

# Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense



## *International Journal of Forensic Anthropology and Odontology*

Asociación Española de Antropología y Odontología Forense

Volumen. 9 | N°1 | Marzo 2026



▶ UN NUEVO MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD AL MOMENTO DE LA MUERTE EN CRÁNEOS HUMANOS. Solla HE.

▶ EL ANÁLISIS QUÍMICO DEL SEDIMENTO COMO MARCADOR DE PROCESOS DIAGNÓSTICOS EN DOS FOSAS COMUNES DEL FRANQUISMO. Domingo García A, Vazquez RC; Schwab ME, Alonso Beltrán Y, Calpe Vicente A, Mezquida Fernández M, Murcia-Mascarós S, Díez Castillo A, Gallelo G.

▶ LESIONES CRANEALES POR ARMA DE FUEGO EN UN CONTEXTO DE REPRESIÓN SISTEMÁTICA. López García G.

▶ LOS IMPLANTES DENTALES Y SU IMPORTANCIA EN LA IDENTIFICACIÓN MÉDICO LEGAL: APROXIMACIÓN TEÓRICA Y ESTUDIO DE UN CASO. Campos Tristán G, Dorado Fernández E, Blasco García B, Ruiz-Tagle E.

▶ SCAVENGING PATTERNS IN BURNED REMAINS: AN EXPERIMENTAL FORENSIC TAPHONOMIC STUDY ON CHARRED PIG CARCASSES INSIDE A VEHICLE. Nastia A, Díaza IA

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 2025 por 173 miembros. La actual Junta Directiva está formada por Enrique Dorado Fernández (Presidente), Inmaculada López Flores (Vicepresidenta de Antropología), Anna Hospital Ribas (Vicepresidenta de Odontología), Elisa Ruiz-Tagle (Secretaria), Ana Isabel Cascón Gutiérrez (Tesorera) y Javier Irurita Olivares (Vocal). La AEAOF mantiene activa una web ([www.aeaoof.com](http://www.aeaoof.com)) donde se aloja esta revista y tiene su dirección postal en el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Madrid. Laboratorio de Antropología Forense. Calle Julio Cano Lasso, 4 (Barrio de Valdebebas, Hortaleza). 28055-Madrid.

EDITA:  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ANTROPOLOGÍA Y ODONTOLOGÍA FORENSE, Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Madrid. Calle Julio Cano Lasso, 4 (Barrio de Valdebebas, Hortaleza). 28055-Madrid.

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.

Google Scholar

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



©Asociación Española de Antropología y Odontología Forense.

ISSN 2603-6797.

Fotografía portada: Gema López. Arqueoantro.

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.**

Enrique Dorado Fernández  
Presidente AEAOF  
(Instituto de Medicina Legal y CCFF de Madrid)

## **Comité Editorial.**

### **Editores asociados**

Miguel Botella López  
(Universidad de Granada)  
Ana Cascón Gutiérrez  
(Instituto de Medicina Legal y CCFF de Madrid)  
Francisco Etxeberría  
(Universidad del País Vasco)  
Anna Hospital Ribas  
(Instituto de Medicina Legal y CCFF de Catalunya)  
Javier Irurita Olivares  
(Universidad de Granada)  
Inmaculada López Flores  
(Arqueóloga)  
Elisa Ruiz-Tagle Fernández  
(Instituto de Medicina Legal y CCFF de Madrid)  
José Antonio Sánchez  
(Universidad Complutense de Madrid)  
Morris Tindball Binz  
(Comité Internacional de la Cruz Roja)

## **Redactor Jefe.**

Fernando Serrulla Rech  
(Instituto de Medicina Legal de Galicia)

## **Comité Científico.**

Cristina Amaya Ferrer, (Instituto de Medicina Legal y CC.FF de Cataluña), José Pablo Baraybar (CICR), Silvia Carnicero Cáceres (Instituto de Medicina Legal de Cantabria), Manuel F Carrillo Rodríguez (Universidad de Alcalá de Henares), Gonçalo Carnim (Instituto Nacional de Medicina Legal de Portugal, Coimbra), Luis B Fondebrider (Equipo Argentino de Antropología Forense), Gabriel M Fonseca (Sociedad de Odontostomatólogos Forenses Iberoamericanos), Elisa García Prósper (Grupo Paleolab, Valencia), Ignasi Galtés Vicente (Instituto de Medicina Legal y CC.FF de Cataluña), Almudena García-Rubio (Universidad Autónoma de Madrid), Anahí Ginarte (Equipo Argentino de Antropología Forense), Jesús Herrerin López (Universidad Autónoma de Madrid), Marisol Intriago

(Servicio Médico Legal, Chile), Elena Labajo González (Universidad Complutense de Madrid), Assumpció Malgosa i Morera (Universidad Autónoma de Barcelona), Roberto Parra (Presidente Asociación Latinoamericana de Antropología Forense), Bernardo Perea Pérez (Escuela de Medicina Legal de Madrid), Vilma Pinchi (International Organization for Forensic Odonto-Stomatology), Joao Pinheiro (Instituto Nacional de Medicina Legal de Portugal), Manuel Polo Cerdá (Instituto de Medicina Legal de Valencia), José Luis Prieto Carrero (Instituto de Medicina Legal y CC.FF de Madrid), Luis Ríos Frutos (Universidad Complutense de Madrid), Fernando Rodes Lloret (Instituto de Medicina Legal de Alicante), Mercedes Salado (Equipo Argentino de Antropología Forense), César Sanabria (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Colombia), Mercè Subirana Domènech (Instituto de Medicina Legal y CC.FF de Cataluña), Aurora Valenzuela Garach (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 Máster, 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 comunicara 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 los siguiente: El manuscrito deberá enviarse completo en Word con TITULO (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.

LOS MANUSCRITOS SE ENVÍAN A: antropologiaforense.aeaf@gmail.com



# ÍNDICE

EDITORIAL.....	5
1. UN NUEVO MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EDAD AL MOMENTO DE LA MUERTE EN CRÁNEOS HUMANOS. <i>A NEW METHOD TO ESTIMATE AGE DEATH IN HUMAN SKULLS</i> Solla HE.....	7
2. EL ANÁLISIS QUÍMICO DEL SEDIMENTO COMO MARCADOR DE PROCESOS DIAGENÉTICOS EN DOS FOSAS COMUNES DEL FRANQUISMO. <i>CHEMICAL ANALYSIS ON SEDIMENT AS A MARKER OF DIAGENETIC PROCESSES IN TWO MASS GRAVES OF FRANCO'S DICTATORSHIP.</i> Domingo García A, Vazquez RC; Schwab ME, Alonso Beltrán Y, Calpe Vicente A, Mezquida Fernández M, Murcia-Mascarós S, Díez Castillo A, Gallelo G. ....	12
3. LESIONES CRANEALES POR ARMA DE FUEGO EN UN CONTEXTO DE REPRESIÓN SISTEMÁTICA. <i>CRANIAL GUNSHOT INJURIES IN CONTEXTS OF SYSTEMATIC REPRESSION.</i> López García G .....	24
4. LOS IMPLANTES DENTALES Y SU IMPORTANCIA EN LA IDENTIFICACION MÉDICO LEGAL: APROXIMACION TEORICA Y ESTUDIO DE UN CASO. <i>DENTAL IMPLANTS AND THEIR IMPORTANCE IN MEDICOLEGAL IDENTIFICATION: A THEORETICAL APPROACH AND CASE STUDY.</i> Campos Tristán G, Dorado Fernández E, Blasco García B, Ruiz-Tagle E.....	41
5. SCAVENGING PATTERNS IN BURNED REMAINS: AN EXPERIMENTAL FORENSIC TAPHONOMIC STUDY ON CHARRED PIG CARCASSES INSIDE A VEHICLE. <i>PATRONES DE CARROÑEO EN RESTOS CALCINADOS: UN ESTUDIO TAFONÓMICO FORENSE EXPERIMENTAL SOBRE CADÁVERES DE CERDO CARBONIZADOS DENTRO DE UN VEHÍCULO</i> Nastia A, Díaza IA. ....	51



## Editorial

### **Unidades de Antropología Forense e interdisciplinariedad**

El pasado mes de octubre de 2025 tuvo lugar en la ciudad de Burgos una de las reuniones anuales de Directores de Institutos de Medicina Legal españoles. Entre otros temas se trató de la creación de las Unidades de Antropología Forense. Es sin duda una importante novedad que los responsables de dirigir las instituciones oficiales de la Medicina Forense en España se ocupen de la Antropología Forense. Tradicionalmente la Medicina Forense en España y también en otros países, ha dejado de lado la Antropología Forense como si los cadáveres esqueletizados no fuesen cadáveres. En términos generales la Antropología Forense en España ha navegado en el más absoluto abandono para los Institutos de Medicina Legal hasta la iniciativa de José Luis Prieto de poner marcha el Laboratorio de Antropología y Odontología Forense del -entonces- Instituto Anatómico Forense de Madrid. Esta falta de interés ha sido suplida por instituciones académicas (Madrid, Barcelona, Valencia, País Vasco y Granada) que desde la Antropología Física se han ocupado y se ocupan de resolver muchos problemas judiciales.

La creación de los laboratorios de Cataluña y Galicia fue otra novedad hace 20 años pero la Antropología Forense siguió sin reconocimiento oficial pues estos laboratorios funcionan más por la voluntad de quienes trabajan en ellos que por el apoyo institucional que reciben. Desde entonces han ido creándose en los IMLs nuevos laboratorios de Antropología Forense, primero Gran Canaria, Baleares y Valencia y en los últimos tiempos se han creado las de Burgos, Badajoz y País Vasco. Es sin duda un paso muy importante hacia el reconocimiento de la Antropología Forense por los IMLs.

La reunión de los Directores de los IMLs significa interés por parte de nuestros distinguidos colegas, sin embargo ahora les queda a los Directores la tarea más complicada: crear la plaza de Antropólogo Forense en la Relación de Puestos de Trabajo (RPT). Algo que nuestros colegas sud y centroamericanos han conseguido hace años y que en nuestro país solo el IML de Madrid reconoce.

Desde hace ya muchos años, el crónico desinterés de la Medicina Forense por la Antropología Forense ha ido parejo a la mejora de la formación académica en esta especialidad y por tanto a que actualmente existan un gran número de profesionales de diferentes perfiles universitarios con mucha experiencia en el estudio de la muerte violenta en restos humanos esqueletizados. La situación actual por tanto es paradójica porque los IMLs que tienen el material de estudio no tienen personal formado y los que tienen la formación y la experiencia no pueden acceder a estudiar este material. Parece ser cierto el viejo dicho de que 'Dios da pan al que no tiene dientes'.

El tiempo del Médico Forense que '*le gustan los huesos*' y ve 3 casos al año ha terminado. La Antropología Forense es mucho más que el estudio del hueso seco. La Antropología Forense debe ejercerse desde los IMLs y para ello no es suficiente con que los Directores creen Unidades de Antropología Forense. Crearlas está muy bien, pero quedan muchas tareas por hacer para que la Antropología Forense esté en el lugar que le corresponde:

- Las Unidades de Antropología Forense hay que dotarlas de personal formado y de los materiales

necesarios, incluida la radiología.

- La formación no es suficiente para ejercer, los profesionales necesitan experiencia. No es suficiente con estudiar 10 casos al año y por ello tener que hacer también la valoración del daño corporal o la psiquiatría forense que corresponda. Es necesario permitir que el Médico Forense experto en Antropología Forense pueda implicarse en tareas de Derechos Humanos y en la llamada Acción Forense Humanitaria. Además las Unidades de Antropología Forense deben ocuparse del estudio de los MENAs en los IMLs en los que sea posible, de todas las actividades de esqueletización de piezas de autopsias y de las tareas correspondientes en casos de aplicación de técnicas no rutinarias de identificación. Muy importante también permitir que el Antropólogo forense pueda asistir, colaborar o asesorar en los levantamientos de restos óseos. La Antropología Forense sin contexto poco puede aportar. Por último y no por ello menos importante es también necesario permitir que las Unidades de Antropología Forense puedan implicarse en tareas de investigación científica abriendo las puertas a que las Universidades colaboren con los IMLs para conseguir la mejora de todas las instituciones implicadas.

En definitiva, Unidades de Antropología Forense del siglo XXI en las que además de estudiar hueso seco se pueda investigar con piezas de autopsia, se haga identificación, se estudie a los MENAS, se asista a los levantamientos de restos óseos, se colabore con la Universidad, se haga investigación científica y exista una clara implicación con los Derechos Humanos y la Acción Forense Humanitaria. Esta es la idea que tengo de lo que debe ser un laboratorio de Antropología Forense de la Administración de Justicia moderno. Solo el ejercicio interdisciplinar permitirá a los IMLs tomar la senda adecuada. No lo verán mis ojos pero aquí queda escrito.

Gracias a tod@s autor@s por su aportación en este número, sin ellos no existiríamos.

En Verín (Ourense) a 24 de marzo de 2026.

Fernando Serrulla Rech.

Redactor Jefe RIAOF.



# Un nuevo método para la determinación de la edad al momento de la muerte en cráneos humanos.

## A NEW METHOD TO ESTIMATE AGE DEATH IN HUMAN SKULLS

Solla HE<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Medicina Forense, Instituto Técnico Forense, Uruguay

**RESUMEN:** Se presenta un método para la estimación de la edad al momento de la muerte basado en el grado de obliteración de las suturas ectocraneanas. Fue desarrollado en base a una muestra representativa de 36 cráneos humanos de individuos de ambos sexos de los cuales se conocía su edad al momento de la muerte ya que fueron extraídos de cementerios públicos. El método se basa en la obtención de un score X que se compone de la suma de los puntajes obtenidos del análisis del grado de obliteración para cada una de las suturas craneanas en fases de 0 a 5. Mediante el análisis estadístico de las relaciones de los puntajes obtenidos para cada cráneo y sus edades respectivas se elaboró una fórmula de regresión lineal que permite para determinados valores del score X predecir los valores Y, vale decir, que determinados puntajes de X le corresponden determinadas edades de Y. De este modo el método permite estimar de manera rápida y sencilla con operaciones algebraicas, la edad al momento de la muerte a través del estudio del cráneo mediante la utilización de una fórmula de regresión lineal, siendo de gran utilidad para su aplicación en casos arqueológicos y forenses, por sí solo o en combinación con otros indicadores de la edad al momento de la muerte.

**PALABRAS CLAVE:** EDAD AL MOMENTO DE LA MUERTE, CRÁNEOS, ANTROPOLOGÍA FORENSE, URUGUAY.

**ABSTRACT:** A method is presented for estimation of age at death based on the degree of ecto-cranial suture obliteration. It was developed based on an updated and representative sample of 36 human skulls from individuals of both sexes whose age at death was known, as they were extracted from public cemeteries. The method is based on obtaining an X score, which is made up of the sum of the scores obtained from the analysis of the degree of obliteration for each of the cranial sutures in 5 phases, from 0 to 5. Through the statistical analysis of the relationships of the scores obtained for each skull and their respective ages, a linear regression formula was developed that allows certain values of the X score to predict the Y values, that is, certain X scores correspond to certain ages of Y. In this way, the method allows the age at the time of death be estimated quickly and easily, using algebraic operations, through the study of their skull using a linear regression formula. This is very useful for application in archaeological and forensic cases, either alone or in combination with other indicators of age at the time of death.

**KEY WORDS:** AGE AT DEATH, SKULLS, FORENSIC ANTHROPOLOGY, URUGUAY

**CONTACTO:** Horacio E. Solla. hsolla14@gmail.com

### 1. INTRODUCCIÓN.

El trabajo que aquí se presenta es un nuevo método basado en el estudio del grado de obliteración de las suturas ectocraneanas. El orden de obliteración de las diferentes suturas craneanas, así también como el momento en que la misma ocurren ha sido objeto de numerosos estudios en relación con la determinación de la edad al momento de la muerte del individuo.

Los primeros estudios bien documentados datan de la segunda mitad del siglo XIX, Topinard (1885) y Dwight

(1890). A principios del siglo XX se retoman los estudios donde se destacan los excelentes trabajos de Todd y Lyon (1925). En la década de los cincuenta el orden de obliteración de las suturas craneanas y el momento en que ellas ocurren es muy discutido como criterio válido para la estimación de la edad en restos óseos humanos, Cobb (1952), Brokss (1955), Genovés y Messmacher (1959). Recientemente nuevos trabajos han rehabilitado el estudio del grado de sinostosis de las suturas craneanas como criterio válido para la estimación de la edad al momento de la muerte del individuo, Perizonius (1984) y Meindl y Lovejoy (1985).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Los datos disponibles provienen de una muestra de 36 cráneos humanos (25 masculinos y 11 femeninos) de individuos de los cuales se conocía su edad al momento de la muerte, procedentes de los cementerios del Norte (20) y del Cerro (16).

Se estudiaron las suturas ectocraneanas por razones prácticas forenses por ser, como es obvio, las de más fácil observación y por considerarlas un mejor indicador de la edad del individuo que las suturas endocraneanas (Meindl y Lovejoy, 1985).

No se tomaron en cuenta las diferencias raciales, ni sexuales de los individuo de la muestra testigo ya que éstas categorías biológicas no influyen en el proceso de obliteración (Krogman, 1949).

Observando la cara externa de los huesos del cráneo (ectocraniana) se estudiaron las suturas: sagital dividida en cuatro sectores, coronal derecha dividida en tres sectores, coronal izquierda dividida en tres sectores, lambdoidea derecha dividida en tres sectores y lambdoidea izquierda dividida en tres sectores, escamosa derecha en una sector y escamosa izquierda en un sector y basal en un sector, totalizando de este modo 19 sectores. Cada sector se analiza en un escala numérica de 0 a 5 (Tabla 1).

Tabla 1.

0	= sutura abierta con considerable espacio entre los bordes dentados de los huesos del cráneo
1	= sutura abierta con espacio pequeño entre los bordes dentados de los huesos del cráneo
2	= líneas de las suturas muy nítidas pero ya existe considerable contacto entre los bordes dentados
3	= las líneas que forman las suturas comienzan a afinarse y por lo tanto son menos nítidas, pudiendo estar interrumpidas por espacios donde ya se ha realizado la obliteración
4	= son visibles solo pequeñas trazas de las líneas que forman las suturas, la sección esta obliterada en un 90%

5 = las líneas de las suturas han desaparecido por completo y la sutura esta totalmente obliterada.

De maneras que en función de dicho puntaje que llamaremos X, se estima la edad del individuo que llamaremos Y, teniendo en cuenta que el método es de real interés cuando se aplica sobre cráneos de individuos adultos ya que para la estimación de la edad al momento de la muerte en restos de individuos sub-adultos existen otros métodos que aportan una

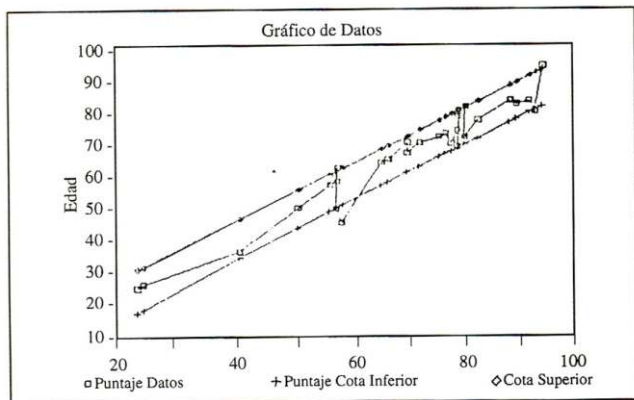
Los valores obtenidos para todos los sectores se suman y se confecciona de ese modo un score o puntaje que va desde el mínimo de 0 (19x0) a un máximo de 95 (19 x 5), (Tabla 2).

Tabla 2.

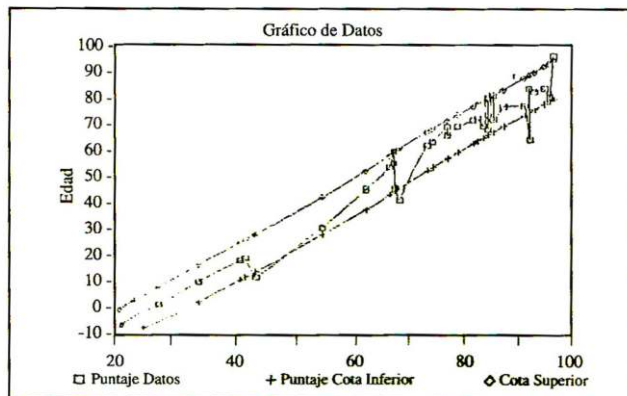
SUTURAS	SECCIONES	SCORE POR SECCIÓN	TOTALES
Sagital	4	5x4	20
Coronal derecha	3	5x3	15
Coronal izquierda	3	5x3	15
Lambdoidea derecha	3	5x3	15
Lambdoidea izquierda	3	5x3	15
Escamora derecha	1	5x1	5
Escamora izquierda	1	5x1	5
Basal	1	5x1	5
Totales	19	95	95

En función de dicho puntaje que llamaremos X, se estima la edad del individuo que llamaremos Y, teniendo en cuenta que el método es de real interés cuando se aplica para cráneos de individuos adultos ya que para la estimación de la edad al momento de la muerte en restos de individuos sub-adultos existen otros métodos que aportan una solución más satisfactoria al problema. Salvo en casos patológicos, a mayor edad del individuo le corresponde un mayor grado de obliteración, esto equivale a decir que Y debe corresponder como función creciente de X (figs 1-6).

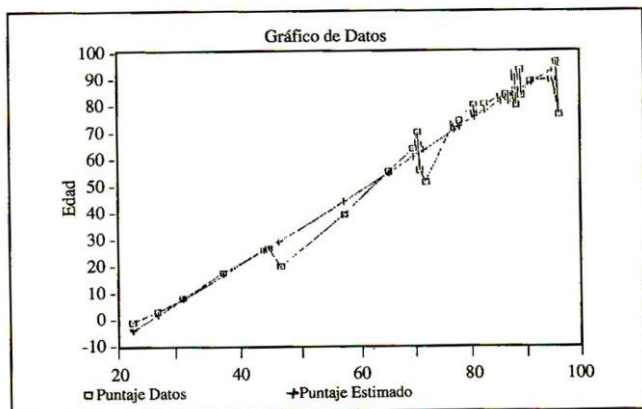
**Figura 1**  
Datos depurados e intervalos de confianza ( $m(X)$  y  $M(X)$ ) al 80%



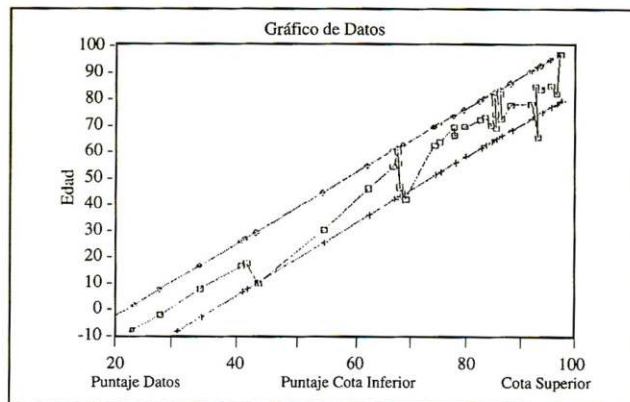
**Figura 4**  
Datos originales y de los intervalos de confianza ( $m(X)$  y  $M(X)$ ) al 80%



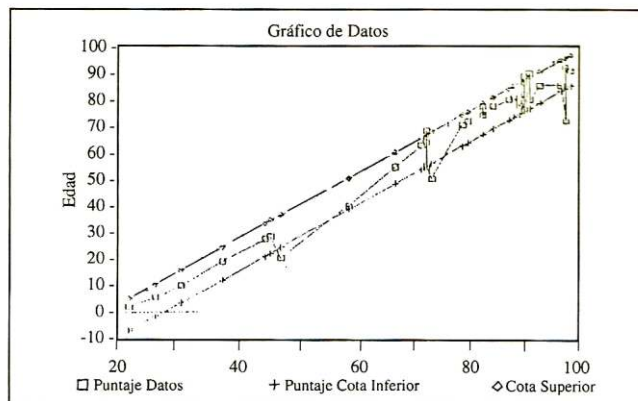
**Figura 2**  
Función de regresión ( $y(X)$ ) y de los datos originales



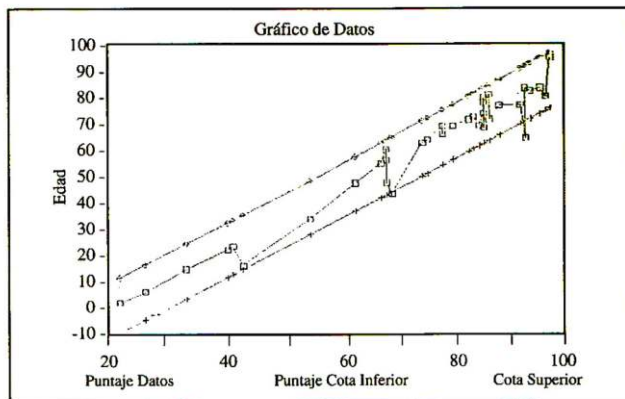
**Figura 5**  
Datos originales y de los intervalos de confianza ( $m(X)$  y  $M(X)$ ) al 90%



**Figura 3**  
Datos originales y de los intervalos de confianza ( $m(X)$  y  $M(X)$ ) al 70%



**Figura 6**  
Datos originales y de los intervalos de confianza ( $m(X)$  y  $M(X)$ ) al 95%



### 3. MODELO Y METODOLOGÍA ESTADÍSTICA.

El modelo que se planteó fue una regresión lineal, i.e:

$$Y_{ik} = aX_i + b + e_{i,k}$$

Se procedió a calcular las edades predichas para los scores comprendidos en el rango estudiado. Se procedió a realizar los intervalos de confianza para dichas predicciones. Para distintos niveles de confianza (Arnold, 1981). Esto nos dice que con un nivel de confianza de p% la edad al momento de la muerte de un cráneo con score X es mayor o igual a m(X) y menor que M(X). A mayores valores de p, el rango M(X)-m(X) se hace mayor.

