mentales del Ilustre General, no podía menos de infundir muy serias alarmas en el ánimo de los Profesores Excmos. Sres. D. José Sunsi, D. Rafael Martínez, D. Rafael Saura, D. José Vicente Lledo y D. Francisco Arranz. Como consecuencia de estos graves trastornos sobrevino una intensa congestión cerebral, que condujo en breves horas a la muerte ocasionada a las ocho y cuarenta y cinco minutos de la noche de ayer.”*

29 *Apuntes históricos sobre la Revolución de 1868*, de Ricardo Muñiz, Madrid, establecimiento tipográfico de El Globo, 1886. El mismo libro también recoge cómo Prim les dijo a él y a Moreno Benítez haber reconocido la voz de republicano Paúl y Angulo durante el atentado. Para Valle-Inclán esta acusación es una interpolación intencionada en el libro, en cuya publicación, tras la muerte de su autor, intervendrían *“gentes interesadas y de pocos escrúpulos”*. Para Valle-Inclán, Paúl y Angulo nada tuvo que ver en el atentado, si bien no cuestiona la causa de la muerte: Prim habría muerto por unas heridas en principio sin gravedad, que desembocaron en una gangrena al no haber tratamiento más enérgico, como proponía Sánchez de Toca. Ver: *Periódico AHORA* martes, 2 de julio de 1935, Sugestiones de un libro (Amadeo de Saboya), Valle-Inclán. Para el historiador José María Fontana esa acusación efectivamente corresponde a una interpolación en el texto. Ver: José María Fontana Bertrán. *El magnicidio de Juan Prim y Prats*. En: Juan Prim y Prats (1814-1870): discursos parlamentarios. Madrid. Congreso de los Diputados. Departamento de Publicaciones, 2012. Pags 253-270.

*veces creí que era el gran cariño que le tenía y le profesaba el que me hacía esperar era desgracia. Ese mismo cariño me inspiraba el temor de que fuera más grave el estado de su salud. Pero yo no me equivocaba, y confieso francamente, sin embargo, que no esperaba que la muerte se precipitara tanto.*³⁰.

Recibió Prim el auxilio espiritual de un sacerdote y del párroco castrense del propio Ministerio, según recoge la prensa. *“El general Prim ha muerto como cumplía a sus sentimientos religiosos. A la una de la madrugada del viernes, es decir, algunas horas antes de fallecer, pidió él mismo los auxilios de la Iglesia, recibiendo su última confesión un sabio y responsable sacerdote, y administrándole el Viático sin ninguna pompa exterior el párroco de la castrense que existe en el mismo ministerio de la Guerra”*³¹.

Muere por tanto Prim, según todos los testimonios, a los tres días del atentado, debido a la complicación infecciosa de las heridas sufridas. Evolución en que fueron decisivos, en valoración retrospectiva del catedrático de Cirugía de la Fuente Chaos³², la ausencia de sustancias antisépticas, el desconocimiento de los antibióticos y la práctica imposibilidad de realizar transfusiones³³.

Finalmente, en su informe de autopsia, los médicos forenses doctores Juan Boada y Valladolid y don Mariano Estevan Arredondo, declaraban *“En vista de los antecedentes que había suministrado el facultativo de cabecera, señor Losada, respecto al curso y padecimiento de las lesiones del Excmo. Sr. Juan Prim, y estando relacionadas éstas con las observaciones anatómicas ya mencionadas, deducen que las heridas por arma de fuego eran graves, que la que ha penetrado en la articulación escápulo-humeral era mortal ut plurimum, que todas ellas han provocado una fiebre reaccional, que al ser moderada hubiera sido natural y beneficiosa, pero que por su intensidad ha provocado un accidente inmediato y consecutivo a aquellas, congestionando las membranas y el órgano encefálico, contribuyendo rápidamente a la muerte”*³⁴.

5. UN ÚLTIMO DOCUMENTO.

Tras la conclusión de nuestro estudio sobre el general Prim, desde el Museo del Ejército nos fue solicitada la valoración médico-legal de cierto documento hallado durante la revisión del material perteneciente a la colección Romero Ortiz, depositada en el museo, con motivo de la exposición dedicada a la figura del general en el Alcázar de Toledo, sede de la institución.