### 4. CONCLUSIONES.

El presente estudio permite concluir que existe una relación altamente lineal entre el score (X) y la edad del individuo al momento de la muerte (Y). De modo que la edad al momento de ella muerte de un individuo con score X puede predicirse según la fórmula de regresión:

$$Y = 0,950468X - 2.63467$$

Las predicciones e intervalos de confianza correspondientes a un nivel de confianza del 80% para los scores X comprendidos entre 25 y 95. Los mismos se pueden apreciar en la tabla 3.

Tabla 3  
 Intervalos de Confianza del 80% (X = 25-95)

X	Y	m(X)	M(X)	X	Y	m(X)	M(X)
25	21.13	13	28	61	55.34	49	62
26	22.08	14	29	62	56.29	50	63
27	23.03	15	30	63	57.24	51	64
28	24.94	16	31	64	58.19	52	65
29	25.88	17	32	65	59.15	53	65
30	26.83	18	33	66	60.10	54	66
31	27.78	19	34	67	61.05	55	67
32	28.73	20	35	68	62.00	56	68
33	29.68	21	36	69	62.95	57	69
34	30.63	22	36	70	63.90	58	70
35	31.58	23	37	71	64.85	59	71
36	32.53	24	38	72	65.80	60	72
37	33.48	25	39	73	66.75	60	73
38	34.43	26	40	74	67.70	61	74
39	35.38	27	41	75	68.65	62	75
40	36.33	28	42	76	69.60	63	76
41	37.28	29	43	77	70.55	64	77
42	38.23	30	44	78	71.50	65	78
43	39.19	31	45	79	72.45	66	79
44	40.14	32	46	80	73.40	67	80
45	40.14	33	46	81	74.35	68	81
46	41.09	34	47	82	75.30	69	82
47	42.04	35	48	83	75.25	70	83
48	42.99	36	49	84	77.20	71	84
49	43.94	37	50	85	78.15	72	85
50	44.89	38	51	86	79.11	73	85
51	45.84	39	52	87	80.06	74	86
52	46.79	40	53	88	81.01	75	87
53	47.74	41	54	89	81.96	76	88
54	48.69	42	55	90	82.91	76	89
55	49.64	43	56	91	83.86	77	90
56	50.59	44	57	92	84.81	78	91
57	51.54	45	58	93	85.76	79	92
58	52.49	46	59	94	86.71	80	93
59	53.44	47	60	95	87.66	81	94
60	54.39	48	61				

Si bien el método en sí es nuevo, el estudio del grado de sinostosis de las suturas ectocraneanas para determinar la edad al momento de la muerte no lo es. Cabe señalar que no se tomaron en cuenta para éste estudio las categorías biológicas de raza y sexo, ya que se considera que las mismas no influyen en el proceso de obliteración. Se aplica a individuos adultos ya que para individuos sub-adultos existen otros métodos que otorgan una solución más satisfactoria al problema. Se toman en cuenta las principales suturas del cráneo y se dividen en secciones facilitando la aplicación del método en la práctica forense. Esta división es arbitraria y se justifica solo para por motivos pragmáticos. Se utiliza una escala de graduación más amplia que en otros métodos similares de 0 a 5 o sea con seis fases. Lo cual permite una mayor plasticidad al técnico al enfrentarse a un caso concreto de estudio, haciendo igualmente más sencilla su aplicación. Los grados de sinostosis y la edad son directamente proporcionales. Luego de haber obtenido el score o puntaje, este método permite estimar la edad mediante la simple aplicación de una fórmula de regresión lineal. En el resultado final si bien se expresan los datos con relación a una muestra depurada el mismo examen estadístico se realizó sobre la muestra original para distintos niveles de confianza, no observándose diferencias sustanciales en los resultados obtenidos. En suma, se trata de un método más ágil, con un 80% de niveles de confianza, sencillo en su aplicación diaria forense y con rangos etarios más pequeños que los métodos similares utilizados hasta el momento para la estimación de la edad al momento de la muerte del individuo, basados en los grados de obliteración de las suturas del cráneo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. TOPINARD, P. *Eléments d'Anthropologie Générale*. París, 1885: 644-646.
2. DWIGHT, T. (1890) The closure of the suture as a sign of age. *J. P Anthrop. Inst.* Vol.35: 30-38.
3. TODD, T. LYON, D.W. *Ectocraneal suture closure* (1925). *Am J. Phys. Anthrop.* 8:23-71.
4. COBB, W.M. (1952) *Facial suture closure in whites and american negroes*. *Am. J Phys. Anthrop.*, 10:256
5. BROOKS, S.T (1955) *Skeletal age at death, the reability of cranial and pubic age indicators*. *Am. J. Phys. Anthropol.* 13: 567-589.
6. GENOVÉS, S. MESSMACHER, M. (1959) *Valor de los patrones tradicionales para la determinación de la edad por medio de las suturas de cráneos mexicanos*. Cuadernos, Serie Antropológica, UNAM: 45.
7. PERIZONIUS, W.R.K. (1984) *Closing and non closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam (AD. 1883-1909)* *J Human. Evol.* 13: 201-216.
8. MEINDL, R. S. LOVEJOY, C.O. (1985) *Ectocranial suture closure: A revised method for the determination of skeletal age at death and blind tests of accuracy*. *Am. J. Phys, Anthropol.*, 68:57-66.
9. KROGMAN, W. M. (1949). *The Hukan Skeleton in Legal Medicine. Medical aspects*. In. *Levinson, S.A (Ed) Symposium on Medicolegal Problems*. Series Two, Philadelphia, Lippincott: 1-92.
10. ARNOLD, S (1981) *The Theory of linear models and Multivariate Analysis*. Willey.



# El análisis químico del sedimento como marcador de procesos diagenéticos en dos fosas comunes del franquismo.

CHEMICAL ANALYSIS ON SEDIMENT AS A MARKER OF DIAGENETIC PROCESSES IN TWO MASS GRAVES OF FRANCO'S DICTATORSHIP.

Domingo García A<sup>1,2</sup>, Vazquez RC<sup>3</sup>; Schwab ME<sup>2,4</sup>, Alonso Beltrán Y<sup>2</sup>, Calpe Vicente A<sup>2</sup>, Mezquida Fernández M<sup>2</sup>, Murcia-Mascarós S<sup>5</sup>, Díez Castillo A<sup>1</sup>, Gallelo G<sup>1,5</sup>.

1. Universitat de València. Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga. España.
2. Associació Científica ArqueoAntro. España.
3. UNRN-CONICET. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Argentina.
4. Universitat de València. Antropología i Embriología Humana. España.
5. Universitat de València. Institut de Ciència dels Materials (ICMUV). España.

**RESUMEN:** La fosa 1 de Villar del Arzobispo y la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón son dos fosas comunes de víctimas de la dictadura franquista donde fueron exhumados 21 individuos y 19 individuos respectivamente por la Asociación Científica *ArqueoAntro* en los años 2022 y 2025. En el presente estudio se determinaron los perfiles biológicos en base a la edad, el sexo y la estatura aplicando métodos estandarizados propios de la antropología física. La tafonomía fue evaluada cuantitativa y cualitativamente mediante la observación de las modificaciones en el hueso según el porcentaje del tejido óseo afectado y los principales índices de preservación, estandarizando los resultados en el Estado de Alteración Tafonómica (EAT). Los análisis químicos del sedimento permitieron medir el pH, la composición química elemental y las ratios (Sr/Ca, Ca/P) mediante Fluorescencia de Rayos X (XRF). Los resultados mostraron como el efecto diagenético de los metales produce un aumento de la fragmentación en el tejido óseo en Castellón, así como la descalcificación y la pérdida del fósforo en las ratios debida al intercambio iónico con el sedimento en ambos casos. Esta metodología analítica no destructiva supone un avance para su aplicación al ámbito arqueológico y forense, la cual a su vez puede resultar clave en el criterio de selección de muestras osteológicas destinadas a la genética forense.

**PALABRAS CLAVE:** ANTROPOLOGÍA FORENSE, ARQUEOLOGÍA, TAFONOMÍA, ANÁLISIS QUÍMICO, FRANQUISMO.

**ABSTRACT:** The Mass Grave 1 of Villar del Arzobispo and the Row 14 is of the Civil Cemetery of Castelló are two Francoist dictatorship mass graves where 21 and 19 individuals in anatomical connexion where respectively exhumed by *ArqueoAntro* Scientific Association in 2022 and 2025. In the study the biologic profiles were determined based on age, sex and height according to the standardized physical anthropology applied methods. The taphonomy was quantitative and qualitatively measured, identifying the modifications on the human bones according to the affected bone tissue percentage and calculating the main preservation index, standardized to the Taphonomic Alteration State (TAS). The physic-chemical analyses have been employed to measure the pH, the chemical composition and the ratios (Sr/Ca, Ca/P) using X-Ray Fluorescence (XRF). Results indicated the diagenetic effect of metals increasing the fragmentation of the bone in Castelló, as well as the decalcification and the phosphorus loss due to ionic exchange with the sediment on both cases. This non-destructive analytical methodology has proved an advance on its application to archaeological studies, which can be crucial on the taphonomic criteria to osteologic sample selection for the forensic genetics.

**KEY WORDS:** FORENSIC ANTHROPOLOGY, ARCHAEOLOGY, TAPHONOMY, CHEMICAL ANALYSIS, FRANCOISM.

**CONTACTO:** Andreu Domingo García. andoigar@alumni.uv.es

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los procesos científico-forenses de exhumación de víctimas de la guerra civil y la dictadura en España fueron realizados en las últimas dos décadas gracias al impulso de las Leyes de

Memoria Democrática y el protocolo de actuación forense (1-3). En la Comunidad Valenciana las leyes autonómicas establecieron los mecanismos para la denuncia de estos hechos, la investigación de las desapariciones forzadas y la exhumación de las fosas comunes (4, 5). El apoyo público a

las intervenciones de recuperación de víctimas del franquismo en el territorio valenciano la última década ha permitido recuperar los cuerpos de 1.128 personas en 61 procesos de exhumación, de las cuales 136 personas se consiguieron identificar positivamente (6).

Desde la entrada en vigor de la Ley de Memoria Democrática estatal, se propuso la creación de un Censo Nacional de Víctimas y un Banco de ADN siguiendo el ejemplo de Argentina, como respuesta a la necesidad de mejorar los índices de hallazgo e identificación de víctimas (7). En lo referente a la identificación genética, los principales obstáculos son la dificultad de encontrar familiares emparentados a las víctimas y la insuficiente preservación del ADN en los huesos humanos la cual dificulta la obtención de perfiles genéticos de calidad (8). Mejorar las probabilidades de identificación es una prioridad en la antropología forense siendo la tafonomía una herramienta capaz de contribuir en la selección de muestras osteológicas para los estudios genéticos (9).

La tafonomía es una ciencia auxiliar a la antropología física y forense, cuyo objetivo principal es la identificación de las modificaciones en el tejido óseo ocurridas desde la deposición hasta el hallazgo de los restos óseos humanos (10). Permite la evaluación del estado de alteración de los huesos previamente a la realización de los estudios antropológicos, contribuyendo a mejorar el conocimiento de los procesos diagenéticos en la historia tafonómica de los huesos humanos y su grado de alteración (11-14). Los métodos de control de la diagénesis en los restos óseos se han desarrollado en las últimas décadas, incluyendo en la actualidad aquellas líneas de investigación que evalúan la preservación del ADN así como el estudio de las variables ambientales y tafonómicas como factores imprescindibles para la caracterización de los procesos diagenéticos a escala regional (22-26).

En el ámbito forense, actualmente se realiza el análisis tafonómico de los restos óseos humanos en los estudios antropológicos asociado a las variables ambientales, los casos de saponificación de la fosa 1 de La Pedraja y la fosa 128 del Cementerio de Paterna, así como las fosas del Cementerio de la Carcavilla (19-21). En este trabajo se presentan los resultados del estudio tafonómico forense de las víctimas del franquismo exhumadas por la *Asociación Científica ArqueoAntro* en la fosa 1 de Villar del Arzobispo y la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón. Se aplica una metodología analítica no destructiva de la alteración diagenética mediante el muestreo de sedimentos en contacto con los restos óseos. Los resultados preliminares se presentaron tanto en la XVII Reunión Científica de la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense como en el XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Antropología Forense en el año 2025 (27-28).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Cementerio de Villar del Arzobispo (A). Cementerio Civil de Castellón (B). Programa QGIS. El Cementerio Municipal de Villar del Arzobispo se sitúa a unos 400 metros al norte de la localidad, en un entorno geológico de sílices, caolines y calizas con un régimen de lluvias árido (Fig. 1). Se encuentra cercano al Barranco de La Loma, donde las crónicas de la guerra civil y la posguerra sitúan el lugar de los fusilamientos en el antiguo campo de fútbol de la localidad (Mínguez Molina, 2019). Asimismo, el Cementerio Civil de Castellón se localiza anexo al Cementerio de Sant Josep en la terraza aluvial del *Riu Sec*, un cauce seco cercano a la costa el cual sufre crecidas estacionales en otoño (Fig. 2). Este río es también el lugar donde los testimonios orales recogidos por el *Grup de Recerca de la Memòria Històrica (GRMHC)* sitúan los fusilamientos durante la posguerra en la capital de la provincia de Castellón.

Figura 1. Cementerio de Villar del Arzobispo (A). Cementerio Civil de Castellón (B). Programa QGIS.



La muestra de estudio está conformada por 40 esqueletos humanos completos exhumados en la fosa 1 de Villar del Arzobispo (21 individuos) y la fila 14 del Cementerio Civil de Castelló (19 individuos) en dos excavaciones arqueológicas por la *Asociación Científica ArqueoAntro* (Fig. 1). En el caso de la fosa 1 se exhumaron 21 individuos dispuestos en dos fosas colectivas diferenciadas por la profundidad de inhumación y las estructuras negativas que albergaban los esqueletos, las cuales contenían en un primer nivel de inhumación (1.10 m) los restos óseos humanos de 10 individuos (UC 2010) asociados a una saca de represión del 1939 y en un segundo nivel (1.90 m) los 11 individuos (UC 2013) correspondientes con soldados republicanos procedentes del hospital de sangre.

En la fila 14 se exhumaron 19 individuos dispuestos en 2 fosas individuales (UC 2001, 2008) y 5 fosas colectivas (UC 2002, 2003, 2005-2007) dispuestos en una zanja horizontal sin diferencias de profundidad (1.33 m). Se documentan también 2 fosas de extracción (UC 2004, 2009) realizadas en los traslados a otros cementerios durante la transición a la democracia, las cuales se encuentran documentadas en el Libro de Registro del Cementerio (22).

## 2.1. Análisis antropológico.

La edad osteológica fue determinada en base a las fases de osificación de la sínfisis púbica (29), los cambios morfológicos en el extremo esternal de las costillas (30), la fusión de las epífisis de la clavícula (31) y el desgaste dental (32). La estimación del sexo en individuos adultos fue realizada aplicando la escala de valores del 1 al 5 (1/2: femenino, 3: alofiso, 4/5: masculino) propuesta por Schwartz (1995) mediante la observación cualitativa del dimorfismo sexual en las regiones específicas del cráneo (cresta nugal, mastoides, glabella, margen supra orbital y ángulo mandibular) y pelvis (escotadura ciática, rama isquiopúbica) (33). En cuanto a la estimación de la estatura, se midió la longitud máxima de fémures, húmeros, tibias y peronés utilizando las tablas poblacionales propuestas por Mendonça (1998) en aquellos casos en los que fue posible realizar las mediciones necesarias (34).

Los perfiles obtenidos en el estudio antropológico fueron contrastados con la información ante mortem de las personas inhumadas en la fila 14 de acuerdo con las recomendaciones y buenas prácticas en antropología

forense (35-36). Para tal fin, se consultaron el Libro de Registro del Cementerio de Castelló y los Juicios Sumarísimos en la *Universitat Jaume I (UJI)* en el caso de la Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón, así como las crónicas de la guerra civil y la posguerra de Vicente Llatas Burgos y los listados de combatientes transcritos por Sandra Mínguez en el caso de la fosa 1 de Villar del Arzobispo (37).

## 2.2. Tafonomía forense.

El estudio cualitativo se basa en el marco conceptual de agentes y efectos tafonómicos propuesto por Fernández-Jalvo y Andrews mediante la observación macroscópica de los restos óseos humanos (10). En primer lugar, se identificaron los agentes bióticos y/o abióticos presentes en el contexto de inhumación. En segundo lugar, se relevaron las alteraciones tafonómicas según los grupos de modificaciones superficiales (MS), modificaciones alterando la forma (MAF) y perforaciones en el tejido cortical (MPTC).

El estudio cuantitativo consistió en el cálculo de las principales medidas de cuantificación ósea e índices de preservación, esto es el Número de Especímenes Óseos Identificados (NISP), el Número Mínimo de Elementos (NME) y el Número Mínimo de Individuos (NMI), así como el Índice de Preservación Ósea (IPO) y el Índice de Calidad del Hueso (CH) (20). Los resultados obtenidos se estandarizaron mediante el cálculo del Estado de Alteración Tafonómica (EAT) de Serrulla Rech y Vazquez López (2019), un indicador tafonómico calculado mediante la ponderación de los valores de los Índices de Preservación (IPO) y Calidad del Hueso (CH) (15).

A partir de los datos de las variables ambientales y arqueológicas, para cada estudio de caso (i.e., temperatura, precipitaciones, humedad, altitud y distancia a cuerpos de agua) se han elaborado los modelos diagenéticos, de diagénesis destructiva (DD) y de diagénesis no destructiva (DnD), siguiendo la propuesta de Vazquez y colaboradores (2022) (26). Estos modelos estadísticos se han correlacionado con los valores estandarizados del Estado de Alteración Tafonómica (EAT) para la correcta evaluación del efecto tafonómico de las variables arqueológicas en la preservación.

### 2.3. Análisis químicos.

En la fosa 1 de Villar del Arzobispo y la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón se recogieron 24 y 21 muestras de sedimento respectivamente para el análisis químico de la composición elemental mediante Fluorescencia de Rayos X (XRF) y el pH con el uso de un peachímetro. Las muestras se realizaron tanto en contacto con los restos óseos humanos como muestras de control en los estratos arqueológicos, geológicos y una muestra de sedimento certificada (GBW 07908) para la calibración del equipo de análisis (16-18). Tabla 1. Muestras de sedimento recogidas para el análisis químico. La Fluorescencia de Rayos X (XRF) se realizó con un equipo portátil *Vanta C Series Handheld (XRF)* equipado con un tubo de Rodio (Rh) y un detector *X Flash SDD* (Fig. 2). Se prepararon las muestras de sedimento mediante el cribado con una malla *ISO 3310.1* de 2 mm y un mortero de ágata hasta conseguir un polvo granular fino (< 2 mm). La aplicación *GeoChem Trace* fue utilizada para medir los elementos químicos mayoritarios: Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Rb, Sr, Zr. Los valores del pH fueron analizados con un peachímetro *CrisonmicroPH 2000* calibrado con *Buffers Scharlau 7 pH* y *4 pH*.

Tabla 1. Muestras de sedimento recogidas para el análisis químico.

Muestras del sedimento					
N° Muestra	Situación	N° Muestra	Situación	N° Muestra	Situación
CS1	Fémur	CS16	Fémur	ARZ10	Cráneo
CS2	Cráneo	CS17	Fémur	ARZ11	Fémur
CS3	Cráneo	CS18	Fémur	ARZ12	Fémur
CS4	Fémur	CS19	Fémur	ARZ13	Fémur
CS5	Cráneo	CS1002	Estrato	ARZ14	Cráneo
CS6	Cráneo	CSGEO	Geológico	ARZ15	Fémur
CS7	Cráneo	ARZ1	Fémur	ARZ16	Cráneo
CS8	Fémur	ARZ2	Fémur	ARZ17	Cráneo
CS9	Cráneo	ARZ3	Cráneo	ARZ18	Cráneo
CS10	Cráneo	ARZ4	Cráneo	ARZ19	Cráneo
CS11	Fémur	ARZ5	Cráneo	ARZ20	Cráneo
CS12	Cráneo	ARZ6	Cráneo	ARZ21	Cráneo
CS13	Cráneo	ARZ7	Fémur	ARZ1042	Estrato
CS14	Fémur	ARZ8	Fémur	ARZ1049	Estrato
CS15	Fémur	ARZ9	Fémur	ARZGEO	Geológico

Los valores de referencia para los ratios Ca/P (2.10) y Sr/Ca (0.27) en hueso fresco (31, 41), han sido utilizados como valores estándar del hueso sin alteración diagenética, estas ratios son calculadas en los análisis químicos mediante Fluorescencia de Rayos X (XRF) en el sedimento en contacto con los restos óseos (CS1-19, ARZ1-21). Asimismo, las muestras de sedimento de control en los

estratos y la geología (CS1002, CSGEO, ARZ1042, ARZ1049 y ARZGEO), son la referencia para los valores de la matriz sedimentaria en cada caso de estudio. La alteración química ha sido evaluada en base a los valores de las ratios del Ca/P y Sr/Ca en las muestras de sedimento (CS1-19, ARZ1-21), en las cuales se evalúa el intercambio iónico entre los valores de referencia en hueso y los valores de la matriz sedimentaria. Estas ratios constituyen un marcador tafonómico del intercambio iónico, en las cuales se evalúa la alteración diagenética, la cual aumenta en las muestras de sedimento con valores cercanos a los valores de referencia del hueso en fresco (31, 41).

### 2.4. Estadística.

El análisis estadístico de los resultados del estudio tafonómico se realizó mediante el programa *RStudio* con el paquete estadístico *Base*, en el cual se aplicó una prueba de correlación entre las diferentes ratios y las variables arqueológicas. Siguiendo el planteamiento de Vazquez (2022) para los modelos diagenéticos no destructivo (DnD) o destructivo (DD), se analizó la correlación de las variables arqueológicas y ambientales con los valores estandarizados del Estado de Alteración Tafonómica (EAT).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 3.1. Análisis antropológico.

El estudio antropológico de los esqueletos exhumados en la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón aportó resultados positivos respecto a los perfiles biológicos, en el cual se pudieron elaborar 13 perfiles biológicos completos y 6 parciales, a pesar de las dificultades para la medición debida a la insuficiente preservación de los restos óseos humanos (Tabla 2). En el caso del Individuo 4 (CS4), se documentó una fosa de extracción asociada al traslado del cuerpo en el año 1976, en la cual quedaron restos óseos parciales *in situ*, motivo por el cual no fue posible realizar la mayoría de las medidas antropométricas salvo determinar la edad adulta (>21 años) por presentar las epífisis de la clavícula fusionadas (20). En cuanto al sexo, a la mayoría de individuos se le asignó sexo masculino, a un individuo

alofiso y cuando no fue posible medir los puntos antropométricos necesarios se asignó variable indeterminada. La estatura estimada oscila entre los 1.54 m hasta los 1.82 m con un promedio de 1.67 m.

En la fosa 1 de Villar del Arzobispo se elaboraron 9 perfiles biológicos completos y 12 parciales, debido a la alteración antrópica de 6 individuos por inhumaciones posteriores las cuales afectaban a la fosa común (Tabla 2: Restos óseos parciales\*). Encontramos diferencias en la edad de los individuos entre ambos niveles de inhumación, en el primer nivel asociado a la fosa de represión franquista se encuentran los cuatro grupos de edad (20 - 50 años), mientras que en el segundo nivel asociado a los soldados republicanos solamente se encuentran individuos menores de 20 años o adultos jóvenes (20-30 años) entre los esqueletos exhumados (Tabla 2). En cuanto al sexo y la estatura, también se le asignó sexo masculino a la mayoría de los individuos, a dos individuos sexo alofiso y variable indeterminada cuando la insuficiente preservación impidió la medida de los puntos antropométricos o a los individuos menores de 20 años. En este caso, la estatura estimada va desde los 1.60m hasta los 1.71m con un promedio de 1.64m.

Tabla 2. Perfiles biológicos de los individuos estudiados en el estudio antropológico.

Individuo	Edad	Sexo	Estatura	Individuo	Edad	Sexo	Estatura
CS1	30 - 50	-	-	ARZ2	20 - 30	masc	1.64
CS2	30 - 50	-	1.71	ARZ3	>26	alofiso	1.65
CS3	30 - 50	masc	1.67	ARZ4	>50	masc	1.62
CS4*	>20	-	1.64	ARZ5	30 - 50	masc	1.71
CS5	20 - 30	masc	1.72	ARZ6*	20 - 30	masc	1.70
CS6	30 - 50	masc	1.79	ARZ7	30 - 50	masc	1.68
CS7	30 - 50	alofiso	1.61	ARZ8	<20	-	1.62
CS8	20 - 30	masc	1.63	ARZ9	<20	-	1.64
CS9	30 - 50	masc	1.61	ARZ10	>50	masc	1.67
CS10	30 - 50	-	1.62	ARZ11*	20 - 30	masc	-
CS11	>50	masc	1.61	ARZ12	<20	-	1.63
CS12	30 - 50	masc	1.54	ARZ13*	20 - 30	masc	-
CS13	30 - 50	masc	1.60	ARZ14	20 - 30	masc	1.63
CS14	30 - 50	masc	1.82	ARZ15	<20	-	1.6
CS15	30 - 50	masc	-	ARZ16*	20 - 30	masc	-
CS16	>50	masc	1.65	ARZ17	<20	-	1.62
CS17	30 - 50	masc	1.69	ARZ18	<20	-	1.64
CS18	30 - 50	masc	-	ARZ19	<20	-	1.63
CS19	30 - 50	masc	1.64	ARZ20*	>26	alofiso	-
ARZ1	30 - 50	masc	1.67	ARZ21*	20-30	-	1.64

La escasa preservación de los cráneos y las pelvis, así como la elevada fragmentación de los huesos largos en Castellón ha dificultado la medición de los puntos antropométricos necesarios para la elaboración de los perfiles biológicos completos. Esta dificultad ha influido especialmente en la estimación del sexo y la estatura, si bien la edad se ha

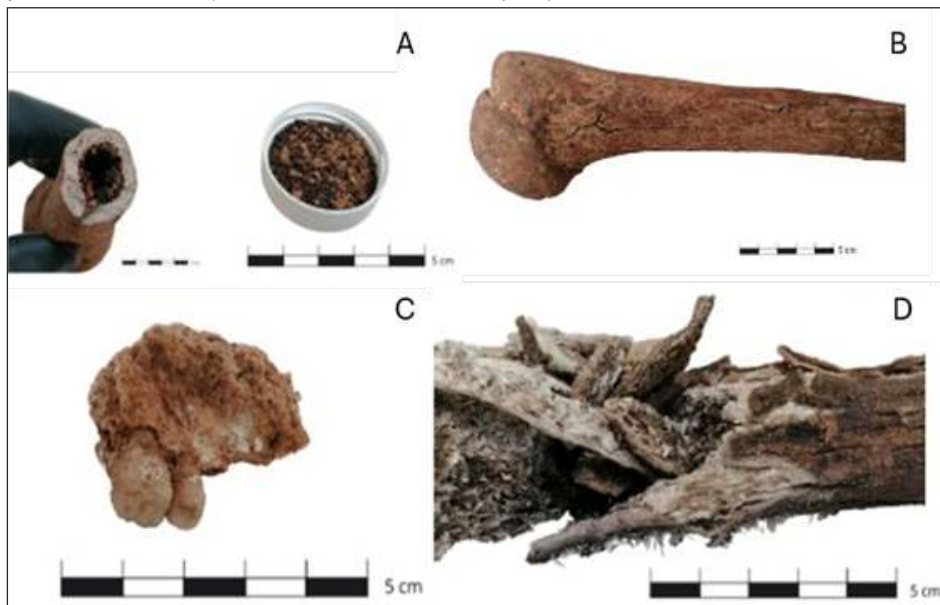
conseguido estimar para todos los individuos exhumados en la fosa común. Los resultados son coherentes con los datos ante mortem recopilados en la investigación preliminar, según los cuales todas las personas inhumadas en este caso serían hombres adultos entre los 24 y los 63 años. Asimismo, los datos antropológicos son coherentes con la información ante mortem, según la cual el primer nivel de inhumación se correspondería a la fosa de la represión franquista con individuos de todos los grupos de edad, en cambio el segundo nivel se corresponde con una fosa de soldados republicanos entre los cuales habría adultos jóvenes y también menores de 20 años.

### 3.2. Tafonomía forense.

Las modificaciones tafonómicas observadas en Castellón son superficiales (MS) en una media del 70% del tejido óseo para 10 individuos y el 30-60% en 9 individuos tales como marcas lineales (80%), cambios en la coloración (60%) o los hoyos (40%) (10). Se encuentran perforaciones del tejido cortical (MPTC), tales como la presencia de las fracturas (95%) o corrosión (90%), ambas muy significativas con valores superiores al 90% en ambos casos (10). En cuanto a las modificaciones en la forma (MAF), si bien la afección no es elevada (25%) el estudio cualitativo relevó la presencia de recristalizaciones (39). En el caso de la fila 14, se han relevado los tres grupos de modificaciones tafonómicas en todos individuos exhumados, incluso en la misma región anatómica o espécimen óseo del mismo individuo (Fig. 2D).

En el estudio cualitativo de los agentes y efectos tafonómicos, se identificaron huevos de insecto en el interior de los huesos largos que debilitaron la estructura mineral (38). Se consiguió identificar mediante la consulta de manuales especializados en antropología y entomología forense como posibles huevos de las lombrices de tierra (*Crassiclitellata*) presentes en los ataúdes (Fig. 2A). Las fracturas en la superficie cortical es la principal alteración observada en los restos óseos humanos, la cual se estima que contribuiría en definitiva al aumento significativo de la fragmentación (Fig. 2B). Así mismo, se ha documentado la presencia de hongos los cuales descomponen el colágeno presente en los restos óseos humanos (Fig. 2C). En último lugar, se documenta la recristalización de la hidroxiapatita, en las cuales observamos la descamación de la cortical del hueso, el aumento de la fragmentación y la formación de cristales de mayor tamaño en la estructura mineral (Fig. 2D).

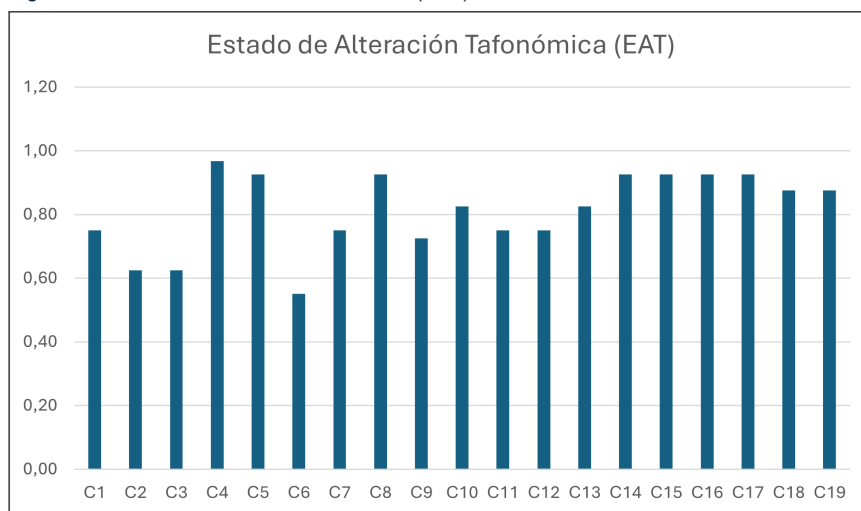
Figura 2. A: Huevos de Crasicitellata en el interior del húmero derecho (CS10). B: Grietas en el tercio proximal del húmero izquierdo (CS14). C: Hongos en el maxilar, PM2 y M1 (CS13). D: Recristalización y fracturas en el tercio proximal del fémur derecho del (CS7). Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón.



En el estudio cuantitativo, encontramos una mayor supervivencia ósea en las inhumaciones con ataúd (IPO = 0.94) respecto a aquellas sin ataúd (IPO = 0.91) representada por la mediana estadística de las mismas, una correlación de esta variable arqueológica con los datos tafonómicos que sin embargo no se encuentra en las diferencias de profundidad de inhumación (1.30 – 1.42 m). Los valores estandarizados del Estado de Alteración Tafonómica (EAT) para cada individuo se muestran en la Fig.

3, los cuales se corresponden con un modelo diagenético destructivo en Castellón (20). El promedio de los valores oscila entre el 70% - 100% de alteración para 11 individuos y una alteración <70% solamente en 3 de los individuos (Fig. 3). La alteración es especialmente elevada en el individuo 4 (CS4 = 96%) por el hallazgo solamente de restos parciales *in situ* debido al traslado del cuerpo a otro cementerio durante la transición, documentado en el Libro del Cementerio.

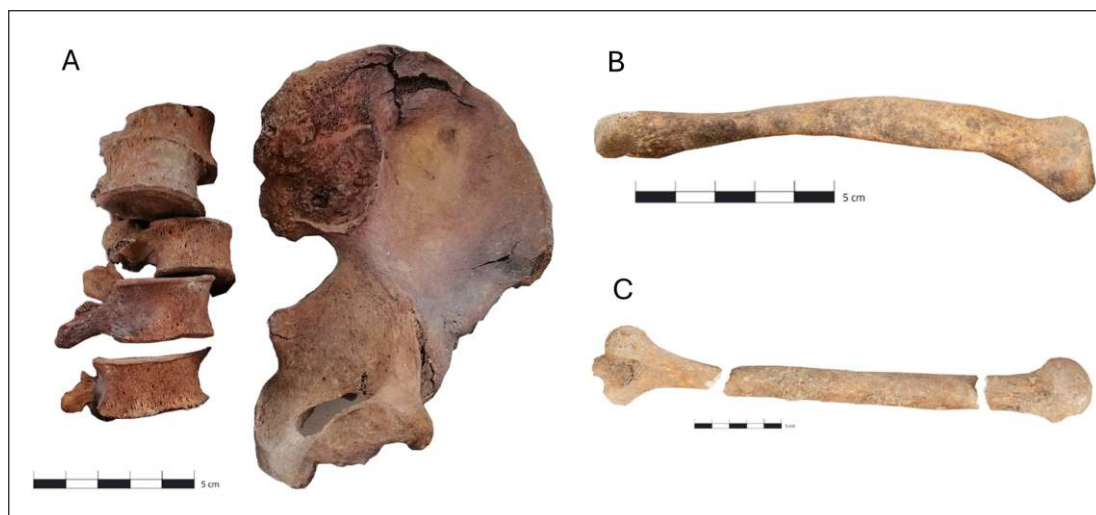
Figura 3. Estado de Alteración Tafonómica (EAT). Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón.



En la fosa 1 de Villar del Arzobispo se documenta una mayor presencia de modificaciones superficiales (MS) como los cambios las marcas lineales asociadas a las raíces de la vegetación, unidas a las perforaciones del tejido cortical (MPTC) con la aparición de grietas u hoyos especialmente en

los huesos planos como los coxales, escápulas o el cráneo (Fig. 4A-4B). En cambio, entre las alteraciones en la forma (MAF) la alteración mayoritaria son las fracturas en los huesos largos o la presencia de abrasiones en las epífisis distales (Fig. 4C).

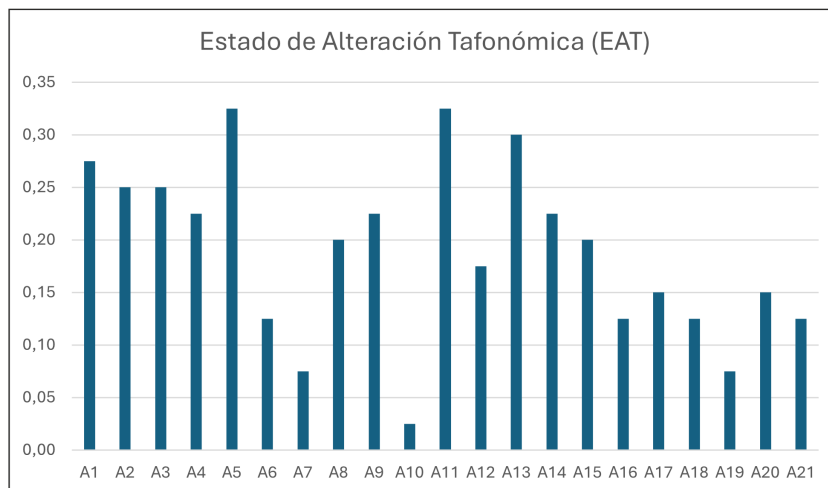
Figura 4. A: Coloración y grietas en vertebra lumbares (L1-L5) y coxal izquierdo del individuo 4. B: Marcas lineales de raíces en la clavícula derecha del individuo 7. C: Fracturas en tercios proximal y distal de la diáfisis del húmero derecho del individuo 3. Fosa 1 de Villar del Arzobispo (Valencia).



En el estudio cuantitativo, las modificaciones superficiales (MS) se encontraron en una media del 17% del tejido óseo de los individuos exhumados, como las marcas de raíces (20%) de la vegetación o los cambios en la coloración (15%) de los restos óseos humanos (Fig. 4A-4B). Las perforaciones del tejido cortical (MPTC) afectaron una media del 20% del tejido óseo y las alteraciones en la forma (MAF) el 12% entre las cuales se encontraron abrasiones en las epífisis distales de

los huesos largos (30%) y también fracturas (10%). El Estado de Alteración Tafonómica (EAT) aporta valores inferiores al 35% para todos los individuos exhumados, el cual se corresponde con un modelo diagenético no destructivo (DnD) en Villar del Arzobispo (Fig. 5). Sin embargo, las alteraciones antrópicas producidas por las inhumaciones ordinarias las cuales afectaron a la fosa común, causan una disminución (IPO < 60%) en los individuos afectados.

Figura 5. Estado de Alteración Tafonómica (EAT). Fosa 1 de Villar del Arzobispo (Valencia).común, causan una disminución (IPO < 60%) en los individuos afectados.



### 3.3 Análisis químico.

El análisis químico del sedimento en la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón ha aportado la caracterización de la matriz sedimentaria como neutro-alkalina, la cual presenta unos valores entre los 7.5 – 8.15 pH en las muestras de sedimento analizadas (Tabla Supl. 1). Estos resultados son coherentes con la presencia de las recristalizaciones observadas en el estudio tafonómico cualitativo, para las cuales es necesaria la cristalización de la estructura mineral en una matriz neutro-alkalina (40). El intercambio iónico entre los sedimentos y los restos óseos humanos se midió mediante la ratio Ca/P en el sedimento, la cual disminuye desde el valor del estrato CS1002 (210.02) hasta los valores de las muestras en contacto con los individuos (26.55 – 7.12) en la

ratio calculada (Tabla Supl. 2). Los valores de las muestras en contacto con los cráneos se acercan a los valores de referencia de la ratio Ca/P en hueso (2.10) en Castellón (Fig. 6).

Asimismo, se detectan siete muestras (CS4-9, 16) con un aumento del calcio (Ca) respecto al estrato CS1002 (Tabla Supl. 3). Al examinar estos resultados con el estudio tafonómico, se ha comprobado una correlación del aumento del calcio se corresponde a las recristalizaciones de la hidroxiapatita. Este proceso diagenético tendría como consecuencia la descalcificación del hueso durante la disolución de la hidroxiapatita, en durante la cual los iones del calcio (Ca<sup>2+</sup>) se depositan en los sedimentos en el contexto de inhumación (39).

Tabla Supl. 1

Muestra	pH	Muestra	pH	Muestra	pH
CS1	7.74	CS16	8.00	ARZ10	9.41
CS2	7.71	CS17	7.85	ARZ11	8.30
CS3	7.73	CS18	7.82	ARZ12	8.35
CS4	7.72	CS19	8.15	ARZ13	8.32
CS5	7.75	CS1002	7.84	ARZ14	8.37
CS6	7.95	CSGEO	7.55	ARZ15	8.15
CS7	7.78	ARZ1	9.45	ARZ16	8.12
CS8	7.64	ARZ2	9.42	ARZ17	8.10
CS9	7.59	ARZ3	9.47	ARZ18	8.05
CS10	7.47	ARZ4	9.56	ARZ19	8.07
CS11	8.14	ARZ5	9.50	ARZ20	8.11
CS12	8.03	ARZ6	9.30	ARZ21	8.14
CS13	7.84	ARZ7	9.70	ARZ1042	9.90
CS14	7.55	ARZ8	9.65	ARZ1049	7.99
CS15	7.84	ARZ9	9.68	ARZGEO	7.46

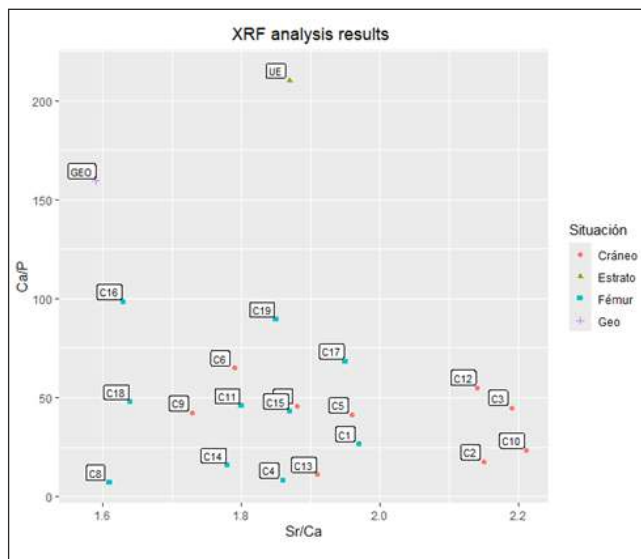
Tabla Supl. 2

Muestra	Sr/Ca	Ca/P	Muestra	Sr/Ca	Ca/P	Muestra	Sr/Ca	Ca/P
CS1	1.97	26.55	CS16	1.63	98.4	ARZ10	1.08	48.74
CS2	2.15	17.48	CS17	1.95	68.32	ARZ11	0.58	410.01
CS3	2.19	44.93	CS18	1.64	47.72	ARZ12	0.75	518.42
CS4	1.86	8.26	CS19	1.85	89.34	ARZ13	0.75	410.54
CS5	1.96	41.21	CS1002	1.87	210.02	ARZ14	1.15	72.81
CS6	1.79	64.84	CSGEO	1.59	159.39	ARZ15	0.98	243.17
CS7	1.88	45.75	ARZ1	0.96	257.04	ARZ16	1.20	84.54
CS8	1.61	7.12	ARZ2	1.16	209.61	ARZ17	1.93	135.45
CS9	1.73	42.17	ARZ3	1.04	202.98	ARZ18	1.61	198.44
CS10	2.21	23.40	ARZ4	1.04	166.13	ARZ19	1.75	54.00
CS11	1.80	45.73	ARZ5	1.05	118.21	ARZ20	0.90	247.01
CS12	2.14	55.09	ARZ6	1.04	165.22	ARZ21	1.37	113.03
CS13	1.91	11.06	ARZ7	0.76	306.69	ARZ1042	1.18	600.00
CS14	1.78	15.73	ARZ8	0.68	494.11	ARZ1049	1.11	600.00
CS15	1.87	43.08	ARZ9	0.58	345.65	ARZGEO	1.01	600.00

Tabla Supl. 3

Muestra	P	Ca	Sr	Muestra	P	Ca	Sr	Muestra	P	Ca	Sr
CS1	0.875	14.190	0.020	CS16	0.258	15.421	0.018	ARZ10	3.100	151.050	0.160
CS2	1.097	11.717	0.018	CS17	0.310	12.905	0.018	ARZ11	0.500	205.420	0.120
CS3	0.443	12.132	0.019	CS18	0.466	13.621	0.016	ARZ12	0.330	172.630	0.130
CS4	3.275	16.521	0.022	CS19	0.222	12.125	0.016	ARZ13	0.540	201.310	0.150
CS5	0.454	11.418	0.016	CS1002	0.000	14.252	0.019	ARZ14	1.950	140.950	0.160
CS6	0.356	14.062	0.018	CSGEO	0.172	16.726	0.019	ARZ15	0.610	149.610	0.140
CS7	0.560	15.618	0.021	ARZ1	1.590	156.490	0.160	ARZ16	1.760	148.780	0.180
CS8	3.993	17.367	0.020	ARZ2	0.830	159.820	0.190	ARZ17	1.030	138.300	0.260
CS9	0.599	15.399	0.019	ARZ3	0.900	177.660	0.190	ARZ18	0.740	141.730	0.230
CS10	0.753	10.772	0.017	ARZ4	1.060	175.430	0.180	ARZ19	2.660	138.520	0.240
CS11	0.473	13.181	0.017	ARZ5	1.420	167.270	0.180	ARZ20	0.750	186.130	0.160
CS12	0.350	11.794	0.018	ARZ6	1.120	185.710	0.190	ARZ21	1.440	155.410	0.220
CS13	1.848	12.475	0.017	ARZ7	0.620	175.740	0.130	ARZ1042	0.000	134.380	0.160
CS14	1.227	11.776	0.015	ARZ8	0.430	211.970	0.140	ARZ1049	0.000	149.980	0.170
CS15	0.512	13.441	0.018	ARZ9	0.620	202.210	0.120	ARZGEO	0.000	223.550	0.230

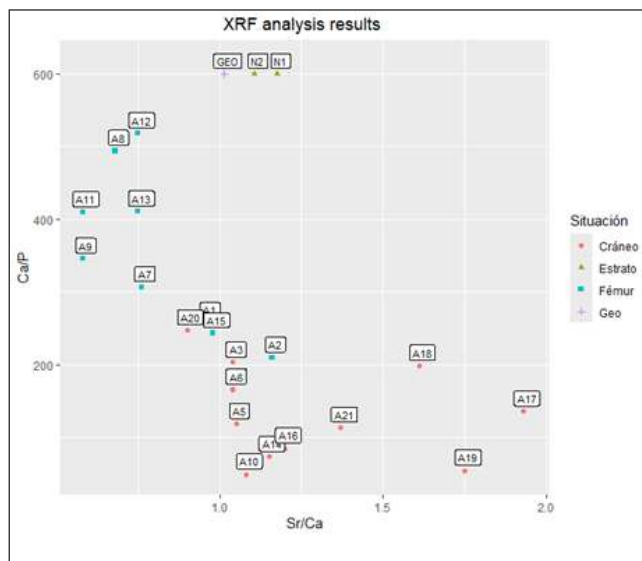
Figura 6. Ratios Ca/P y Sr/Ca en las muestras de sedimento recogidas en la Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón. C1-C19: Sedimento en contacto con los restos óseos humanos. UE: Estrato antrópico. GEO: Estrato geológico. \*Muestra C7 tras la muestra C15 en la gráfica. Programa Rstudio.



Los resultados de los análisis químicos del sedimento en la fosa 1 de Villar del Arzobispo distinguen la acidez de los estratos en ambos niveles de inhumación entre el Nivel 1 (9.5 pH), el Nivel 2 (8 pH) y Geológico (7.5 pH). En cuanto a las ratios calculadas, los análisis han sido capaces de detectar la disminución de la ratio (Sr/Ca) cercanas a los valores de la ratio en hueso (0.27), especialmente en las muestras en contacto con el fémur (Fig. 7). Estos resultados indican la sustitución de los iones del estroncio ( $Sr^{2+}$ ) por el calcio ( $Ca^{2+}$ ) en la hidroxiapatita, un proceso tafonómico

asociado a la permineralización (39). En el caso de los cráneos, esta disminución de la ratio Sr/Ca respecto a las muestras de control no se detecta tanto en relación con los estratos como al sedimento geológico (Fig. 7). Asimismo, se ha detecta una disminución significativa de la ratio Ca/P en las muestras de sedimento en contacto con los restos óseos humanos (ARZ10, ARZ14 y ARZ19) producida por el aumento del fósforo (P) depositado en el sedimento (Tabla Supl. 3).

Figura 7. Ratios Ca/P y Sr/Ca en las muestras de sedimento recogidas en la Fosa 1 de Villar del Arzobispo (Valencia). A1-A21: Sedimento en contacto con los restos óseos humanos. N1: Nivel 1. N2: Nivel 2. GEO: Estrato geológico. Programa Rstudio.



#### 4. CONCLUSIONES.

El estudio antropológico permitió obtener los perfiles biológicos completos para 22 individuos y parciales para 18 individuos entre los esqueletos exhumados en ambas fosas comunes. Los perfiles biológicos son coherentes con la información ante mortem del estudio preliminar en ambos casos. Se distingue entre las fosas asociadas a la represión franquista con individuos de todos los grupos de edad, respecto a la fosa asociada a los soldados en los cuales no aparecen adultos de mediana edad o mayores de 50 años. Esta información ha de ser concordante con la información ante mortem, aunque en todo caso para las identificaciones de los individuos se debe recurrir al estudio genético.

Los principales agentes tafonómicos en el Cementerio Civil de Castellón son las raíces, los hongos y los insectos identificados en el estudio cualitativo de los restos óseos humanos. Asimismo, las perforaciones del tejido cortical (MPTC) y las modificaciones alterando la forma (MAF) son las alteraciones mayoritarias entre las cuales encontramos las fracturas, las grietas, la abrasión y la pérdida ósea. Se ha relevado la presencia de las recristalizaciones de la hidroxiapatita, una alteración tafonómica asociada a las matrices neutro-alcalinas del sedimento. En el estudio estadístico de las variables arqueológicas y tafonómicas, se distingue un modelo diagenético destructivo con un promedio en la alteración tafonómica muy elevado (EAT = 70-100%). Se distingue una mayor preservación en las inhumaciones en medio de descomposición vacío y se descarta el efecto tafonómico de la profundidad por las escasas diferencias entre individuos.

En el caso del Cementerio Municipal de Villar del Arzobispo las alteraciones tafonómicas identificadas son mayoritariamente alteraciones superficiales (MS) como las marcas lineales producidas por la vegetación. Sin embargo también se relevaron perforaciones del tejido cortical (MPTC) como las grietas o los hoyos en los huesos planos como las escápulas o los coxales. Se diferencian también alteraciones en la forma (MAF), entre las cuales destacan las fracturas, las deformaciones o la abrasión producida por abrasivos en las epífisis distales de los huesos largos. En el estudio cuantitativo se determina un modelo diagenético no destructivo, con un promedio de alteración (EAT = 10-30%). Se distingue una diferente preservación ósea en la fosa asociada a los soldados, la cual se corresponde con la mayor profundidad de inhumación en los dos niveles identificados. Sin embargo, la preservación de los restos óseos se vio alterada por inhumaciones ordinarias, las cuales disminuyen el índice de preservación (IPO <60%) en los esqueletos afectados.

En cuanto a los análisis químicos, en ambos casos se ha conseguido evaluar la ratio Ca/P en las muestras de sedimento en contacto con los restos óseos humanos. Los resultados indican un aumento significativo del fósforo (P) en el sedimento, una pérdida de este elemento incorporado en la matriz sedimentaria especialmente significativa en el cráneo. Se registra el aumento del calcio (Ca) en las muestras de sedimento asociadas a las recristalizaciones identificadas en la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón. Este resultado indica la descalcificación del hueso en la disolución de la hidroxiapatita previa a las recristalizaciones en el contexto de inhumación. Por último, la ratio Sr/Ca en el sedimento aporta datos relevantes en cuanto al proceso de permineralización del tejido óseo en el contexto de inhumación en las muestras en contacto con los fémures.