Se trata de una carta que el doctor Cesáreo Losada³⁵, que intervino de forma directa en la asistencia médica de Prim, dirige en 1875 a Romero Ortiz³⁶, destacado político y coleccionista, a quien donó las pinzas que utilizó como médico para, personalmente, extraer los proyectiles de las heridas “recibidas por el conde de Reus en la calle del Turco de esta corte y que ocasionaron su muerte”. Este instrumento tiene el interés añadido de ser el mismo que después fue empleado por el mismo médico para tratar las heridas sufridas por otro destacado militar, el general Fernando Primo de Rivera, tras la batalla de San Pedro de Abanto. Las pinzas se perdieron a consecuencia de los desperfectos sufridos por el Alcázar durante la contienda civil de 1936-1939, conservándose no obstante el documento. En este documento Losada se refiere de forma precisa a las lesiones sufridas por Prim en el atentado, coincidente con todas las fuentes comentadas, constituyendo así un testimonio directo del mayor interés, que reproducimos íntegro:

Exmo Sr D Antonio Romero Ortiz.

Mi muy distinguido amigo:

Como recuerdo de un hecho que por las circunstancias y por las consecuencias que produjo tan profunda mella hizo en la opinión pública me permito remitir a V el instrumento adjunto con el cual extraje los proyectiles de las heridas recibidas por el Conde de Reus en la calle del Turco de esta Corte y que ocasionaron su muerte. Como quiera que el

30 *Diario de Sesiones de las Cortes Constituyentes*. Número 331. Sesión del viernes 30 de diciembre de 1870.

31 *La Correspondencia de España*, 6 de enero de 1871.

32 Alfonso de la Fuente Chaos (1908-1988) fue Catedrático de Patología y Clínica Quirúrgicas de las Universidades de Valencia (1944) y Madrid (1948). Director del Instituto Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo desde 1946. Director de la Escuela para postgraduados de Cirugía torácica. Autor de numerosos trabajos, entre ellos *El dolor en Cirugía, Tratado de patología Quirúrgica, Exploración y diagnóstico en clínica quirúrgica o Cirugía pulmonar*. En: *Diccionario de Autoridades Médicas*, de José Álvarez Sierra.

33 En el libro de Antonio Pedrol Rius “Quién mató a Prim” (Sociedad de Educación Atenas, Madrid, 1981), escribe un anexo donde analiza la muerte de Prim desde el punto de vista médico.

34 Declaración en Sumario por la muerte de Prim. Parte de autopsia, Volumen 2, 136v-141v.

35 Cesáreo Fernández y Fernández Losada (Celanova 1831, Barcelona 1910), fue un importante médico de la época, con un papel destacado en la sanidad militar, siendo fundador de la Academia de Sanidad Militar y del Instituto Bacteriológico. Fue miembro de diversas academias y jugó un destacado papel político llegando a ser diputado en las Cortes.

36 Antonio Romero Ortiz (Santiago de Compostela 1822, Madrid 1884) fue, entre otros los cargos, Ministro de Gracia y Justicia, Ministro de Ultramar y Gobernador del Banco de España. Fue un apasionado coleccionista, reunió interesantes documentos y objetos de la más diversas índole. Su valiosa colección, depositada en el Alcázar de Toledo, sufrió muy importantes daños en la Guerra Civil.

concepto formado sobre el número y calidad de estas lesiones ha sido y sigue siendo muy vario, paréceme ha de agradar a V le manifieste que el General Prim recibió tres tiros uno en la mano derecha de fusil o retaco de este calibre, cuyo proyectil entrando por la articulación metacarpofalángica del dedo anular y saliendo por el lado externo de la radio carpiana le ocasionó en su largo y oblicuo trayecto el destrozo de ambas, la fractura conminuta del cuarto hueso metacarpiano y la de los del carpo, desgarrando además músculos, tejido fibroso y vasos de la mano, cuyo penúltimo dedo prendido tan solo por un pedazo de piel tuvo que amputar a los pocos minutos de la catástrofe, otro en el codo izquierdo cuyo proyectil al penetrar por el lado externo y salir por el interno hizo astillas las extremidades óseas de esta importante conjuntiva y dejó magulladas las carnes que le rodean, rotos sus ligamentos y arrancados de su sitio nervios tan principales como el mediano y el radial; y por último un tercero de tabuco en el hombro izquierdo donde penetraron reunidas siete balas de diversos tamaños que determinado una herida extensa e irregular en la parte anterior de la articulación, rompieron sus huesos en múltiples pedazos, yendo una de ellas y por cierto mañosamente envuelta en algodón a alojarse debajo de la piel de la espaldilla después de haber atravesado y fracturado el homóplato. Los tres tiros fueron disparados a muy corta distancia del General y sobre todo el trabucazo puesto que muchos de sus granos de pólvora incombustos quedaron clavados en la mitad izquierda de la cara principalmente y del cuello.

La coincidencia de usar esta misma pinza en las tres importantes jornadas de los días 25, 26 y 27 de marzo del año último frente a San Pedro Abanto y haber extraído con ellas en el pueblecillo de las Camaras el proyectil que hirió al del General Primo de Rivera el último de los días citados creo hará para V algo más interesante este instrumento por lo mismo que su vista ha de traer a su memoria y a la de los que le contemplen recuerdos tristes de nuestras discordias y desgracias.