La metodología no destructiva mediante el muestreo de sedimento tanto en los restos óseos humanos como en la estratigrafía asociada ha resultado de especial utilidad en su aplicación al ámbito forense, ya que permite conocer la alteración química en el contexto de inhumación sin necesidad de tomar muestras osteológicas. El análisis tafonómico cualitativo, cuantitativo y químico de la alteración diagenética según región anatómica o espécimen óseo puede asimismo contribuir a la selección de muestras osteológicas destinadas a los análisis genéticos.

#### AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a la *Unitat Multidisciplinar ArchaeChemis* su apoyo para la realización de los análisis químicos de las muestras de sedimento en el *Laboratori d'Arqueometria* en *l'Institut de Ciència dels Materials (ICMUV)* de *l'Universitat de València*. Asimismo, al equipo técnico de *l'Associació Científica ArqueoAntro* su labor en la exhumación de las víctimas de la guerra civil y la dictadura franquista en España.

#### FINANCIACIÓN

Los procesos forenses de localización, excavación y exhumación de la fila 14 del Cementerio Civil de Castellón y la fosa 1 de Villar del Arzobispo contaron con la financiación de la *Diputació de Castelló* y la *Diputació de València*, así como los *Ajuntaments de Castelló de la Plana* y *Villar del Arzobispo*.

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

1. Ley 52/2007, de 26 de diciembre, por la que se reconocen y amplían derechos y se establecen medidas en favor de quienes padecieron persecución o violencia durante la guerra civil y la dictadura. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/26/52>
2. Ley 20/2022, de 19 de octubre, de Memoria Democrática. Jefatura del Estado. España. <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/10/19/20>
3. Orden PRE/2568/2011. Protocolo de actuación en exhumaciones de víctimas de la guerra civil y la dictadura. Ministerio de la Presidencia. España. <https://www.boe.es/eli/es/o/2011/09/26/pre2568>
4. Llei 14/2017, de 10 de novembre, de la Generalitat, de memòria democràtica i per a la convivència de la Comunitat Valenciana. <https://dogv.gva.es/va/eli/es-c/l/2017/11/10/14>
5. Llei 5/2024, de 26 de juliol, de Concòrdia de la Comunitat Valenciana. Presidència de la Generalitat Valenciana. País Valencià, España. <https://dogv.gva.es/va/eli/esvc/l/2024/07/26/5/dof/vci/html>
6. MORENO MARTÍN, ANDREA; MEZQUIDA FERNÁNDEZ, MIGUEL; SCHWAB, MARISOL ELISABET Exhumaciones de fosas comunes en el País Valenciano: 10 años de intervenciones científicas. *Ebre* 38 (11). 2021. España.
7. ESPINOSA MAESTRE, FRANCISCO Los desaparecidos del franquismo (1936-2018). Buschmann, Albrecht; Souto, Luz C. (eds). Decir desaparecido(s). Formas e ideologías de la narración de la ausencia forzada. *LIT Ibéricas* 16. 2019. Argentina.
8. SCHWAB, MARISOL E. Capítulo 8. Análisis genético de los restos óseos. En Iglesias-Bexiga, Javier & Mezquida Fernández, Miguel (coord). *Los Olvidados de los Olvidados. Exhumaciones de combatientes en el Frente de Levante*. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. 177- 183. 2022. España.
9. SANCHIS-GIMENO, JUAN A; IGLESIAS-BEXIGA, JAVIER; SCHWAB, MARISOL E; LÓPEZ-GARCÍA, GEMA; ARIZA, ELOY; CALPE, ALEJANDRO; MEZQUIDA, MIGUEL; NALLA, SHAHED; ERCAN, ILKER. Identification success rates in the post-Spanish Civil War mass graves located in the cemetery of Paterna, Spain: Meta-research on 15 mass graves with 933 subjects. *Forensic Science International*, 361, 112-122. 2024.
10. FERNÁNDEZ-JALVO, Y. & ANDREWS, P. Atlas of taphonomic identifications: 1001+ images of fossil and recent mammal bone modification. Springer. 2016.
11. SERRULLA RECH, FERNANDO. Antropología forense de la Guerra Civil Española. Universidad Complutense de Madrid. 2018. España.
12. GALLELLO, GIANNI. Western mediterranean archaeology: chemical element levels in archaeological materials as a methodological tool. Universitat de València. 2014. España.
13. VAZQUEZ, ROMINA CLARA; ARCHUBY, FERNANDO; BÉGUELIN, MARIEN. Tafonomía de los restos óseos humanos arqueológicos del noroeste de la Patagonia: un abordaje regional y multidisciplinario evidencia la relación entre el entorno y la preservación. *Intersecciones en Antropología* 23(1): 99-116. 2022. Argentina.
14. IGLESIAS-BEXIGA, FRANCISCO JAVIER. Estudio tafonómico en condiciones controladas de laboratorio de una muestra osteológica aplicado a la antropología forense. Universidad Complutense de Madrid. 2018. España.
15. SERRULLA RECH, FERNANDO; VAZQUEZ LÓPEZ, R. A. Método cuantitativo de valoración del estado de afectación tafonómica. *Revista Internacional de Antropología y Odontología Forense* 2 (nº2): 46-51. 2019. España.
16. GALLELLO, GIANNI; MALLEGGNI, FRANCESCO; KULIGOWSKI, JULIA. Variación química intraesquelética relacionada con la diagénesis en los restos óseos de C/ en Gil (Valencia). *Sagvntvm Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*. 47: 175-186. 2015. España.
17. GALLELLO, G.; KULIGOWSKI, J.; PASTOR, A.; DIEZ, A.; BERNABEU, J. Chemical element levels as a methodological tool in Forensic Science. *J. Forensic Res.* 6, 1. 2015.
18. NAVARRO, D.R; GALLELLO, G; RECLAW, J; PANZARINO, G; CERVERA, M.L; PASTOR, A. Rare Earth Elements to Control Bone Diagenesis Processes at Rozafa Castle (Albania). *Heritage*, 7: 5800-5813. 2024. <https://doi.org/10.3390/heritage7100273>
19. GARCÍA-RUBIO RUIZ, ALMUDENA. Identificación de los restos exhumados en el cementerio de la Carcavilla, Palencia. Tesis doctoral (UAM). 2017. España.
20. LEE LYMAN, RICHARD. Vertebrate taphonomy. *Manuals in Taphonomy*. Cambridge University Press. 2014. United Kingdom.
21. DÍAZ-RAMONEDA, EULÀLIA; VILA GORGÉ, ALEJANDRO; SANCHO PERIS, SHEYLA; CALPE VICENTE, ALEJANDRO; IGLESIAS-BEXIGA, JAVIER; MEZQUIDA FERNÁNDEZ, MIGUEL. Les fosses de Paterna, testimonis de la maquinària represiva del règim franquista al País Valencià. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, nº 31: 239-258. 2021. España.
22. WHITE, E. M; HANNUS, L. A. Chemical Weathering of Bone in Archaeological Soils. *American Antiquity*. Cambridge University Press. 48, nº 2: 316-322. 1983.

23. PATE, DONALD; BROWN, KENNETH A. The stability of bone strontium in the geochemical environment. *Journal of Human Evolution*, nº 14: 483-491. 1985
24. PATE, DONALD; HUTTON, JOHN T. The use of soil chemistry data to address post-mortem diagenesis in bone mineral. *Journal of Archaeological Science*, nº 15: 729-739. 1988.
25. LATHAM K; MADONNAM. DNA survivability in skeletal remains. In: Pokines J, Symes S (eds.). *Manual of forensic taphonomy*. Boca Raton (FL): CRC Press. 403–425. 2014.
26. VAZQUEZ, ROMINA CLARA; ARCHUBY, FERNANDO; BÉGUELIN, MARIEN. Tafonomía de los restos óseos humanos del Noroeste de la Patagonia: un abordaje regional y multidisciplinar evidencia la relación entre el entorno y la preservación. *Intersecciones en Antropología*, 99-116, 23 (1). 2022.
27. DOMINGO GARCÍA, ANDREU; GALLELLO, GIANNI; VAZQUEZ, ROMINA CLARA; SCHWAB, MARISOL ELISABET; CALPE VICENTE, ALEJANDRO; MEZQUIDA FERNÁNDEZ, MIGUEL; IGLESIAS-BEXIGA, JAVIER; ALONSO BELTRÁN, YAIZA. Tafonomía forense de los 21 individuos exhumados en la Fosa 1 de Villar del Arzobispo (Valencia, España). XVII Reunión Científica de la Asociación Española de Antropología y Odontología Forense. 2025. Burgos, España.
28. DOMINGO GARCÍA, ANDREU; VAZQUEZ, ROMINA CLARA; GALLELLO, GIANNI; SCHWAB, MARISOL ELISABET, CALPE VICENTE, ALEJANDRO; ALONSO BELTRÁN, YAIZA. Patrones tafonómicos como criterio de selección de muestras osteológicas para la identificación genética en dos fosas comunes del franquismo (España). XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Antropología Forense. 2025. Buenos Aires, Argentina.
29. SUCHEY J. M; BROOKS S. Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsádi – Nemerskéri and Suchey – Brooks methods. *Human Evolution*, 5: 227-238. 1990.
30. LOTH S. R; M. Y. ISCAN. Morphological assessment of age in the adult: The thoracic region. Age markers in the human skeleton. Springfield, Charles C. Thomas, 105-135. 1989.
31. BUIKSTRA, JANE E; UBELAKER, DOUGLAS H. Standards for data collection from human skeletal remains. Proceedings of a seminar at the Field Museum of Natural History. Arkansas Archaeological Survey Research, N.º 44. 1994.
32. ZOUBOV, ALEXANDR A. Odontología. Metodica de las investigaciones antropológicas. Moscú: Nauka 7-56. 1968.
33. SCHWARTZ J. H. Skeleton keys. An introduction to human skeletal morphology, development, and analysis. England: Oxford University Press, 185- 221. 1995.
34. MENDONÇA, MARIA CRISTINA. Contribución para la identificación humana a partir del estudio de las estructuras óseas. Determinación de la talla a través de la longitud de los huesos largos. Universidad Complutense de Madrid. 1998. España.
35. ALEMÁN, INMACULADA; BOTELLA, MIGUEL; FRANCISCO CARRILLO, MANUEL; CRESPO, SANTIAGO; DORADO, ENRIQUE; FERNÁNDEZ, FRANCISCO JAVIER; MAGAÑA, CONCHA; POLO, MANUEL; PRIETO, JOSÉ LUIS; ROBLEDO, Mª MAR; SÁNCHEZ, JOSÉ ANTONIO; SERRULLA, FERNANDO; VERANO, VICTOR; VICIANO, JOAN. Recomendaciones en Antropología Forense. Asociación Española de Antropología y Odontología Forense. 2013. España.
36. BARAYBAR, JOSÉ PABLO; CAMPOS, ISLA; FONDEBRIDER, LUIS; GIRÓN, OMAR; HOFMEISTER, UTE; LUSIARDO, ALICIA; PAIZ, LEONEL; PARRA, ROBERTO; SALADO, MERCEDES; WOLFF, IVANA. Guía latinoamericana de buenas prácticas para la aplicación en antropología forense. Asociación Latinoamericana de Antropología Forense. 2016.
37. MÍNGUEZ MOLINA, SANDRA. Actas 1ª Jornada “Guerra Civil y Memoria Histórica en la Serranía”. Ayuntamiento de Villar del Arzobispo. 2018.
38. REVERTE COMA, JOSÉ MARÍA. Antropología Forense. Ministerio de Justicia. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. España. 1991.
39. KENDALL, C; HOIER ERIKSEN, A. M; KONTOPOULOS, I; COLLINS, M; TURNER-WALKER G. Diagenesis of archaeological bone and tooth. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 491: 21–37. 2018.
40. HANCOCK R. G. V; GRYNPAS M.D; ÅKESSON K; OBRANT J.T; KESSLER M.J . Baselines and variabilities for major and trace elements in bone. In: Lambert J.B; Grupe G (ed). *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the molecular level*. Heidelberg: Springer Berlin. 189–201. 1993.
41. SILLEN, A.; KAVANAGH, M. Strontium and paleodietary research: A review. *Am. J. Phys. Anthropol.* 25, 67–90. 1982.



# Lesiones craneales por arma de fuego en un contexto de represión sistemática.

CRANIAL GUNSHOT INJURIES IN CONTEXTS OF SYSTEMATIC REPRESSION.

López García G<sup>1</sup>

1. Asociación Científica ArqueoAntro, España.

**RESUMEN:** Se presentan siete casos de lesiones craneales producidas por proyectil de arma de fuego, en el contexto de ejecuciones sumarias perpetradas por la dictadura franquista en el municipio de Paterna (Valencia) de 1939 a 1956.

**PALABRAS CLAVE:** ANTROPOLOGÍA FORENSE, PATERNA, FRANQUISMO, IMPACTO DE PROYECTIL EN CRÁNEO

**ABSTRACT:** This paper presents seven cases of cranial gunshot injuries identified in the context of summary executions carried out by the Francoist dictatorship in the municipality of Paterna (Valencia) between 1939 and 1956.

**KEY WORDS:** FORENSIC ANTHROPOLOGY, PATERNA, FRANCOISM, CRANIAL GUNSHOT INJURIES

**CONTACTO:** Gema López. Gema.lopezantro@gmail.com

En los contextos de represión sistemática asociados a la Guerra Civil y la dictadura franquista en España, el estudio antropológico forense resulta imprescindible en términos de identificación e interpretación de las circunstancias de la muerte. En este ámbito, las lesiones presentes en el cráneo son de especial interés. El cementerio de Paterna (Valencia) fue escenario de ejecuciones masivas durante los primeros 17 años de dictadura [1], documentándose una gran variabilidad de lesiones por proyectil de arma de fuego en la región craneal [2].

Estos defectos presentan una amplia diversidad morfológica atendiendo a diferentes factores intrínsecos y extrínsecos [3, 4]. A nivel macroscópico, en el tejido óseo pueden describirse diferencias en la región afectada, la morfología, el diámetro del orificio, el tipo de biselado y la presencia de fracturas radiales o concéntricas. Asimismo, una correcta interpretación permitirá inferir una asociación del orificio de

entrada con su salida correspondiente, definiendo el origen y la trayectoria del impacto [5].

Diversos factores, tales como la afectación tafonómica o la presencia de múltiples disparos consecutivos, pueden limitar la interpretación de las lesiones, la asociación de orificios de entrada y salida o la interpretación temporal de la secuencia de los impactos.

Se presentan siete ejemplos de lesiones descritas en el contexto de víctimas de ejecuciones sumarias en Paterna, procedentes de las fosas 94, 111, 114 y 115. Todas ellas se asocian a uno o varios impactos de proyectil de arma de fuego, con diferentes características métricas y morfológicas. Estos casos constituyen un ejemplo de la variabilidad en los mecanismos de ejecución empleados contra diferentes grupos de víctimas por parte de los perpetradores.

**Caso 1 (Fosa 114).** Tres impactos de proyectil compatibles (Figuras 1 y 2).  
con disparos consecutivos con trayectoria posteroanterior

Figura 1. Se localizan tres orificios de entrada de proyectil en la región medial de la escama occipital, con morfología circular y un diámetro mínimo de 7 mm, biselado interno y delaminación externa. La corta distancia entre los impactos y la presencia de delaminación son compatibles con tres disparos consecutivos a corta distancia. La secuencia de los disparos no puede definirse debido a la ausencia de fracturas secundarias. A) Vista posterior. B) Detalle de los tres orificios de entrada.

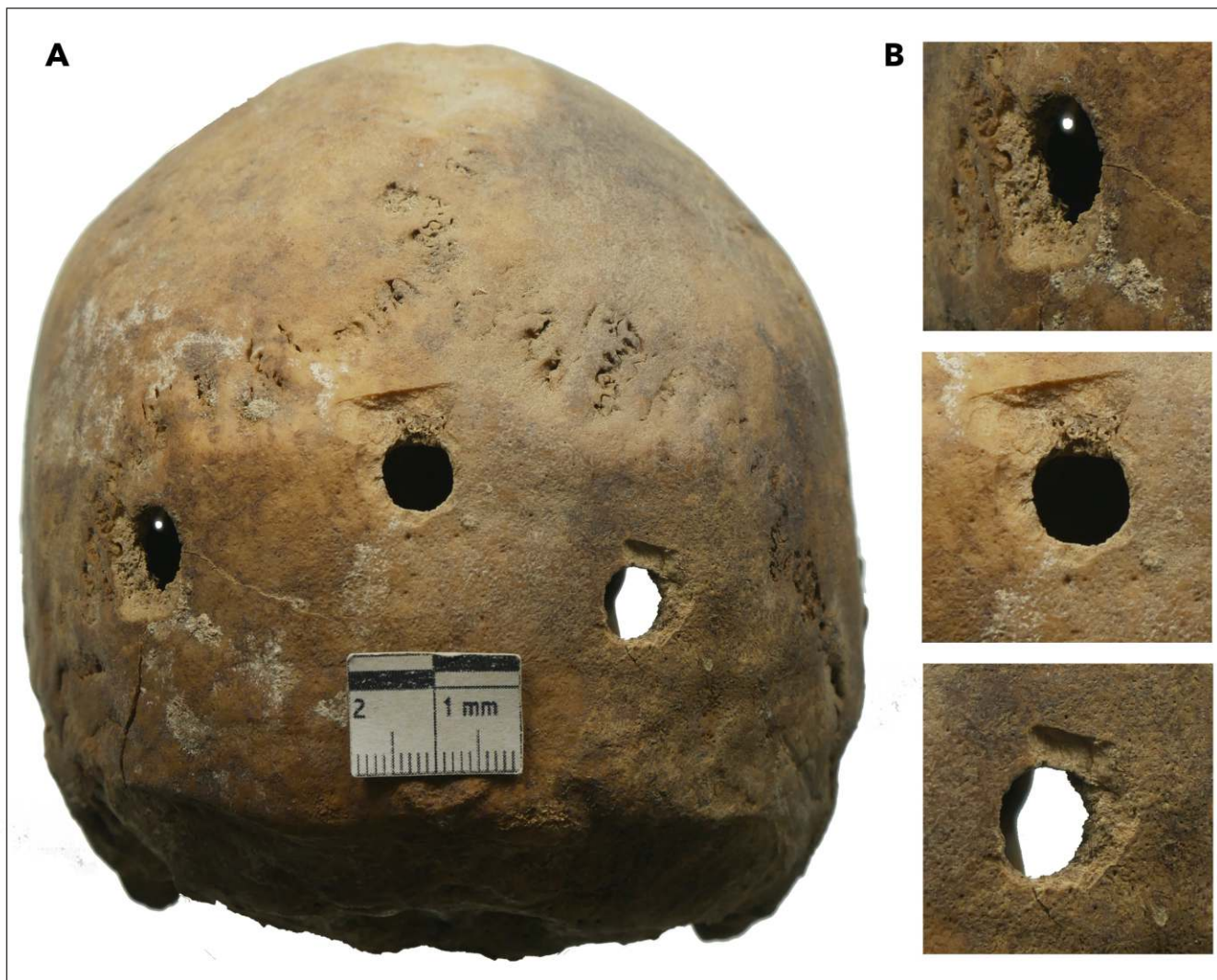
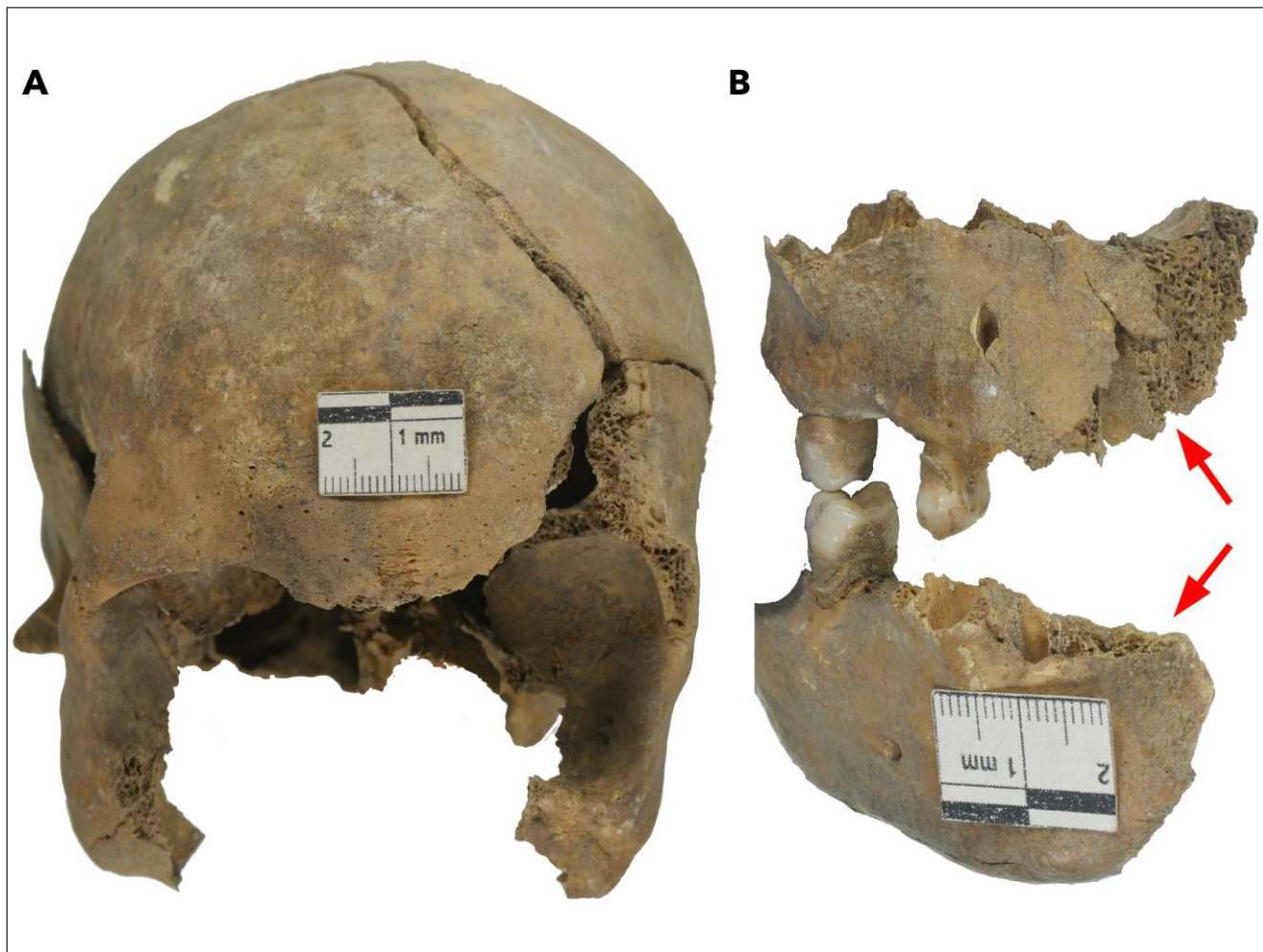


Figura 2. Vista anterior del cráneo (A) y detalle de maxilar derecho y mandíbula (B): la región del esplacnocráneo presenta pérdida significativa de tejido óseo y múltiples fracturas *perimortem* que emergen del área. Estas características sugieren que los orificios de salida correspondientes a los tres impactos pudieron confluir en esta región, confirmando una trayectoria posteroanterior en todos los casos.



**Caso 2 (Fosa 111).** Impacto de proyectil con trayectoria inferosuperior, afectando al cráneo y la mandíbula (Figuras 3 y 4).

Figura 3. Impacto de proyectil con origen en la región inferior del arco mandibular izquierdo (A), de morfología ovalada, con múltiples fracturas radiales asociadas. El defecto de salida correspondiente se localiza en la sutura sagital, afectando a ambos parietales (B). Este presenta una morfología compatible con el perfil del proyectil, con unas dimensiones de 17 x 9 mm y biselado externo, con fracturas radiales y concéntricas asociadas. El proyectil describe una trayectoria inferosuperior, anteroposterior y levemente de izquierda hacia derecha.

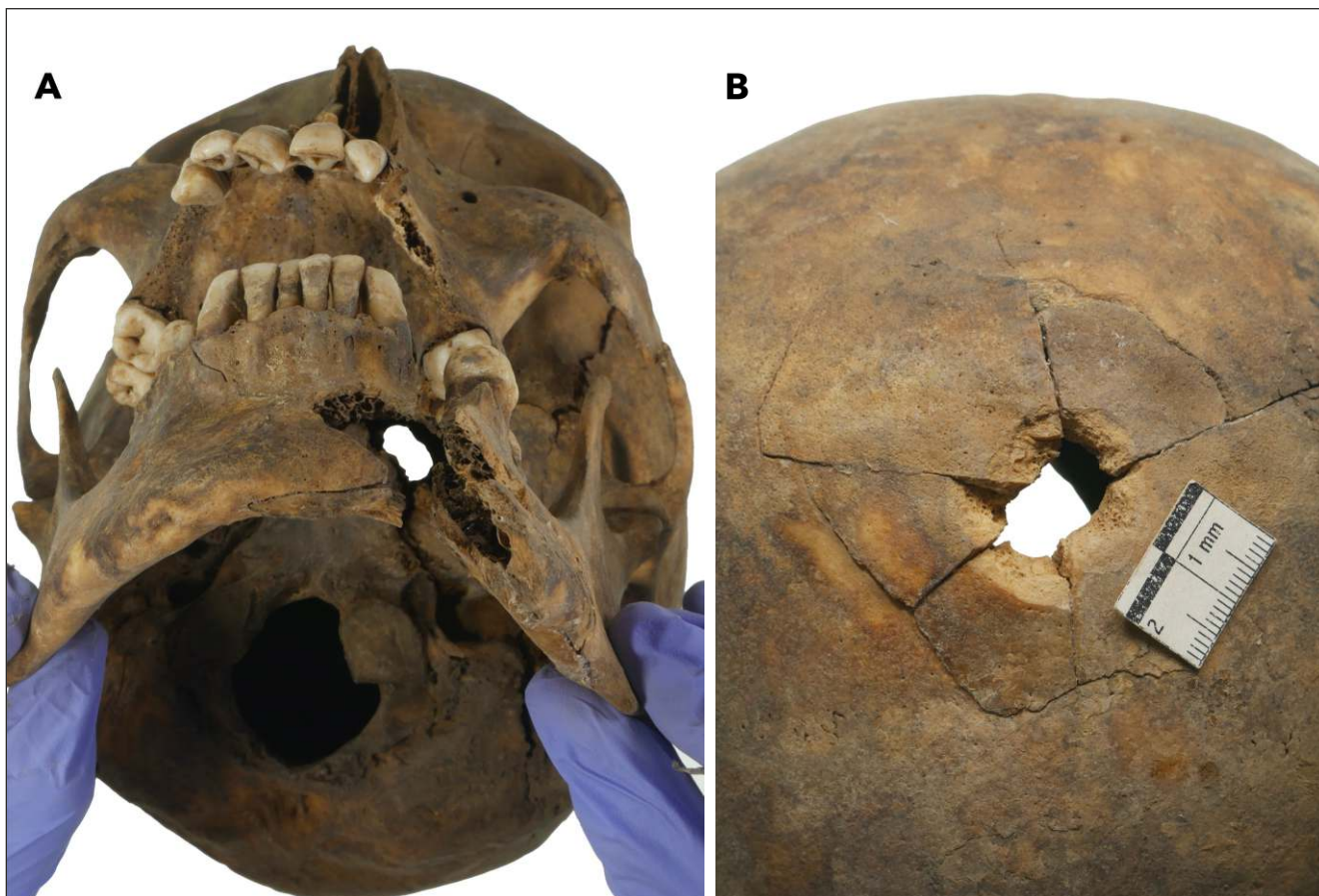


Figura 4. Detalle de las fracturas presentes en la mandíbula, con pérdida parcial de tejido óseo que afecta en mayor medida a los alveolos de las piezas dentales 34 y 35.



**Caso 3 (Fosa 115).** Impacto de proyectil a corta distancia con trayectoria anteroposterior (Figuras 5 y 6).

Figura 5. Orificio de entrada en el margen supraorbitario izquierdo. Presenta morfología circular y 9 mm de diámetro mínimo. Se observa biselado interno y delaminación externa acusada en los márgenes de fractura. Se localiza una fractura radial asociada, que recorre el hueso frontal hacia posterior.

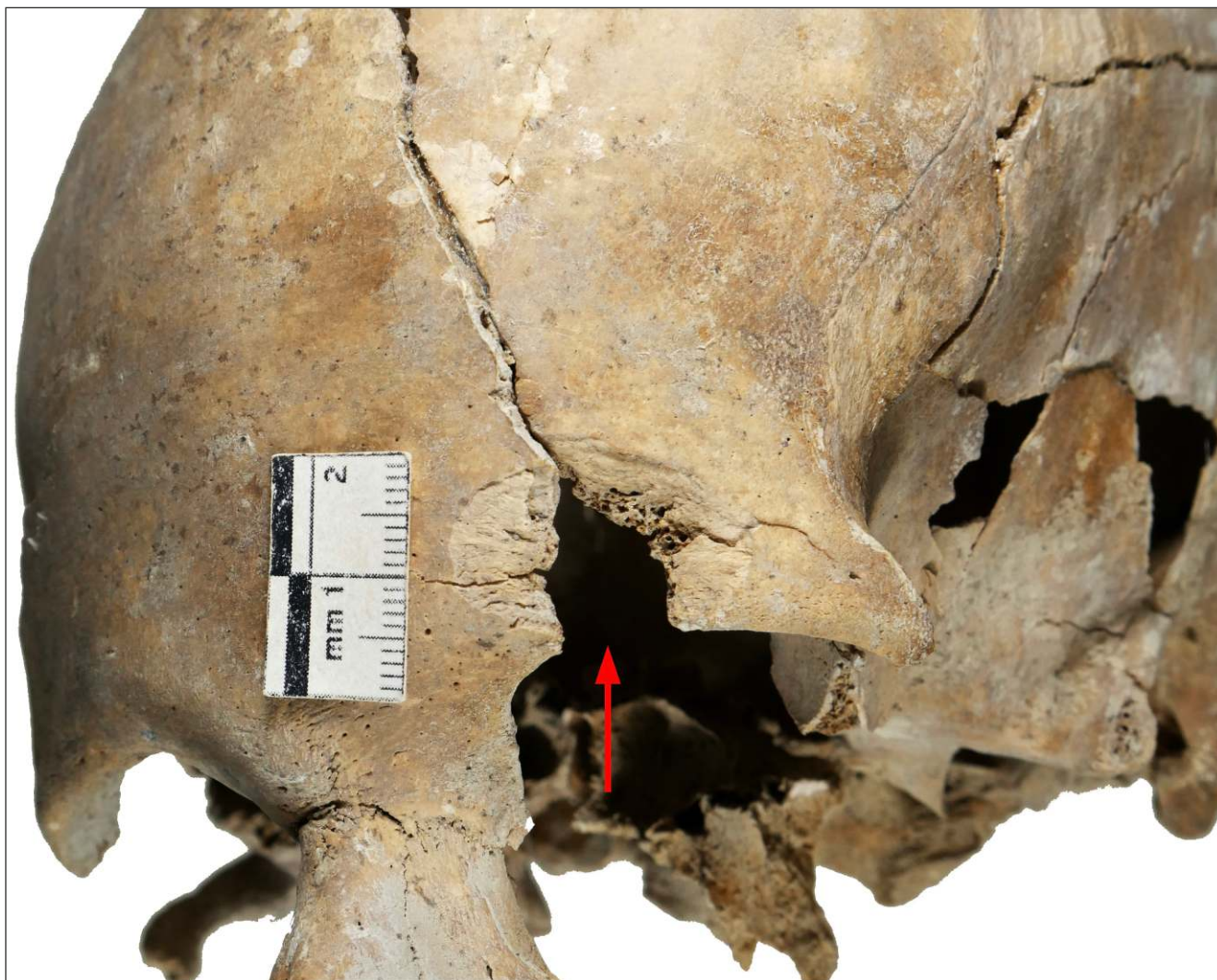


Figura 6. Orificio de salida situado en el parietal derecho. Presenta morfología compatible con el perfil de proyectil, con biselado externo y unas dimensiones de 17 x 9 mm. El impacto genera múltiples fracturas radiales y concéntricas.



**Caso 4 (Fosa 111).** Cráneo y mandíbula con dos impactos de proyectil de trayectorias opuestas (Figuras 7, 8 y 9).

Figura 7. Orificio de entrada con trayectoria anteroposterior y ligeramente superoinferior. Se localiza en la región medial del hueso frontal, presentando morfología circular y 7 mm de diámetro mínimo. Se observa biselado interno y delaminación externa, sin fracturas secundarias asociadas.

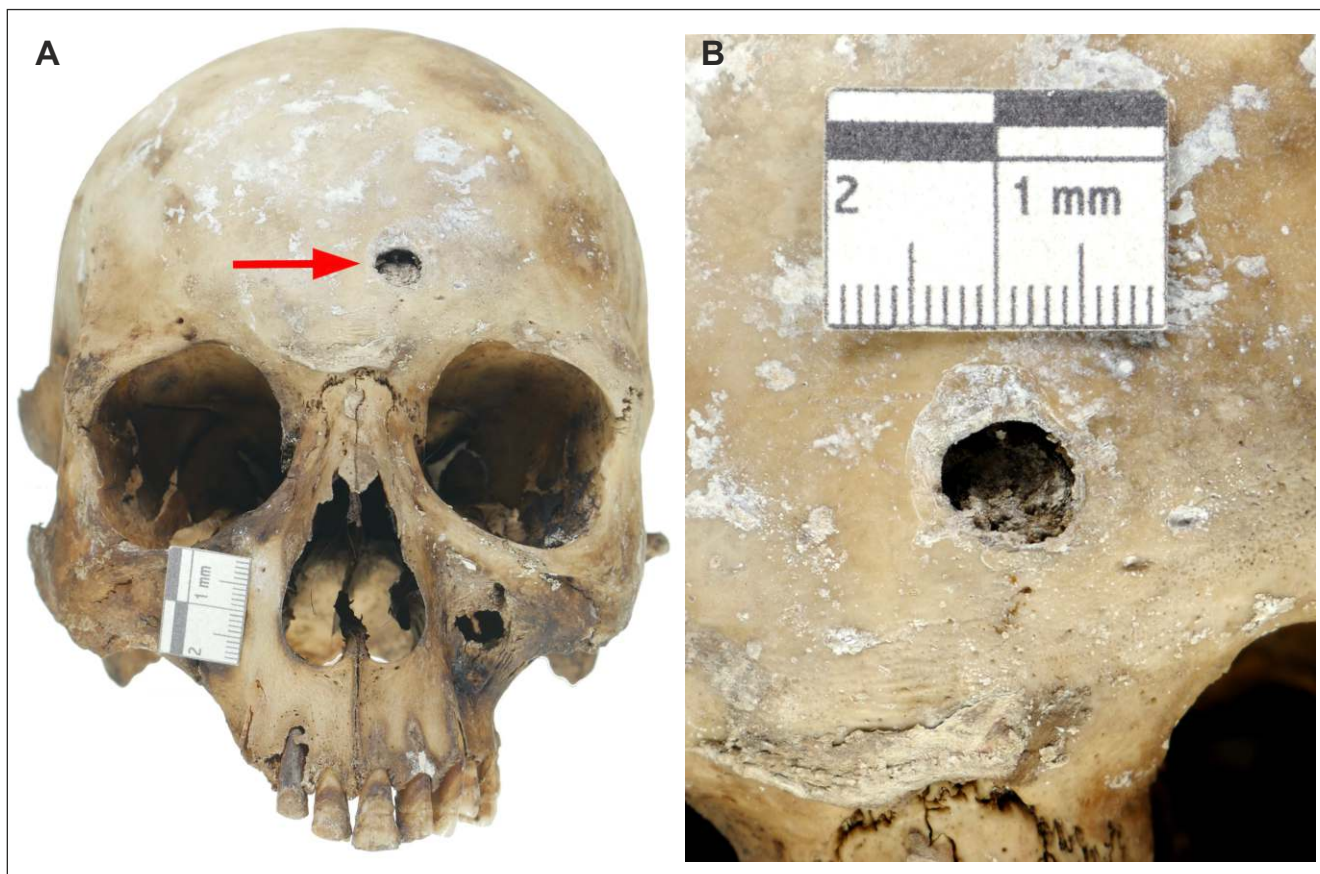
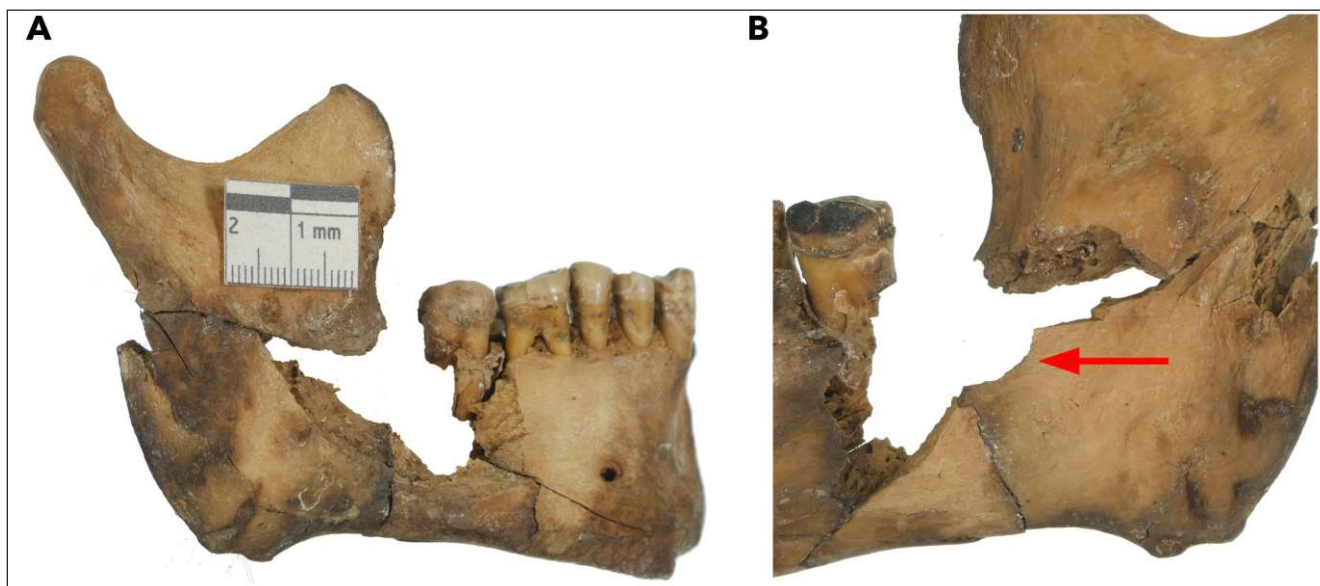


Figura 8. Orificio de salida de proyectil situado en la región posterior derecha, sobre la sutura lambdaidea afectando a la escama occipital y al parietal derecho. Presenta morfología relativamente ovalada, con dimensiones de 17 x 10 mm, biselado externo y una fractura radial asociada.

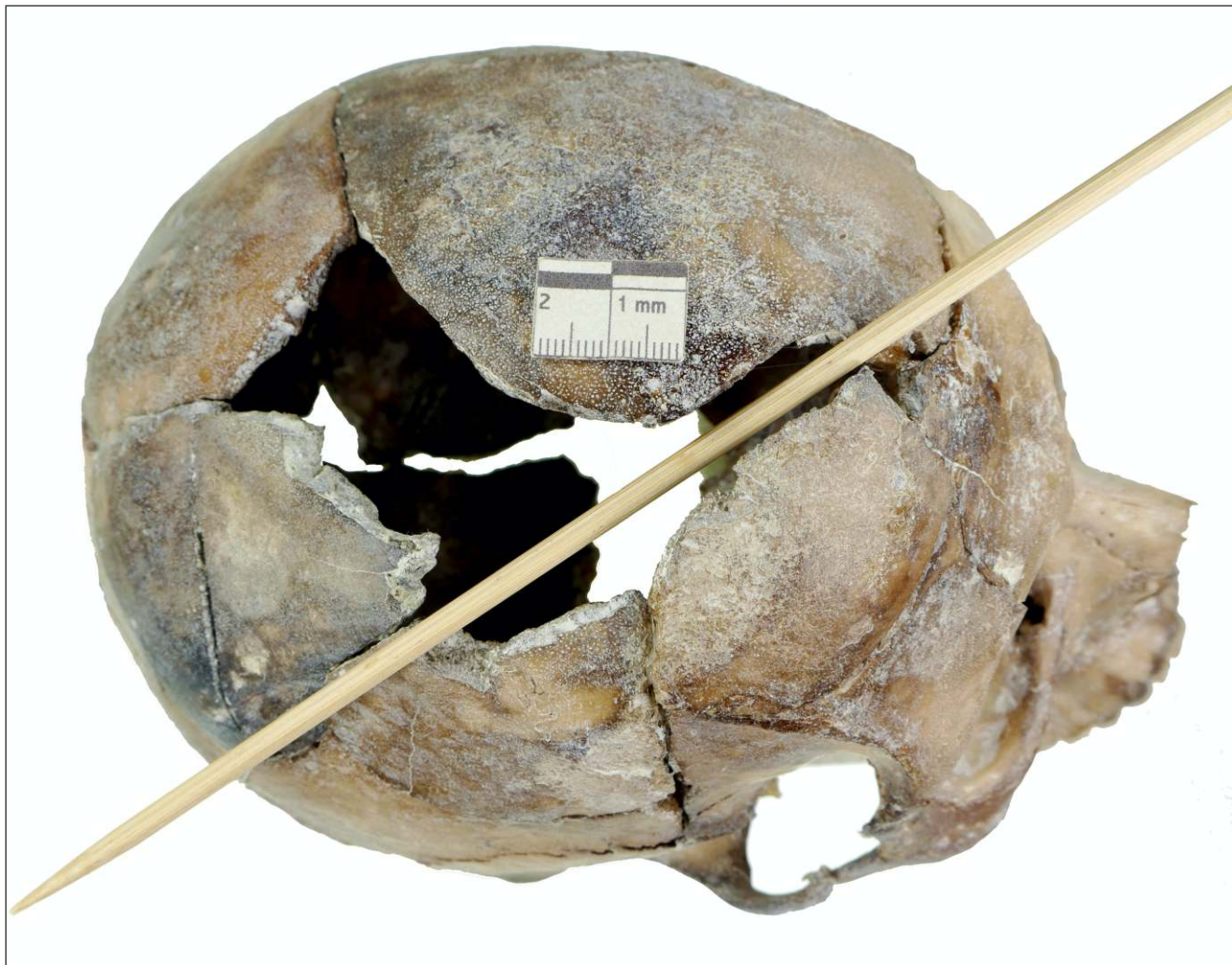


Figura 9. Se localiza un segundo impacto de proyectil que afecta a la rama mandibular derecha, produciendo pérdida del alveolo de la pieza dental 48. Se describe un margen circular en la superficie lingual y biselado externo marcado en la porción bucal, lo que sugiere una trayectoria posteroanterior y ligeramente de izquierda hacia derecha. Adicionalmente se registra pérdida parcial de tejido óseo en la tercera vértebra cervical, posiblemente relacionada con este impacto.



**Caso 5 (Fosa 111).** Orificio de proyectil de características mixtas con trayectoria anteroposterior (Figura 10).

Figura 10. Orificio de características mixtas con morfología tipo *keyhole* u "ojo de cerradura", no penetrante. El impacto inicial se localiza en el área posterior derecha del frontal, con biselado interno en su margen y 9 mm de diámetro mínimo. La región de contacto final se localiza en el parietal derecho, con mayor pérdida de tejido óseo, márgenes con biselado externo y múltiples fracturas radiales asociadas. El impacto presenta una trayectoria anteroposterior, con ligera desviación lateral derecha.



**Caso 6 (Fosa 94).** Cráneo con dos impactos de proyectil con trayectoria posteroanterior y afección en el atlas y la mandíbula (Figuras 11, 12 y 13).

Figura 11. Orificio de entrada de proyectil situado sobre el temporal derecho, próximo a la incisura parietal. Presenta morfología ovalada y un diámetro mínimo de 7 mm. Se observa biselado interno en el margen posterior y biselado externo en el margen anterior, asociado al ángulo de incidencia del proyectil. El impacto genera tres fracturas radiales. A) Detalle del orificio en vista lateral derecha. B) Detalle de la trayectoria del impacto.

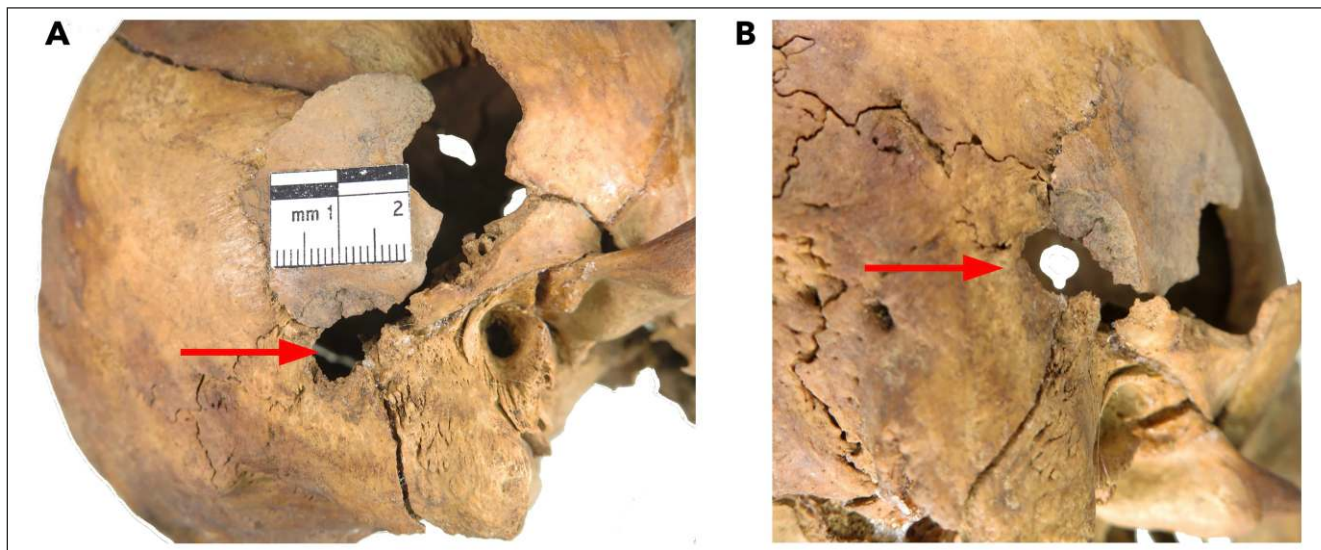


Figura 12. Orificio de salida de proyectil situado en la región izquierda del frontal, a 45 mm del punto *bregma*. Presenta morfología circular y un diámetro mínimo de 8,5 mm. Se observa biselado externo y múltiples fracturas radiales y concéntricas asociadas

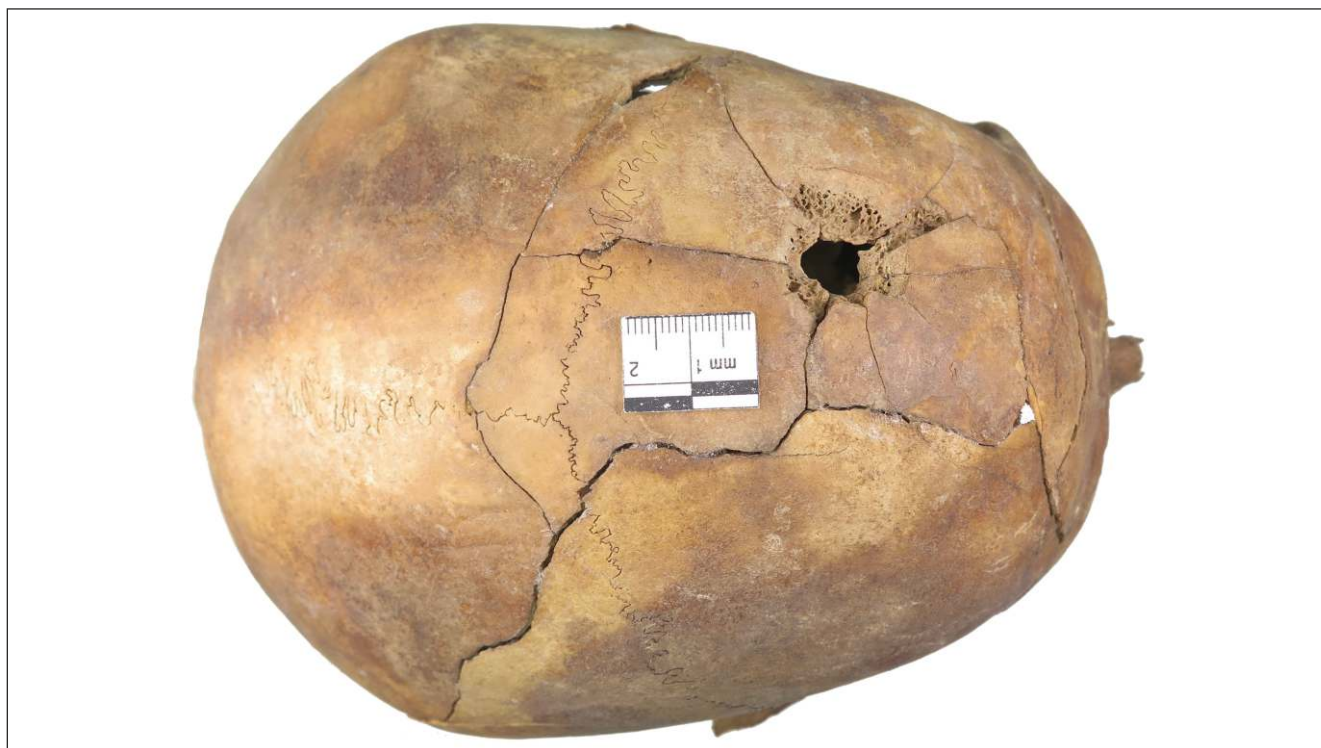
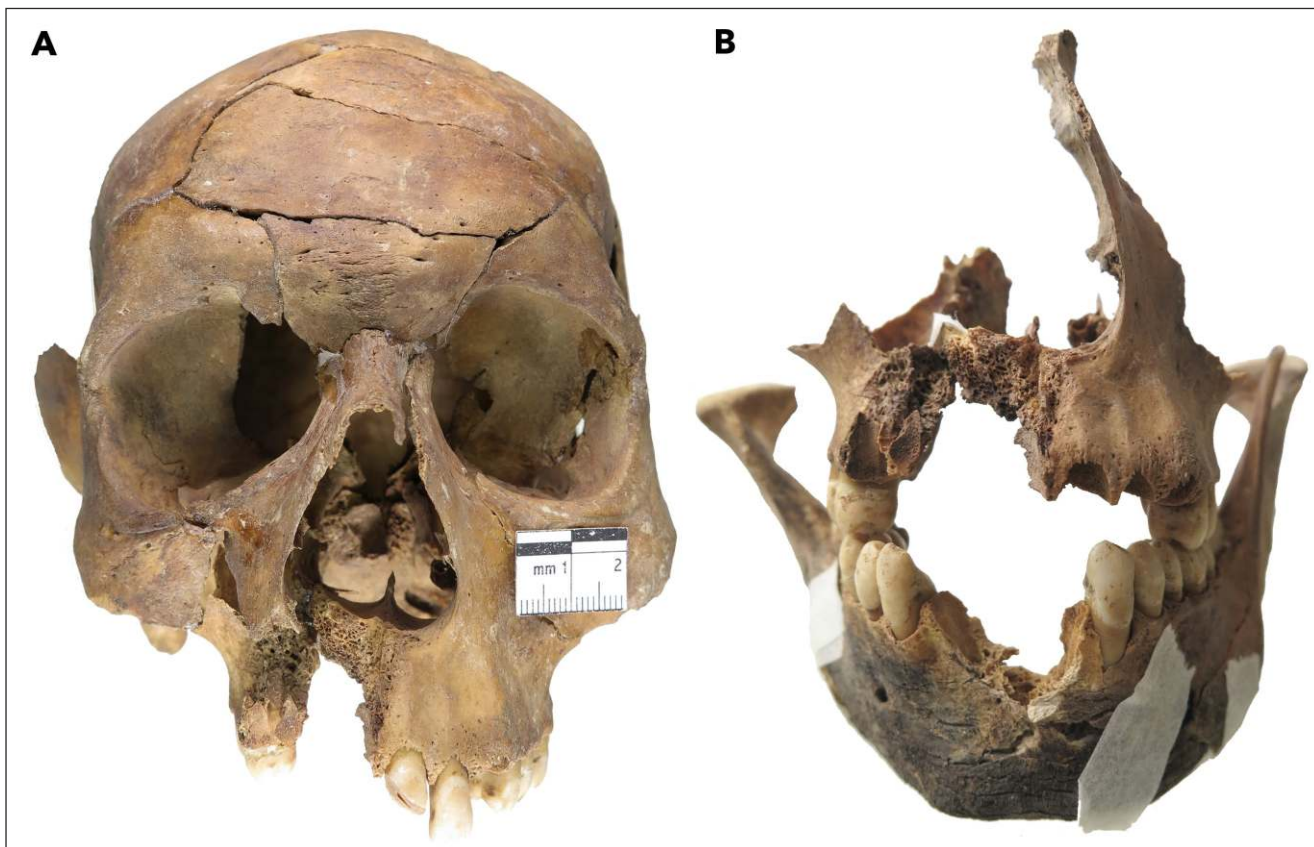


Figura 13. Orificio de salida situado en la región del esplancocráneo, afectando al maxilar izquierdo, concretamente a los alveolos 11 a 14 (A). Se observa pérdida de tejido óseo en la mandíbula, localizada en los alveolos 31 y 41, lo que sugiere que estas estructuras podrían haber resultado afectadas por el impacto. La afectación tafonómica en esta zona no permite confirmar dicha asociación (B). El posible origen de este impacto se encuentra en la región de pérdida de tejido óseo del atlas.