Recíbalo V como un testimonio de mi afecto por si lo creyese digno de figurar entre los objetos notables que adornan su ya interesantísimo Museo.

Y con este motivo se reitera de V gustoso su affmo SS.

Cesareo F de Losada.

Madrid 11 de julio de 1875.

6. A MODO DE CONCLUSIÓN.

Los hallazgos obtenidos tras el examen actual del cuerpo momificado del general Prim, directo y a través de imágenes de TAC, coinciden de forma completa con los datos recogidos en testimonios, fuentes y documentos médicos de la época. Siendo la causa de la muerte las heridas sufridas por arma de fuego el día 27 de diciembre de 1870, fundamentalmente las localizadas en el hombro izquierdo, cuya complicación infecciosa desembocó en la muerte por septicemia el día 30 de diciembre del mismo año.

7. AGRADECIMIENTOS:

Sociedad Bicentenario General Prim 2014, Ayuntamiento de Reus, Museo del Ejército (Toledo), José Ángel Abreu (Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Universitario Sant Joan de Reus), Carlos Dorado (Hemeroteca Municipal de Madrid).

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. CALABUIG G. *Medicina Legal y Toxicología*. Masson, Madrid, 2004.
2. VILLANUEVA E. *Gisbert Calabuig. Medicina Legal y Toxicología*. Elsevier España, 2018.
3. DOLINAK D, MATSHES EW, LEW EO. *Forensic Pathology, Principles and Practice*. Elsevier, 2004.
4. FIEGUTH A, ALBRECHT UV, BERTOLINI J, KLEEMANN J. *Intracartilaginous haemorrhagic lesions in strangulation?*. Int J Legal Med. 2003 Feb;117(1):10-3.
5. KEMPTER M, ROSS S, SPENDLOVE D, FLACH PM, PREISS U, THALI MJ, BOLLIGER SA. *Post-mortem imaging of laryngohyoid fractures in strangulation incidents: first results*. Leg Med (Tokyo). 2009 Nov;11(6):267-71.
6. KHOKHLOV VD. *Injuries to the hyoid bone and laryngeal cartilages: effectiveness of different methods of medico-legal investigation*. Forensic Sci Int. 1997 Aug 22;88(3):173-83.
7. KHOKHLOV VD. *Pressure on the neck calculated for any point along the ligature*. Forensic Sci Int. 2001 Dec 123;178-181.
8. MAXEINER H, BOCKHOLDT B. *Homicidal and suicidal ligature strangulation--a comparison of the post-mortem findings*. Forensic Sci Int. 2003 Oct 137(1):60-6.

9. MUÑIZ R. *Apuntes históricos sobre la Revolución de 1868*. Establecimiento tipográfico de El Globo, Madrid, 1886.
10. PEDROL RIUS A. *Quién mató a Prim*. Sociedad de Educación Atenas, Madrid, 1981.
11. DIEGO GARCÍA E. *Prim: mucho más que una espada*. Editorial Actas, Madrid, 2014.
12. POLLANEM M S, MCAULIFFE DN. *Intra-cartilaginous laryngeal haemorrhages and strangulation*. Forensic Sci Int. 1998 Apr 22;93(1):13-20.
13. PIRALA A. *Historia Contemporánea. Anales desde 1843 hasta la conclusión de la actual guerra civil*. Imprenta y Fundición de Manuel Tello, Madrid, 1875.
14. PRIEGO J, CABEZÓN P. *La colección «Romero Ortiz»: un museo romántico*. Disponible en: [file:///g:/articulos%20publicaciones/prim/romero%20ortiz/romero%20ortiz/4294-4380-1-pb%20\(2\).pdf](file:///g:/articulos%20publicaciones/prim/romero%20ortiz/romero%20ortiz/4294-4380-1-pb%20(2).pdf)
15. SAUKKO P, KNIGHT B. *Knight's Forensic Pathology*. CRC Press, London, 2016.
16. SIMÓN D. FERNÁNDEZ. CESÁREO FERNÁNDEZ-LOSADA. Disponible en: <http://dbe.rah.es/biografias/34998/cesareo-fernandez-fernandez-losada>
17. URRACA P. *Tratado de autopsias, embalsamamientos y preparaciones de gabinete*. Imprenta Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez, Valladolid, 1883.
18. YEN K, VOCK P, CHRISTE A, SCHEURER E, PLATTNER T, SCHÖN C, AGHAYEV E, JACKOWSKI C, BEUTLER V, THALI MJ, DIRNHOFER R. *Clinical forensic radiology in strangulation victims: forensic expertise based on magnetic resonance imaging (MRI) findings*. Int J Legal Med. 2007 Mar;121(2):115-23.