**Caso 7 (Fosa 115).** Dos impactos de proyectil en cráneo, posiblemente consecutivos, con trayectoria coincidente y morfología diferencial (Figuras 14, 15, 16 y 17).

Figura 14. Detalle de dos orificios de entrada de proyectil situados en la región anterior izquierda del cráneo. Se identifica una primera lesión localizada en el hueso frontal, de características mixtas, compatible con un impacto tangencial no penetrante. Se observa un segundo impacto en la región esfenoidal izquierda, con morfología semicircular en el margen óseo preservado. Ambas lesiones presentan un diámetro mínimo aproximado de 8 mm.



Figura 15. Detalle del defecto producido por el impacto tangencial. Presenta morfología circular con biselado interno en la región de contacto inicial. En el punto final de contacto se observa biselado externo, pérdida de tejido óseo y la presencia de múltiples fracturas radiales y concéntricas asociadas.



Figura 16: Detalle del orificio de salida correspondiente al segundo impacto, localizado en la región lateral derecha del hueso frontal.

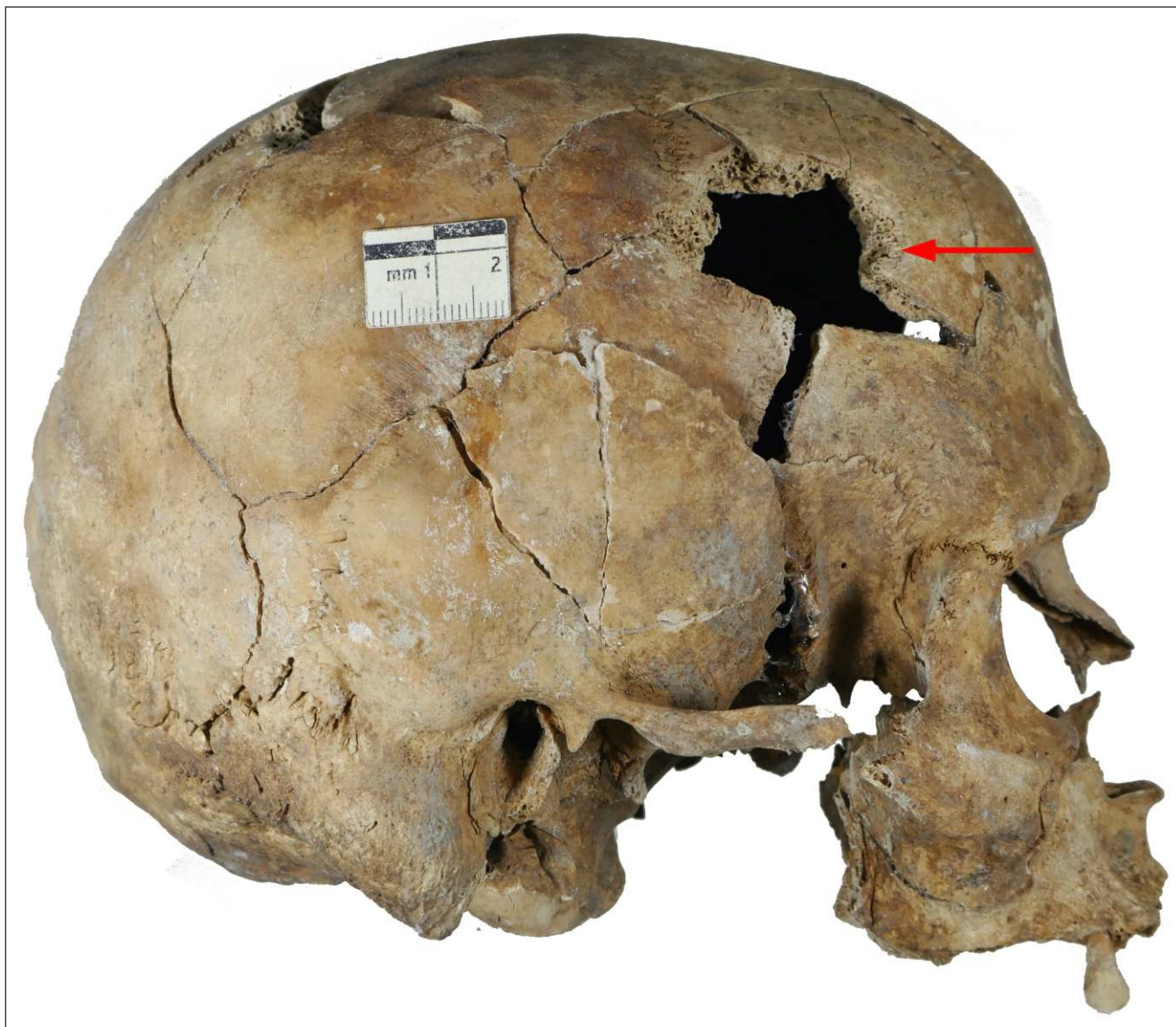


Figura 17. Vista anterior del cráneo, donde se observan ambos impactos, con trayectorias laterales de izquierda hacia derecha y levemente inferosuperior.



## CONFLICTO DE INTERESES

La autora declara no tener conflicto de intereses.

## AGRADECIMIENTOS

Las intervenciones mencionadas han sido impulsadas por las respectivas agrupaciones de familiares de víctimas, financiadas por la Delegación de Memoria Democrática de la Diputación de Valencia a través de los proyectos preceptivos correspondientes y llevadas a cabo por la Asociación Científica ArqueoAntro.

Se agradece a las familias de víctimas y a las compañeras y compañeros del equipo técnico que han participado durante estos años en la recuperación de las víctimas en el Cementerio Municipal de Paterna y en el estudio antropológico forense.

## BIBLIOGRAFÍA

1. GABARDA V. Els afusellaments al País Valencià (1938-1956). Valencia: Universitat de València; 2007.
2. LÓPEZ-GARCÍA G. Antropología forense de las víctimas de la represión franquista: el caso de Paterna (Valencia) [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid; 2025.
3. GALTÉS I. Antropología forense de las lesiones por proyectil de arma de fuego. In: Serrulla F, coord. Armas de fuego y ciencias forenses. Asociación Galega de Médicos Forenses; 2019. p. 101-118.
4. DIMAIO VJM. Gunshot wounds: Practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques. 2nd ed. CRC Press; 1999.
5. KIMMERLE EH, BARAYBAR JP. Traumatismos óseos: identificación de las lesiones resultantes de las violaciones de los derechos humanos y conflictos armados. Lima: Equipo Peruano de Antropología Forense; 2011.



# Los implantes dentales y su importancia en la identificación médico legal: aproximación teórica y estudio de un caso.

DENTAL IMPLANTS AND THEIR IMPORTANCE IN MEDICOLEGAL IDENTIFICATION: A THEORETICAL APPROACH AND CASE STUDY.

Campos Tristán G<sup>1,2</sup>, Dorado Fernández E<sup>3,4</sup>, Blasco García B<sup>1</sup>, Ruiz-Tagle E<sup>1,4</sup>.

1. Médico forense, IMLCF de Madrid

2. Odontólogo

3. Médico forense, Sección de Antropología y Odontología, IMLCF de Madrid

4. Profesor asociado, Universidad Complutense de Madrid

**RESUMEN:** La identificación de las víctimas constituye una de las tareas fundamentales de la labor médico forense, donde el examen bucodental forma parte, junto con el dactilograma y el análisis genético, de los conocidos como métodos científicos de identificación. La variabilidad y capacidad de resistencia de las estructuras bucodentales, fundamentalmente las restauraciones odontológicas, las hace especialmente útiles en condiciones en las que el cuerpo ha permanecido expuesto a situaciones adversas, como serían las altas temperaturas. Entre los distintos elementos bucodentales los implantes dentales constituyen un hallazgo cada vez más frecuente durante el examen médico forense. Se exponen sus principales características y se incluye un caso como ejemplo de la utilidad de los mismos.

**PALABRAS CLAVE:** ODONTOLOGÍA FORENSE, MEDICINA FORENSE, IDENTIFICACIÓN DENTAL, IMPLANTES DENTALES

**ABSTRACT:** Identifying victims is a fundamental task in forensic medicine, where oral and dental examination, along with fingerprinting and genetic analysis, forms part of the scientific methods of identification. The variability and resilience of oral and dental structures, particularly dental restorations, make them especially useful in situations where the body has been exposed to adverse conditions, such as high temperatures. Among the various oral and dental elements, dental implants are an increasingly common finding during forensic examinations. Their main characteristics are described, and a case is included as an example of their usefulness.

**KEY WORDS:** FORENSIC ODONTOLOGY, FORENSIC MEDICINE, DENTAL IDENTIFICATION, DENTAL IMPLANTS

**CONTACTO:** Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Madrid, C/ Julio Cano Lasso, 4, 28055 Madrid (España). gerardo.campos@madrid.org

## 1. INTRODUCCIÓN.

El tratamiento con implantes dentales constituye, en la actualidad, una de las opciones odontológicas más utilizadas para la reposición de las piezas dentales perdidas.

Su uso como opción terapéutica ha experimentado, en poco tiempo, un rápido desarrollo, lo que supone desde el punto de vista de la medicina legal un incremento en la posibilidad identificativa a través del examen postmortem bucodental de las víctimas (1). Al tiempo, la creciente complejidad de estos tratamientos va a permitir alcanzar un mayor grado de precisión identificativa.

## 2. LOS IMPLANTES EN LA IDENTIFICACIÓN MÉDICO LEGAL.

Los implantes dentales constituyen una característica individualizadora dentaria del mayor interés forense (2). Incluso, pueden constituir en el único elemento disponible en el que basar la identificación de restos humanos, en los que no puede llevarse a cabo el cotejo necrodactilar o genético de los mismos (3). Los implantes dentales, realizados en titanio puro o sus aleaciones, tienen un punto de fusión superior a 1650 °C, por lo que la probabilidad de resistencia ante un impacto térmico es muy alta, lo que acentúa su interés para establecer la identificación en condiciones

adversas extremas (4, 5).

La presencia de un implante implica la existencia de un registro radiológico previo, el cual, una vez localizado, puede aportar numerosos datos de indudable valor en el proceso identificativo bucodental (5, 6). Las distintas características clínicas de cada paciente conllevan diferentes tratamientos implantológicos, variabilidad que incrementa la capacidad discriminante bucodental.

Actualmente, debido a la generalización de estos tratamientos, se dispone en el mercado de múltiples marcas comerciales, con diferentes modelos que afectan al diámetro y la longitud del implante, su morfología externa y apical, los modos de conexión a los accesorios protésicos o el propio material con que están fabricados. Aunque existen servicios de reconocimiento de implantes mediante programas informáticos, su identificación concreta no deja de entrañar importantes dificultades dado todas las variaciones posibles señaladas.

Los implantes dentales presentan características particulares debido a su diversidad morfológica, su orientación en los maxilares, la morfología de la cresta ósea periimplantaria, y la relación con estructuras anatómicas próximas como el hueso cortical, las raíces dentales, el seno maxilar o el conducto dentario (3).

Una vez que el implante se ha integrado en el hueso ya no va a cambiar su posición ni su relación con las estructuras

anatómicas circundantes, lo que consolida su interés durante el proceso de identificación bucodental (7).

Los implantes dentales llevan un número de serie único asociado a un número de lote y otros identificadores recogidos en la documentación del producto, sin embargo, esta numeración no siempre aparece grabada en el implante.

A continuación, dado su interés identificativo médico legal, se exponen diferentes criterios de clasificación de los implantes, abarcando las distintas modalidades de terapéutica odontológica.

### 3. TIPOS DE IMPLANTES

#### 3.1. Implantes según su localización.

a) Implantes endo-óseos: son implantes de titanio insertados dentro del hueso, al que se unen mediante un proceso denominado osteointegración. Son los más comunes en la actualidad y según su morfología se clasifican en cónicos, cilíndricos y laminados, éstos últimos hoy en desuso (Figs. 1-3).

Figura.1 Implantes con forma de raíz.

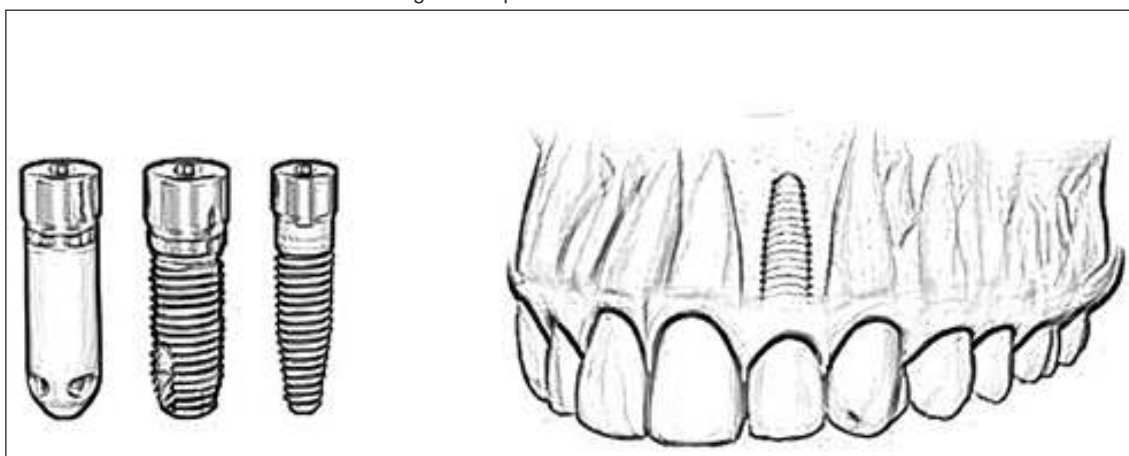


Figura 2. Miniimplante dental.

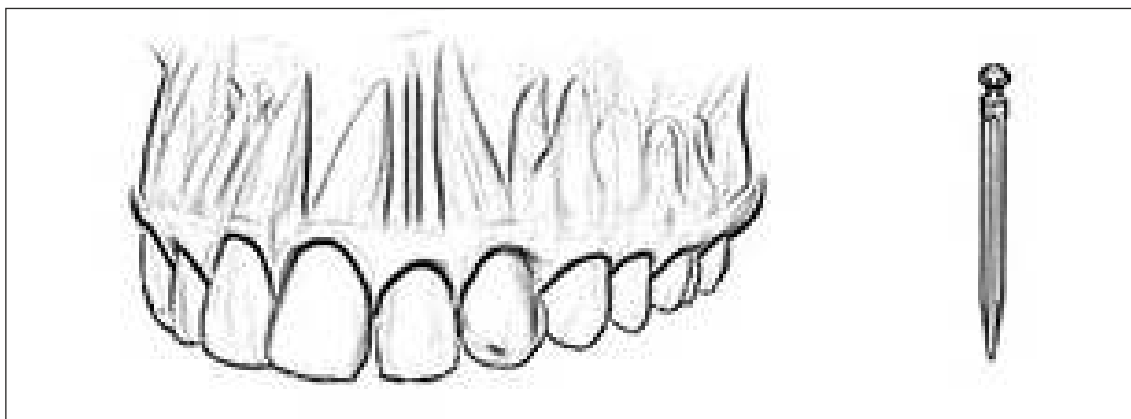
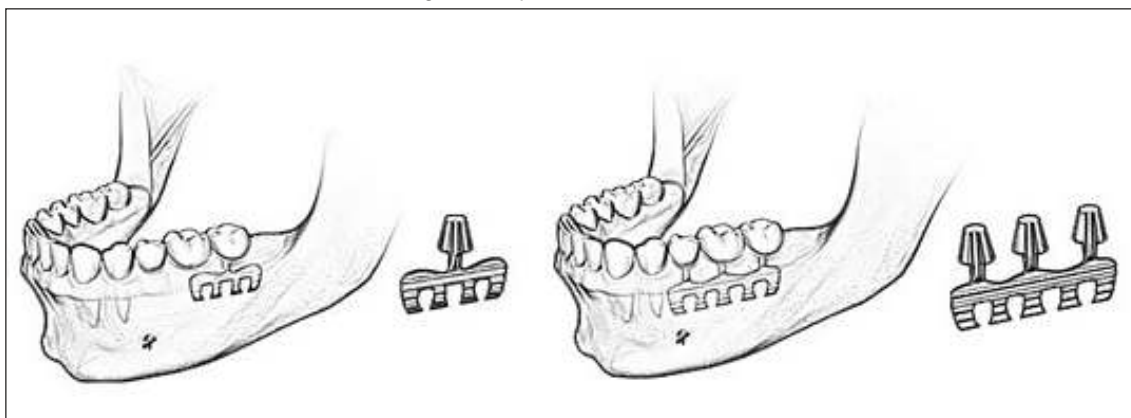


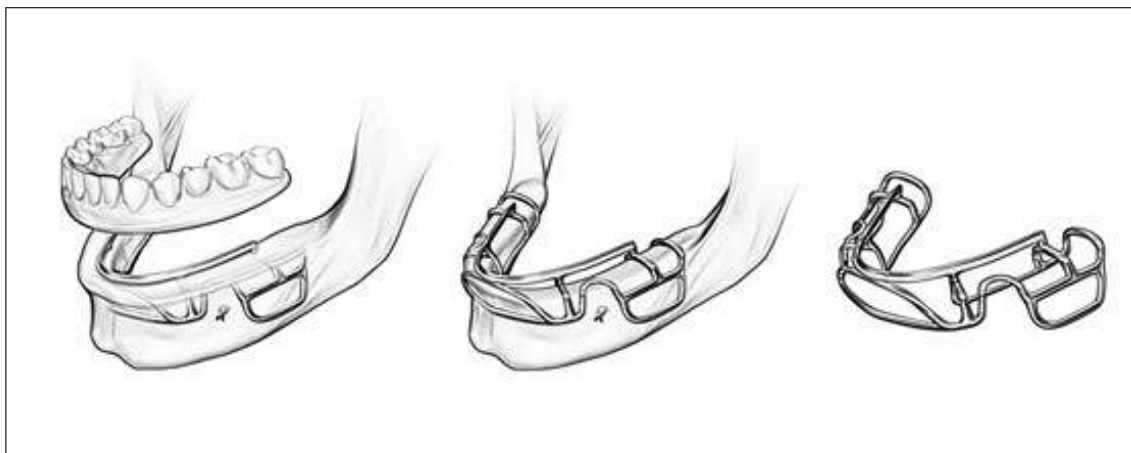
Figura 3. Implante dental laminado.



b) Implantes yuxtaóseos o subperiósticos: forman un marco de metal que se introduce en el hueso mandibular, debajo del

tejido blando de las encías. Este tipo de implantes están en desuso en la actualidad (Fig. 4).

Figura 4. Implante subperióstico

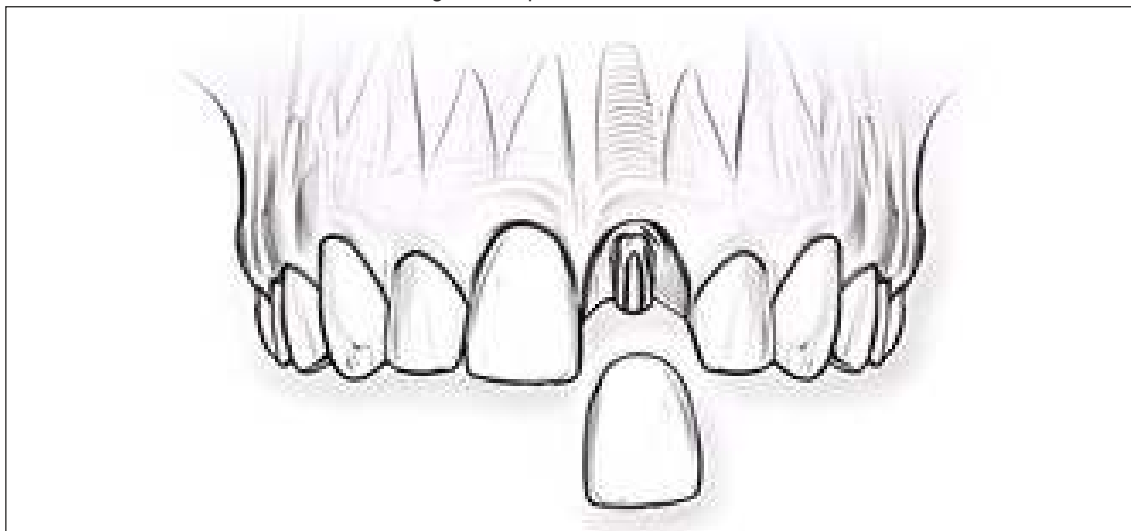


### 3.2. Implantes según su número.

dental, con la corona unida por un sistema de conexión (Fig. 5).

a) Implante dental unitario: el implante sustituye a la raíz

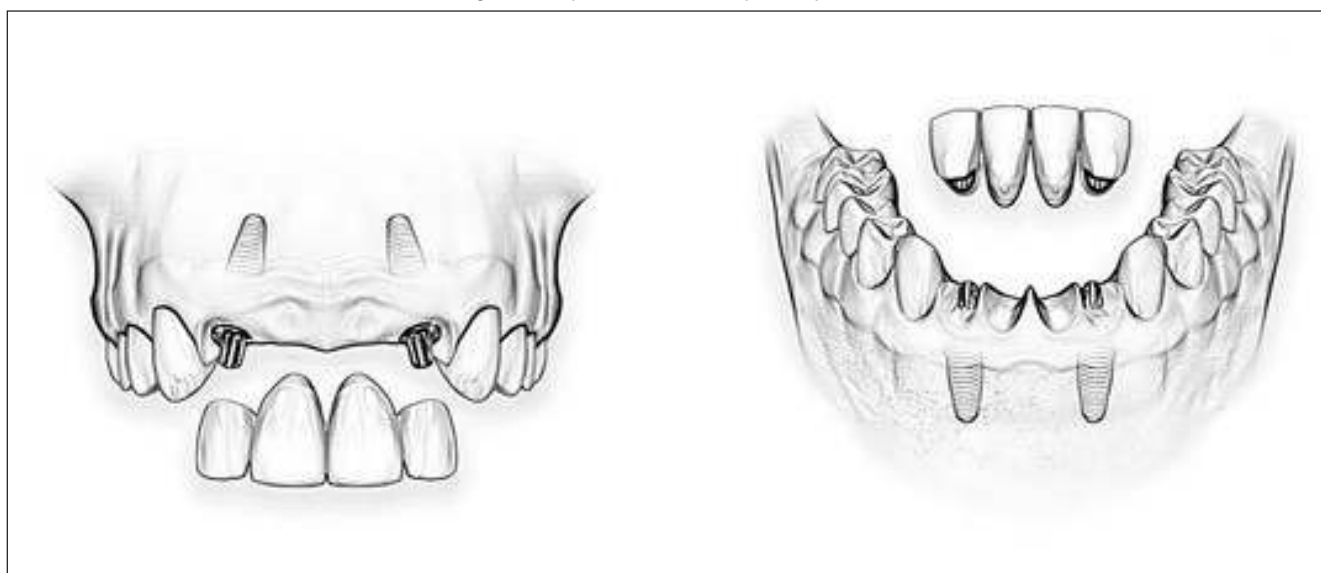
Figura 5. Implante dental unitario.



b) Implante dental puente-implante soportado: un puente con uno o más implantes sujetando todos los dientes

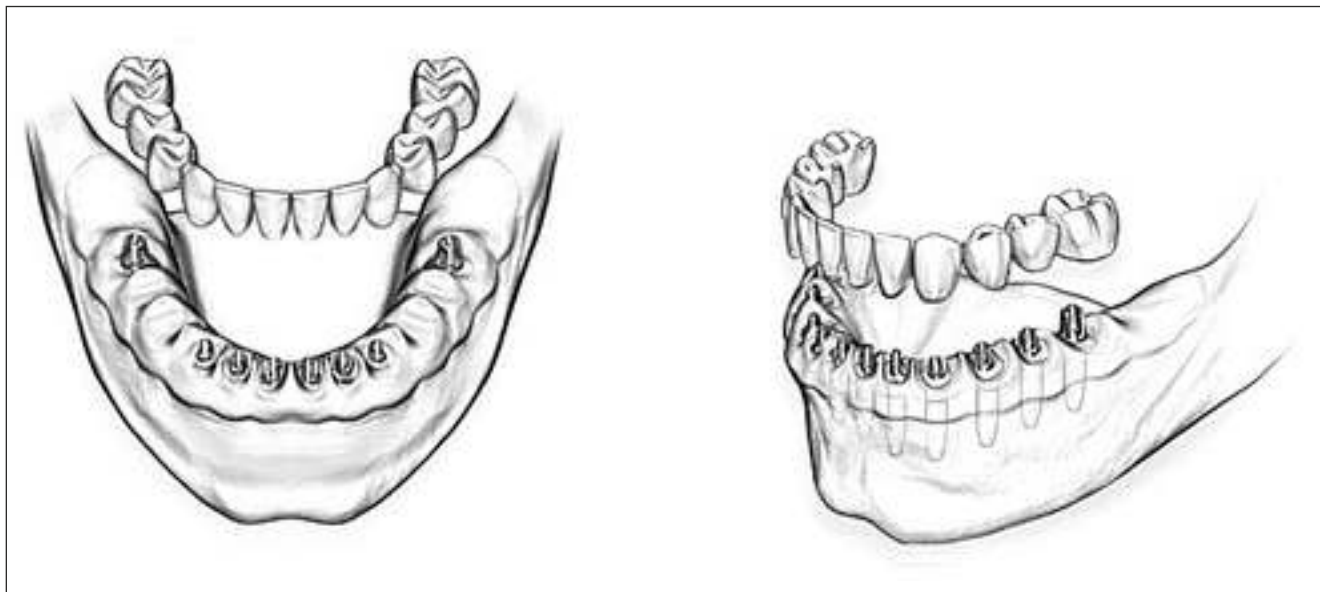
intermedios (Fig. 6).

Figura 6. Implante dental múltiple .de puente



c) Implantes dentales de arcada completa o fija: la dentadura completa se sujeta en varios implantes (Fig. 7).

Figura 7. Implante dental de arco completo.

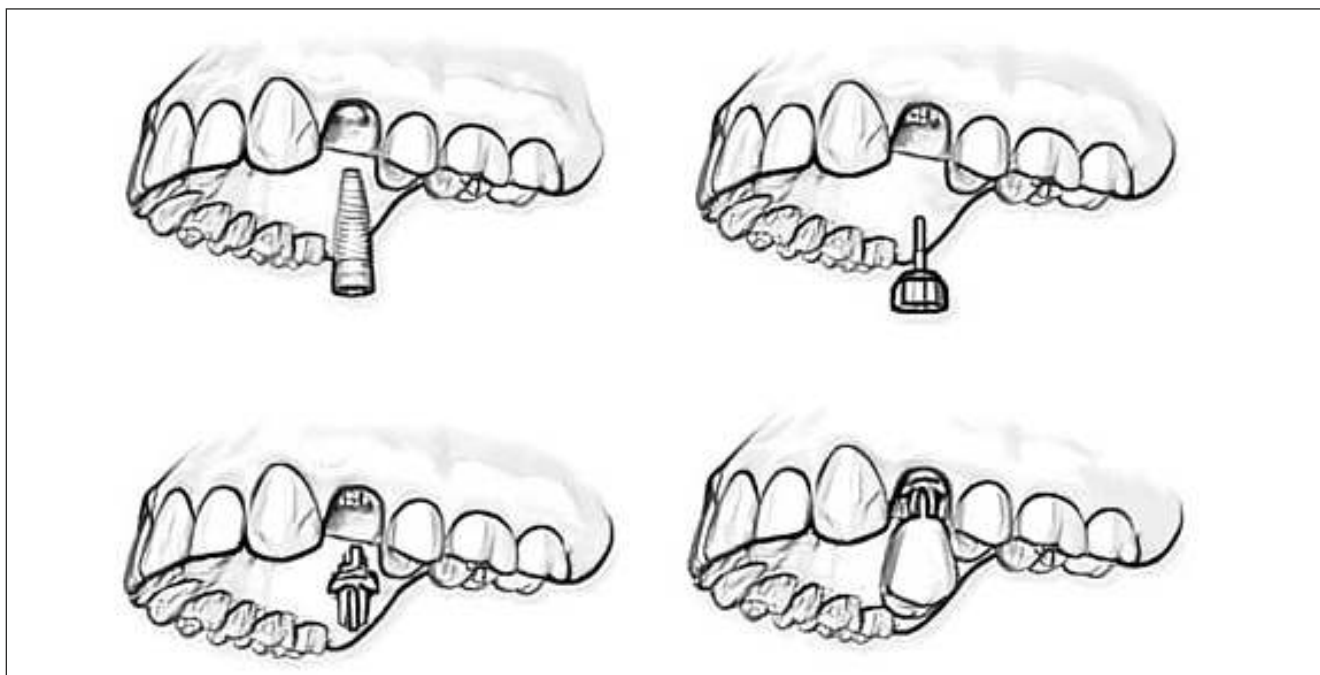


### 3.3. Implantes según su movilidad.

implante reemplaza al diente perdido (Fig. 8).

a) Implantes dentales con dientes artificiales fijos: el

Figura 8. Implante dental fijo



b) Prótesis dentales atornilladas en implantes: los implantes soportan prótesis con diferentes sistemas de fijación, pudiendo ser extraídas por el odontólogo (atornilladas) o el propio usuario (Figs. 9-10).

Figura 9. Implante dental de arco completo (prótesis extraíble – sostenida por implante)

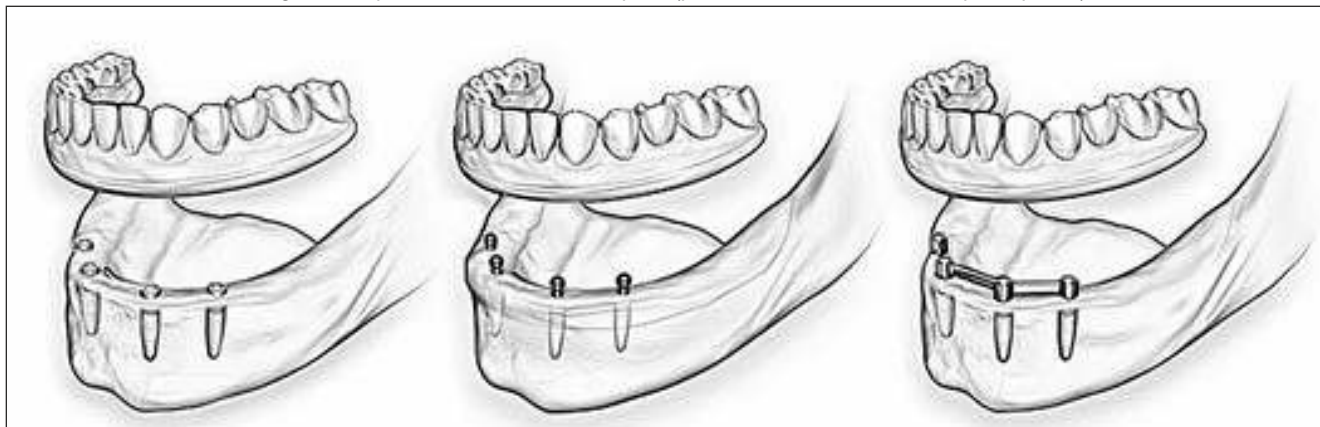
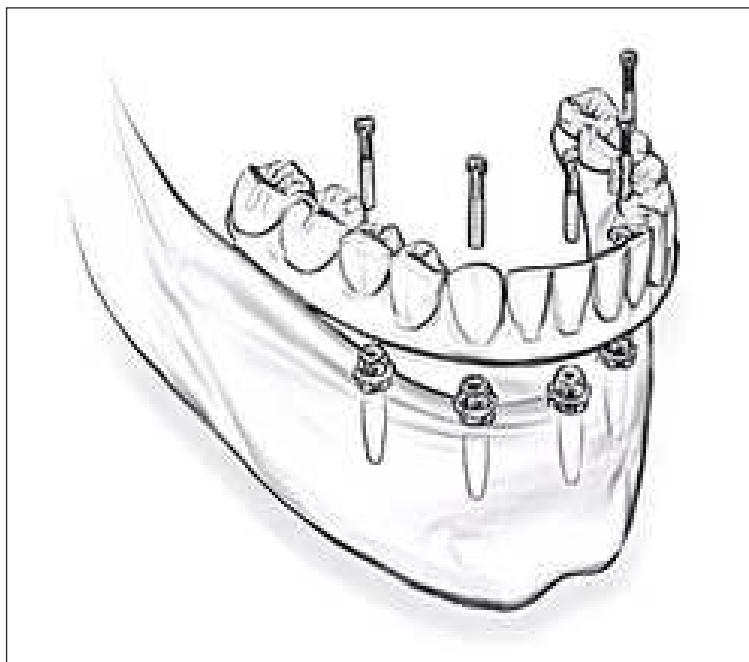
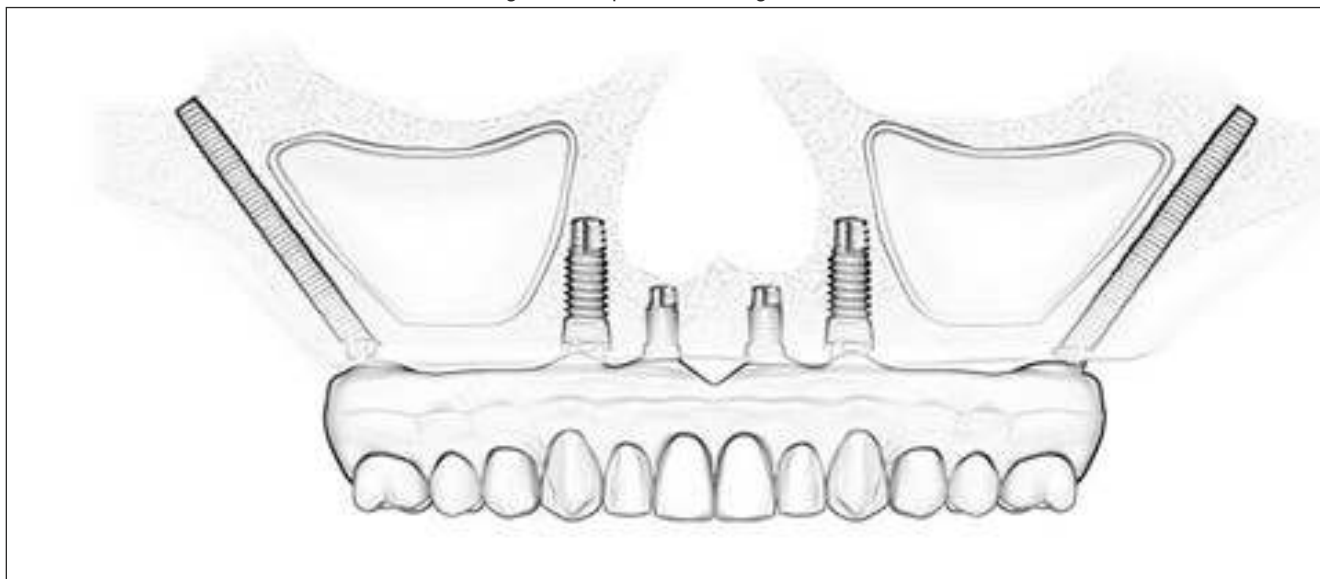


Figura 10. Implante dental de arco completo (semi extraíble)



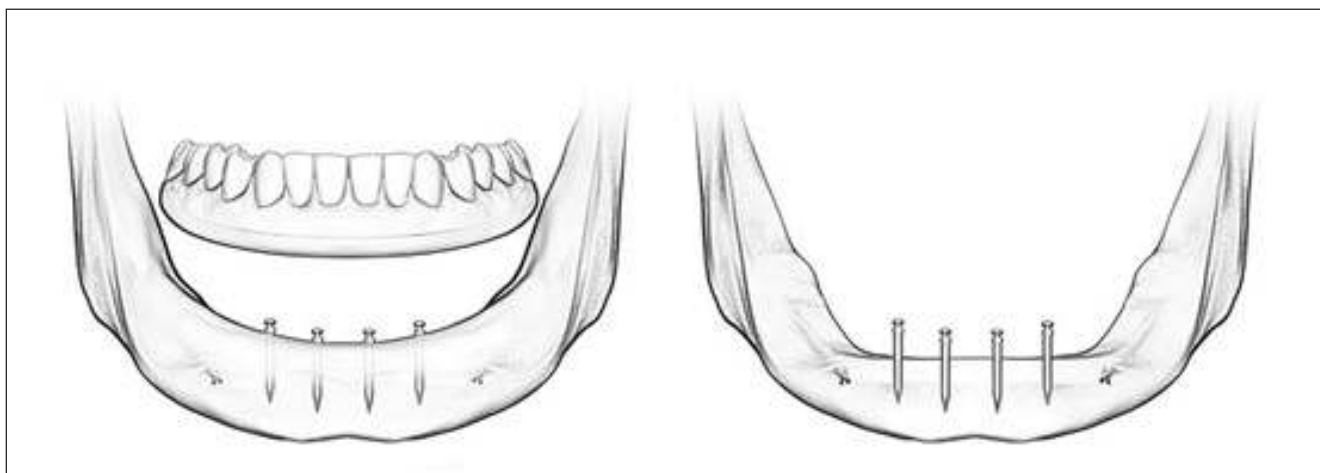
c) Implante dental zigomático: su empleo está sujeto a criterios muy específicos (Fig. 11).

Figura 11. Implante dental zigomático.



d) Miniimplantes: conforman un tipo especial de implantes (Fig. 12).

Figura 12. Mini implante de arcada completa.



### 3.3. Implantes según su composición

Básicamente los implantes están fabricados con titanio o zirconio, cuyas características biomecánicas, de

biocompatibilidad, de osteointegración y de resistencia a la corrosión y temperatura los hacen idóneos en los tratamientos odontológicos (Fig. 13).

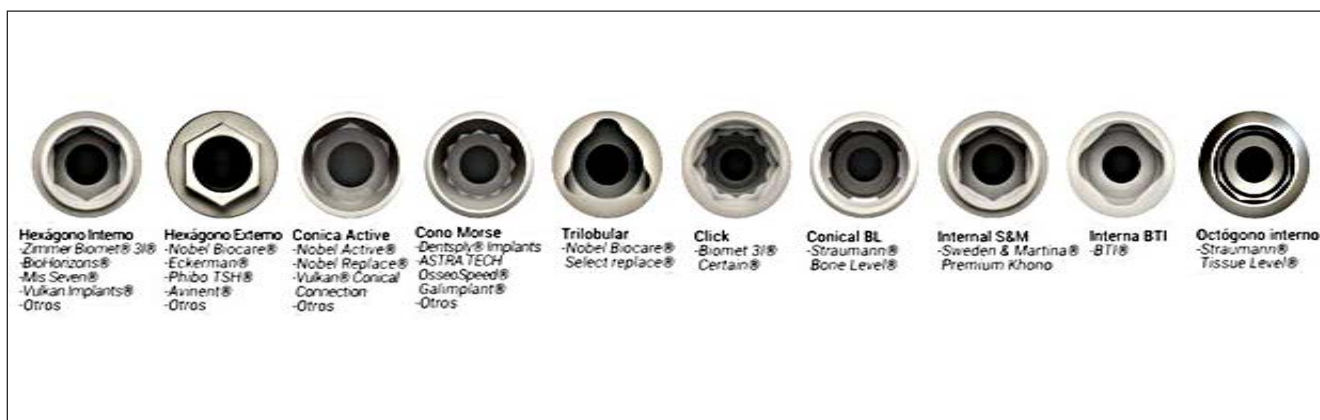
Figura 13. Distintos tipos de material de implante.



Otro aspecto a considerar dentro de la implantología es el sistema de conexión a la pieza intermedia que conecta a la

protesis, externo o interno, más frecuente este último por proporcionar mayor estabilidad al conjunto (Fig. 14).

Figura 14. Sistema de conexión en los implantes.



#### 4. PRESENTACIÓN DE UN CASO.

A modo ilustrativo de lo anteriormente expuesto, se presenta un caso en el que el examen odontológico forense contribuyó de manera significativa a confirmar la identidad del fallecido, cuyo cadáver había permanecido expuesto a la

acción del fuego llegando a alcanzar un grado de carbonización parcial.

La muestra, recuperada entre los restos cadavéricos, correspondía a tres fragmentos óseos portadores de tratamiento odontológico (Fig. 15).

Figura 15. Fragmentos recuperados.



Dos de los mismos conservaban en su parte superior, como rasgo anatómico identificable, parte del suelo del seno maxilar, lo que permitía ubicarlos en el sector posterior de los cuadrantes superiores derecho e izquierdo. El tercer fragmento, en base a la morfología de las prótesis que portaban los implantes, podía ubicarse en el sector incisivo superior.

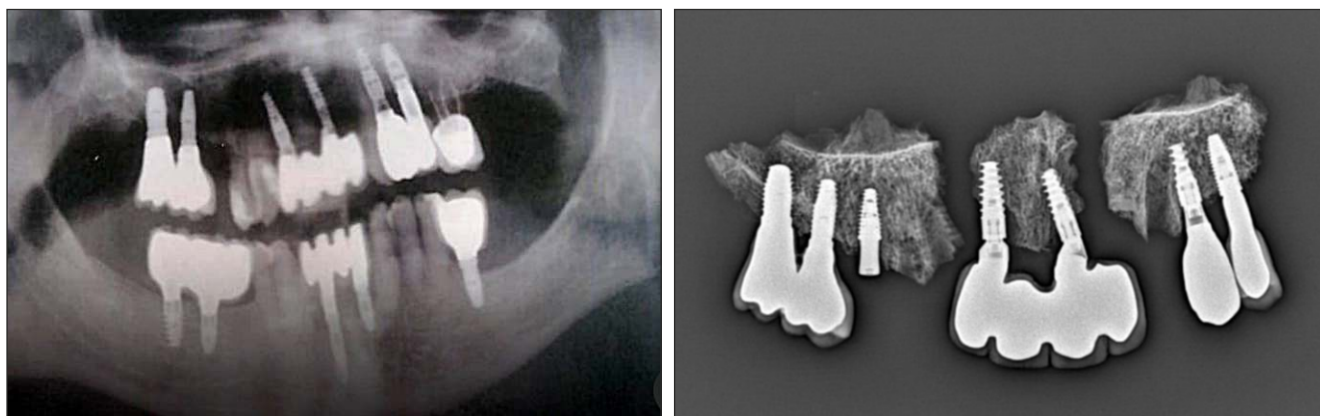
El análisis diferenciado de cada fragmento mostraba los siguientes hallazgos de interés:

- El fragmento correspondiente al cuadrante posterosuperior derecho portaba dos implantes osteointegrados soportando sendas coronas de porcelana unidas entre sí. Proximal a éstas, permanecía un implante osteointegrado sin ninguna estructura protésica asociada.

- El fragmento correspondiente al cuadrante superior izquierdo portaba, de forma similar al anterior, dos implantes osteointegrados soportando sendas coronas de porcelana individualizadas. Proximal a estas estructuras se localizaba un alveolo dentario vacío.
- El fragmento óseo correspondiente al segmento incisivo anterosuperior presenta dos implantes osteointegrados, los cuales soportaban un puente de cuatro piezas (grupo incisivo) con la pieza protésica distal en extensión.

Posteriormente se procedió a la comparación radiológica con una radiografía panorámica (OPG) correspondiente a una posible identidad, que fue aportada junto con el historial odontológico (Figs. 16-17).

Figura 16 y 17. Imágenes radiológicas ante y postmortem.

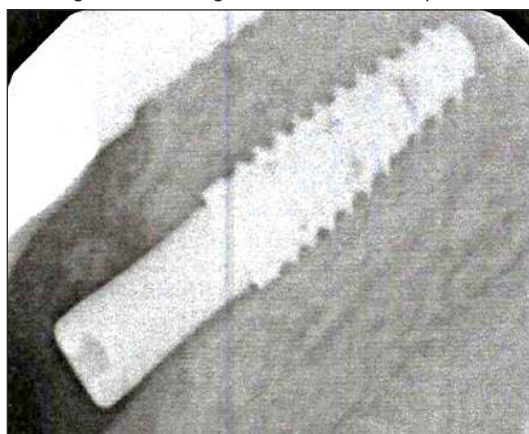


El número de los implantes y su morfología, así como su ubicación y forma de angulación, presentes en ambas radiografías, permitían inferir con un alto grado de probabilidad que ambos estudios radiológicos pertenecían a la misma persona.

La presencia de un implante unitario objetivado en el fragmento posterosuperior derecho, ausente en la OPG

aportada, se explicaba por su colocación en una fecha posterior a dicho estudio radiológico, lo cual acreditaba el historial odontológico, en el que constaba la realización de una radiografía periapical del mencionado implante, probablemente realizada durante el control de su osteointegración (Fig. 18).

Figura 18. Radiografía de control de implante.



De esta manera el análisis odontológico de las muestras recuperadas mostraba una correspondencia completa, al tiempo que una ausencia de discrepancias no explicables, con los antecedentes odontológicos disponibles de la identidad presunta, lo que permitía establecer con alta probabilidad la identidad dental. Esta identificación quedaría posteriormente confirmada mediante el cotejo genético con muestras de un familiar.

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

1. BERKETA J, JAMES H, LANGLOIS N, RICHARDS L. A study of osseointegrated dental implants following cremation. *Aust Dent J*. 2014;59:149-155. <https://doi.org/10.1111/adj.12170>
2. VALENZUELA-GARACH A. La odontología en la identificación de sucesos con víctimas múltiples. *Revista Española de Medicina Legal*. 2023;49,47-54. <https://doi.org/10.1016/j.reml.2022.11.005>
3. DE ANGELIS D, CATTANEO C. Implant bone integration importance in forensic identification. *J Forensic Sci*. 2015;60(2):505-8. doi: 10.1111/1556-4029.12640. Epub 2014 Nov 12. PMID: 25387697.
4. BERKETA J, JAMES H, MARINO V. Dental implant changes following incineration. *Forensic Sci Int*. 2011;15;207(1-3):50-4. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.08.025. Epub 2010 Sep 28. PMID: 20880643.
5. BERKETA JW, HIRSCH RS, HIGGINS D, JAMES H. Radiographic recognition of dental implants as an aid to identifying the deceased. *J Forensic Sci*. 2010;55(1):66-70. doi: 10.1111/j.1556-4029.2009.01226.x. Epub 2009 Nov 30. PMID: 20002257.
6. MANSOUR H, SPERHAK JP, BEKAERT B, KREBS O, FRIEDRICH P, FUHRMANN A, PÜSCHEL K. New aspects of dental implants and DNA technology in human identification. *Forensic Sci Int*. 2019;302:109926. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109926. Epub 2019 Aug 8. PMID: 31444040.
7. ALWOHAIBI RN, ALMAIMONI RA, ALSHREFY AJ, ALMUSAILET LI, ALHAZZAA SA, MENEZES RG. Dental implants and forensic identification: A systematic review. *J Forensic Leg Med*. 2023;96:102508. doi: 10.1016/j.jflm.2023.102508. Epub 2023 Mar 5. PMID: 36948050.



# Scavenging patterns in burned remains: an experimental forensic taphonomic study on charred pig carcasses inside a vehicle.

PATRONES DE CARROÑEO EN RESTOS QUEMADOS: UN ESTUDIO TAFONÓMICO FORENSE EXPERIMENTAL SOBRE CADÁVERES DE CERDO CARBONIZADOS DENTRO DE UN VEHÍCULO.

NASTI A<sup>1</sup>, DÍAZ IA<sup>2</sup>

1. Área de Criminalística y Estudios Forenses, Instituto Universitario de Gendarmería Nacional (IUGNA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3854-4575>

2. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (FFyL-UBA); Universidad ISALUD (UI). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1642-9771>

**ABSTRACT:** Burning a body is a common criminal strategy aimed at hindering identification. Medico-legal examinations of biological remains exposed to fire present significant challenges in determining the victim's identity, the vitality of the body prior to exposure, and the cause of death. Although these issues are addressed in the literature, much of the available data is derived from non-systematic observations, such as those from cremation events or case reports with only approximate information on the fire's characteristics. In addition, vertebrate scavengers frequently interfere with forensic analyses by feeding on or dispersing human remains, complicating trauma assessment and postmortem interval (PMI) estimation. While recent studies have increasingly focused on scavenger activity, reports addressing scavenging in fire-altered remains remain scarce. This study investigates the taphonomic alterations caused by scavengers on two *Sus scrofa domesticus* (domestic pig) carcasses with different PMIs, both burned inside a vehicle. It describes the sequence of scavenger access, the species involved, and the alterations observed on thermally modified remains. The results indicate that scavengers consumed and dispersed burned biological remains regardless of the specimens' postmortem intervals.

**KEY WORDS:** FORENSIC EXPERIMENTAL TAPHONOMY, SCAVENGING, BURNED BIOLOGICAL REMAINS, *SUS SCROFA*

**RESUMEN:** La incineración de un cuerpo es una estrategia delictiva común destinada para dificultar su identificación. Los exámenes medicolegales de restos biológicos expuestos al fuego presentan importantes desafíos para determinar la identidad de la víctima, la vitalidad del cuerpo antes de la exposición y la causa de la muerte. Aunque estas cuestiones se han abordado en la literatura, gran parte de los datos disponibles proceden de observaciones no sistemáticas, como eventos de cremación o informes de casos con información aproximada sobre las características del fuego. Además, los carroñeros vertebrados interfieren con frecuencia en los análisis forenses al alimentarse o dispersar restos humanos, lo que complica la evaluación de traumatismos y la estimación del intervalo post mortem (IPM). Si bien estudios recientes han prestado una atención creciente a la actividad carroñera, los informes que abordan la carroña en restos alterados por el fuego siguen siendo escasos. Este estudio investiga las alteraciones tafonómicas provocadas por carroñeros en dos cadáveres de *Sus scrofa domesticus* (cerdo doméstico) con diferentes IPM, ambos quemados en el interior de un vehículo. Se describe la secuencia de acceso de los carroñeros, las especies implicadas y las modificaciones observadas en los restos térmicamente alterados. Los resultados indican que los carroñeros consumieron y dispersaron los restos biológicos quemados independientemente del intervalo post mortem de los especímenes.

**PALABRAS CLAVE:** TAFONOMÍA EXPERIMENTAL FORENSE, CARROÑEO, RESTOS BIOLÓGICOS QUEMADOS, *SUS SCROFA*

**CONTACTO:** [anasti@iugna.edu.ar](mailto:anasti@iugna.edu.ar)

## 1. INTRODUCTION.

Although fire-related forensic anthropology cases are relatively infrequent, thermally altered remains pose significant challenges in both victim identification and the reconstruction of peri- and postmortem events [1, 2].

Forensic anthropologists encounter these difficulties in various contexts. Their increasing involvement in disaster victim recovery and identification has led to a growing awareness of the effects of fire on human remains, making such knowledge more crucial than ever [3-6].

Burning a body is a commonly employed method of concealing criminal evidence [7-9]. While complete destruction is rare, fire significantly hampers identification efforts and often eliminates forensic clues related to the cause and manner of death [10]. In some cases, perpetrators return to the scene to destroy remaining evidence [2, 4]. Fire not only damages soft tissues and internal organs but can also reduce the entire body to bone fragments, thereby compromising or eliminating additional incriminating evidence [11-15]. Burned remains may also result from self-immolation [16] or accidental deaths [17], as reported in numerous cases [5, 18].

Understanding the thermal effects on biological remains is essential for reconstructing the processes that affect bodies exposed to fire, in both forensic and archaeological contexts [19-23]. Estimating the postmortem interval (PMI) in such contexts remains one of the cores yet most complex challenges in forensic pathology, particularly when scavenging activity is also present [24].

Evaluating the consequences of thermal alterations on biological remains is essential when assessing scavenger activity on carcasses. Experimental research demonstrates that thermal alterations vary significantly depending on the context of the fire, such as inside a vehicle, within a structure, or outdoors [25-28]. Furthermore, factors such as ventilation, fire temperature, and available fuel also influence combustion duration, and these conditions can fluctuate throughout the event [2, 10, 27, 29, 30, 31]. Experimental studies [20, 28, 32] have correlated specific physical alterations with temperature and duration. For instance, pugilistic postures typically occur at temperatures between 670-810°C, whereas internal organ exposure happens approximately 30 minutes after combustion initiates [10, 28].

Clothing can serve as a protective barrier, limiting thermal damage to the body [2, 25, 26; 27]. Similarly, an individual's body fat contributes to sustaining fires, even at low intensities, influencing burn patterns alongside body mass index. Temperature and exposure duration also significantly affect soft tissue preservation and skeletal calcination. Additionally, accelerants applied directly to a body intensify thermal disturbances, producing localized and concentrated damage [10, 25, 30]. Observations suggest that low-intensity fires cause greater soft tissue damage when exposure times are extended, potentially affecting bone integrity. Conversely, high-intensity fires with short durations generally damage the body's external surfaces, sparing internal tissues [2, 10].

Although experimental research has contributed valuable insights into thermally induced changes, field-based outdoor experiments remain scarce [23]. Approximately 45% of human skeletal remains examined by forensic anthropologists are recovered from outdoor environments such as forests, fields, riverbanks, or shallow graves [33, 34]. In these settings, up to 70% of remains exhibit postmortem modifications attributable to scavenger activity [35, 36].

Animals are among the most significant agents in destruction, disarticulation, and relocation of biological remains as part of their scavenging behavior. The loss of skeletal elements often results from scavengers transporting anatomical parts to their dens or other areas for consumption or abandonment [37-39]. Indeed, scavengers can drastically alter a forensic scene by consuming, disarticulating, and scattering biological material on the surface [40-42].

Even in cases of natural death, if internal organs are consumed by animals, determining the precise cause of death may become impossible [43, 44]. Therefore, identifying scavenger behavior is crucial to accurately assess its impact on the forensic record [39-42].

The objective of this study was to assess the impact of scavenger activity on two *Sus scrofa domesticus* carcasses, with different PMI, placed inside a car cabin and subsequently exposed to fire. Systematic monitoring over 134 days, from September 2023 to mid-January 2024, allowed for the identification of key scavenger species, their behavioral patterns, the type of alterations they inflicted, and the dispersal patterns of skeletal elements.

We assume that the presence of burnt and charred carrion might deter scavengers, as they largely rely on olfactory cues to evaluate the risks and benefits of consuming a resource [45, 46]. Therefore, we expected minimal modifications due to a reduced likelihood of incorporating charred remains into higher trophic levels. Additionally, we argue that scavengers may selectively access remain depending on the specimen's postmortem interval (PMI). Finally, the degree of thermal alteration observed in bones can serve as a reliable indicator of the specimen's stage of anatomical integrity

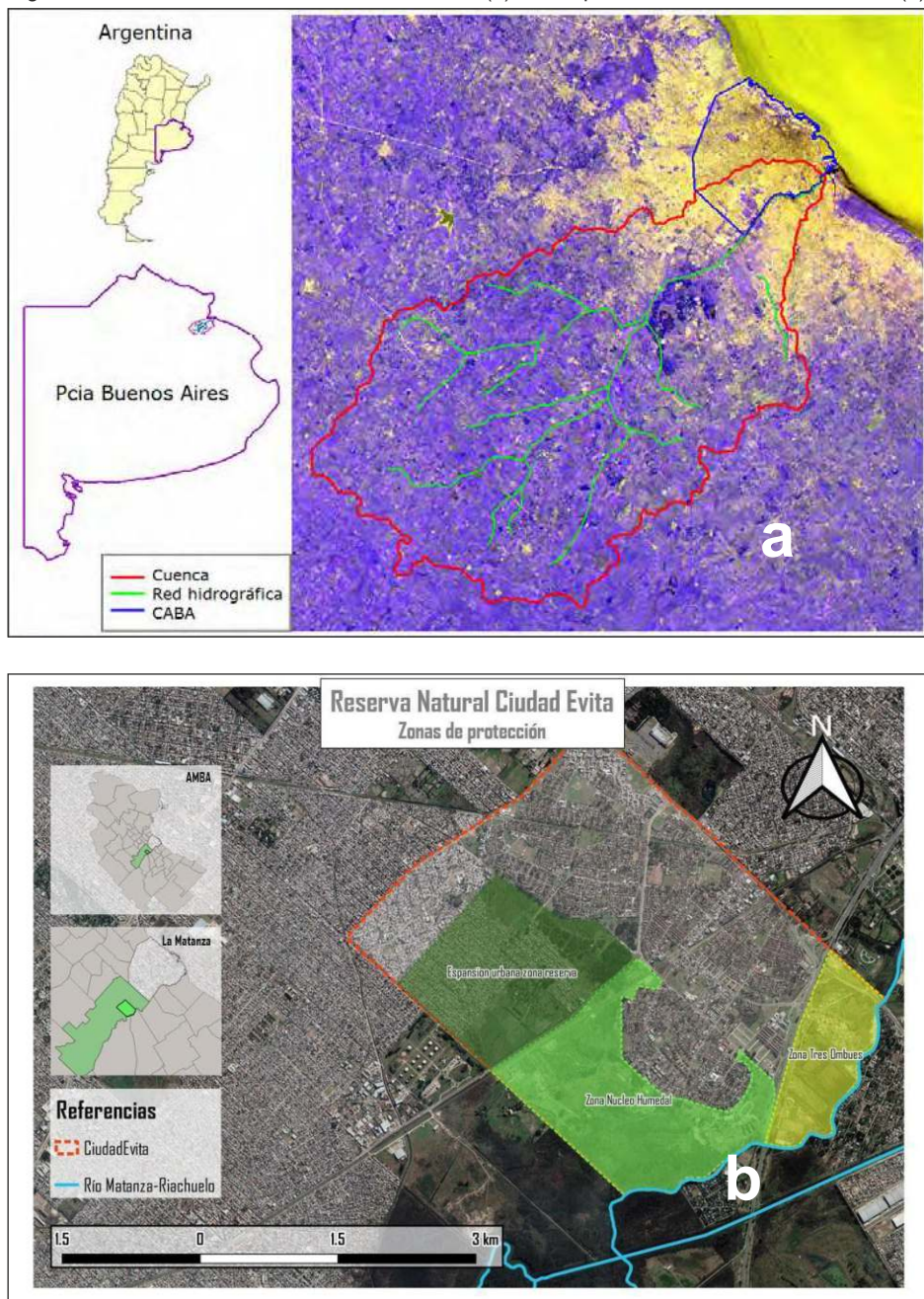
Taphonomic alterations observed in burned remains were documented in a wetland area on the outskirts of Buenos Aires. This study provides valuable insights for law enforcement agencies regarding the interpretation of fire-related forensic contexts, and represents, to date, the first systematic taphonomic investigation of burned carcasses located inside a vehicle in this region [46].

## 2. ECOLOGICAL FRAMEWORK.

The region belongs to the Wetlands of the Pampas, specifically the Subregion of Lagoons of the Humid Pampas, which corresponds to the eastern sector of this ecoregion, located within the Province of Buenos Aires and the southern

part of Santa Fe. The landscape is characterized by anthropogenic plantations, natural grasslands, and extensive wetlands associated with the floodplain of the Matanza River. This creates an ecologically significant environment in the middle portion of the Matanza-Riachuelo Basin (Fig. 1).

Figure 1: Location of the Matanza Riachuelo basin (a), Municipal Reserve Area of Ciudad Evita (b).



The Matanza-Riachuelo Basin spans approximately 2,047 km<sup>2</sup> and is drained by a typical lowland river. Over its 75-kilometer course, the river passes through 14 municipalities within the Greater Buenos Aires metropolitan area. According to the latest census (2022), the basin is home to 5.8 million people, representing roughly 15% of Argentina's population. Topographically, the area lies within the Matanza River's floodplain and is characterized by low elevation and minimal slope, making it highly susceptible to recurrent flooding.

The area is characterized by grasslands, dominated by herbaceous graminoids such as *Lolium arundinaceum*, and are located at slightly elevated positions and are distributed in isolated patches occupying higher ground. However, this area is still prone to waterlogging during certain times of the year. The vegetation consists largely of exotic species, including *Pinus sylvestris* (Scots pine), which provides shelter for a modest but expanding presence of native flora such as *Celtis tala*. This native tree now covers a significant portion of the landscape. Additionally, the area is home to *Iris pseudacorus* (yellow iris), an invasive ornamental species commonly found in wetland environments. These patches of exotic forest extend across more than 200,000 m<sup>2</sup> [47], often interspersed with bulrushes (*Schoenoplectus californicus*). Beyond these vegetational features, the wetland system functions as a dynamic ecological unit, shaped by seasonal or permanent water accumulation, which promotes hydromorphic soils and supports plant and animal species adapted to these conditions. These wetlands provide key ecosystem services, including flood mitigation, aquifer recharge, and water purification through sediment and pollutant capture. The high primary productivity and biogeochemical cycling in these areas also contribute to climate regulation and resilience to extreme weather events. From a socioecological perspective, they offer forage resources, support beekeeping and fisheries, and contribute to the landscape's scenic and recreational value. The provincial wetland inventory identifies these functions as critical for sustainable management and urges their integration into territorial planning through a landscape ecology lens, aligning with international conservation frameworks such as the Ramsar Convention and the Sustainable Development Goals [48].

Faunal diversity within the wetland matrix is notable and includes a wide range of taxonomic groups. Among mammals, the most frequently observed or historically recorded species are *Myocastor coypus* (coyupu),

*Hydrochoerus hydrochaeris* (capybara), *Lagostomus maximus* (vizcacha), *Cavia aperea* (pampas guinea pig), and armadillos such as *Chaetophractus villosus* (big hairy armadillo). Carnivorous mammals include *Lycalopex gymnocercus* (Pampas fox), *Leopardus geoffroyi* (Geoffroy's cat), *Conepatus chinga* (hog-nosed skunk), and *Didelphis albiventris* (white-eared opossum). Bird species adapted to aquatic and terrestrial environments are abundant and include *Rhea americana* (greater rhea), *Eudromia elegans* (elegant-crested tinamou), *Anas platalea* (shoveler), *Fulica armillata* and *F. leucoptera* (coots), *Coscoroba coscoroba* (coscoroba swan), and *Chloephaga sp.* (sheldgeese). Reptilian fauna is represented by *Salvator merianae* (Argentine black and white tegu). Ichthyofauna is equally diverse, featuring both euryhaline and freshwater species such as *Mugil sp.* (mullet), *Pogonias courbina* (black drum), *Synbranchus marmoratus* (swamp eel), *Hoplias argentiniensis* (wolf fish), *Rhamdia quelen* (catfish), *Pimelodus maculatus* (yellow catfish), *Australoheros facetus* (chanchita), *Hypostomus commersoni* (armored catfish), *Oligosarcus jenynsii* (dientudo), *Corydoras paleatus* (cory catfish), and *Odontesthes bonariensis* (silverside) [47].

In this context, several sectors of the basin, including the Ciudad Evita Nature Reserve (Municipal Ordinance 24.247/2015), function ecologically as wetlands. This area serves critical roles in hydrological regulation, biodiversity support, and nutrient processing [49].

### 3. METHODOLOGY.

The study was conducted at the facilities of the Martín Miguel de Güemes National Gendarmerie School (ESCUGEN) (34°44'25"S, 58°31'40"W) as part of the research program Forensic Taphonomic Models: A GIS-Based Approach for Designing and Analyzing Forensic Data in the Province of Buenos Aires (Buenos Aires Metropolitan Area). The initiative was implemented by the Department of Criminalistics and Forensic Studies (IUGNA – ESCUGEN) and funded under Decree DDNG 77, within the framework of the 2016–2020 Institutional Strategic Plan. Additional support was provided through a Research and Academic Extension grant (DI-2023-50446557-APN-SSFY/CMMSG) from the Ministry of Security of the Nation (2023) (Fig. 2).

Figure 2: Location of the vehicle and Experimental Unit 4 A and B within the experimental area



A prospective observational design was employed to investigate taphonomic processes within a confined vehicular environment over a 134-day period. Two *Sus scrofa domesticus* specimens weighing approximately 80 kg each—designated as Experimental Units EU4A and EU4B—were used as proxies for human cadavers [50]. Specimens were obtained from the Bioterium of Maimónides University and the National Institute of Agricultural Technology (INTA). Euthanasia was performed via anesthetic sedation in accordance with international ethical protocols [51]. Decomposition was assessed using the Total Body Score (TBS) system developed by Megyesi et al. (2005), which provides a macroscopic score from 3 to 35 based on external morphological changes [52]. TBS scoring was applied exclusively to both specimens prior to combustion. No TBS values were recorded following fire exposure, in accordance with the model's limitations.

The experiment comprised two phases. In Phase 1, EU4A (PMI: 104; TBS: 29) was dressed in standard clothing and positioned in the driver's seat of a 1980 *Rastrojero P.* diesel vehicle—an Argentine-manufactured model. The vehicle's openings were sealed using woven wire mesh to prevent access by scavengers. The specimen was left undisturbed for 104 days.

In Phase 2, a freshly euthanized pig carcass, EU4B (PMI: 0; TBS: 3) also dressed, was placed in the front passenger seat next to EU4A. Combustion was initiated by spraying 10 liters of naphtha inside the cabin. The fire lasted approximately

1.45 hours, reaching estimated peak temperatures between 800–1200 °C. Upon extinguishment, both specimens remained in situ for 30 days and were subject to systematic post-combustion observation.

Due to the limitations of the TBS system in thermally altered remains (where protein denaturation, bone calcination, and tissue carbonization obscure external features [10]), the Charred Body Score (CBS) proposed by Gruenthal et al. [29] was employed. This system evaluates three anatomical regions independently: head and neck (maximum of 11 points), torso (12 points), and limbs (9 points), facilitating a region-specific assessment of thermal damage.

Animal interactions were recorded as discrete events, defined as any encounter between a scavenger and EU4A or EU4B. Events were categorized into five behavioral types: a) *Prowling*, locomotor activity around the experimental units (EUs); b) *Exploration*, direct physical contact with the EU; c) *Marking*, urination or scent deposition; d) *Feeding*, active consumption of tissue and; e) *Dragging*, disarticulation and transport of remains beyond anatomical context.

For each species, the temporal duration of individual events was recorded in minutes. The Interaction Index (II), proposed by Nasti [46], was calculated as the ratio of total interaction time to the number of events for each species:

$$II = \frac{\text{Total Minutes}}{\text{Number of Events}}$$

Monitoring was conducted using two motion-triggered Gadnic Huntertrail 99 CAM infrared cameras, programmed with 5-second delay intervals. Images and videos were processed using Wild.ID Trap software to identify species, classify behavior, and log event timing. Temporal classification followed solar cycles: a) *Daytime*, between sunrise and sunset; b) *Nighttime*, between one hour after sunset and one hour before the following sunrise and c) *Crepuscular*, within one hour before sunrise or after sunset. Sunrise and sunset data for each calendar day were obtained using Moonrise software.

Disarticulation was assessed by anatomical region, assuming a complete skeleton as 100%: a) *Skull and mandible*: 10%; b) *Axial skeleton and ribs*: 30%; c) *Forelimbs*: 30% and d) *Hind limbs*: 30%.

Scavengers were classified by body mass following Delaney-Rivera et al. [53]: *large* ( $\geq 40$  kg), *medium* (11–40 kg), and *small* ( $\leq 10$  kg).

Environmental parameters were obtained hourly from the Meteostar weather station. Interior microclimatic conditions were recorded using a HOBO MMHY data logger. Statistical analyses were conducted using Statgraphics Centurion 19.0, IBM SPSS, and XLSTAT.

Geospatial data were processed in ArcGIS Pro 3.0. Kriging interpolation was applied to visualize temperature and humidity gradients within the cabin. Temporal trends were analyzed using repeated-measures ANOVA, with statistical significance set at  $\alpha = 0.05$ .

#### 4. RESULTS.

Animal activity on carcasses plays a crucial role in recycling proteins, lipids, and carbohydrates into the food web, constituting a key component of the taphonomic processes following death [54]. Numerous species participate in this chain, and accurate identification of scavengers requires comprehensive knowledge of carcass conditions, geographic and climatic context, potential local fauna, and the ethological traits of each species [55].

The first scavenger observed was the Geoffroy's cat (*Leopardus geoffroyi*), seen prowling around experimental unit EU4B on postmortem day one (PMI 1), and CBS: 12. This species continued to return daily until PMI 7, when the Pampa's fox (*Lycalopex gymnocercus*) was first recorded. On PMI 8, the domestic cat (*Felis silvestris catus*) also began interacting with the same remains of EU4B (Fig. 3).

Figure 3:a) *Leopardus geoffroyi* in the EU4B (PMI: 3 days and CBS: 3 points); b) specimen of *Felis catus catus* scavenging the body of the carbonized EU4B (MPI: 9 days and a CBS: 9 points).



Between PMI 9 and 15, *Lycalopex gymnocercus* and *Canis familiaris* interacted with EU4A (CBS 28–31), 3 involving *Leopardus geoffroyi*, and 11 involving *Felis silvestris catus* on EU4B (CBS 12–15). Additionally, three avian species were recorded feeding on insect larvae associated with both carcasses: the hornero (*Furnarius rufus*), the common

canary (*Serinus* sp.), and, most notably, the great kiskadee (*Pitangus sulphuratus*).

From PMI 16 onward, when EU4B had reached a CBS 22, two *Lycalopex* individuals were observed actively scavenging its skeletal remains. Both *Lycalopex* and

*Didelphis albiventris* were accessed and fed on EU4B and EU4A, the latter having reached PMI 122 and CBS 31 (Fig. 4).

By PMI 24, EU4A (CBS 32) consisted solely of fragmented and charred bones scattered across the vehicle's cabin. In contrast, EU4B (PMI 24; CBS 29) had been fully disarticulated and dragged outside the vehicle. The skull and

several ribs were located approximately 2 meters south of the vehicle, while parts of the torso and limbs were found to the north (Fig. 5).

On PMI 26, both *Lycalopex gymnocercus* and *Didelphis albiventris* were observed scavenging the remaining skeletal elements of EU4A (CBS 32).

Figure 4: a) *Lycalopex gymnocercus* and b) *Didelphis albiventris* scavenging scattered burnt remains to EU4A (PMI: 122 days and CBS: 32 points).

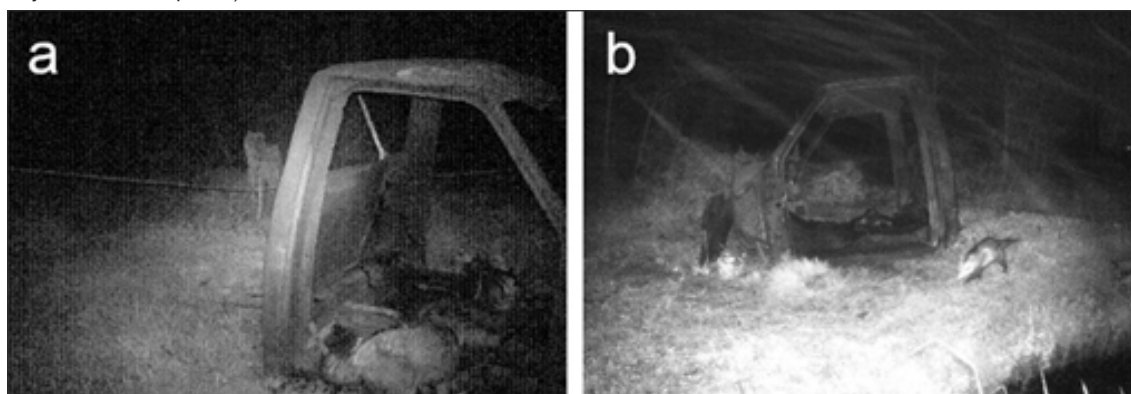


Figure 5: Skeletonized UE4B remains scattered outside the cockpit car (PMI: 24 days and CBS: of 29 points).



Figure 6 summarizes the total scavenging events by species across both experimental units. For EU4B, *Lycalopex gymnocercus* and *Leopardus geoffroyi* exhibited comparable frequencies, followed by *Felis silvestris catus*. Conversely, *Lycalopex* was the dominant scavenger on EU4A, followed by *Canis familiaris* and *Didelphis albiventris*. Among birds, *Pitangus sulphuratus* accounted for the

greatest number of interactions.

Table 1 show *Lycalopex*, *Canis* primarily exhibited feeding and dragging behaviors on EUA, whereas *Didelphis* was observed feeding exclusively. The II identified *Canis* (0,2) as the most impactful scavenger (based on four events), followed by *Lycalopex* and *Didelphis* (see Discussion).

Figure 6: Percentage of total events for all species over EU4A and EU4B

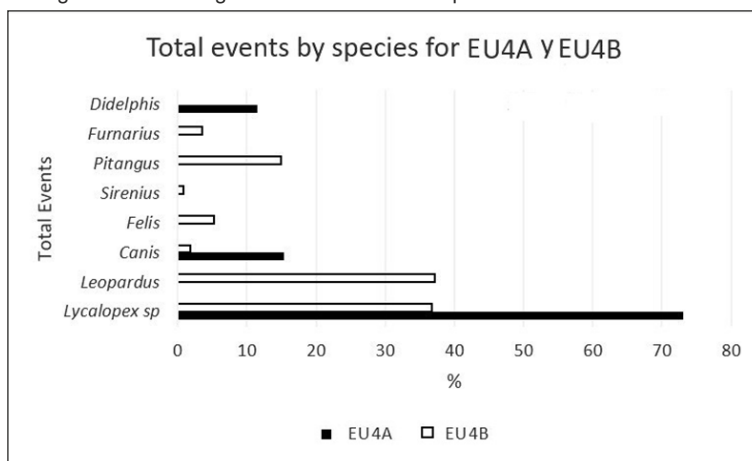


Table 1: Number and duration (in hours, minutes and seconds) of events by species in the EU4A. II (interaction index– total time/total events)

Specie	Prowls	Exploration	Mark	Feeding	Dragging	Total Time	N° Events	IE
<i>Lycalopex sp</i>	00:19:30	00:00:00	00:00:35	00:07:45	00:07:25	00:27:30	19	0,014
<i>Canis sp</i>	00:05:48	00:00:00	00:00:04	00:01:30	00:01:20	00:08:42	4	0,2
<i>Didelphis sp</i>	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:35	00:00:00	00:00:35	3	0,011

In relation to EU4B, both *Lycalopex* and *Leopardus* recorded 84 total events each; however, *Leopardus* exhibited a lower II (0.16), indicating frequent but brief interactions totalling

approximately 13 hours. In contrast, *Felis silvestris catus* had the highest II (0.38), remaining near EU4B for extended periods without notable physical manipulation (Table 2).

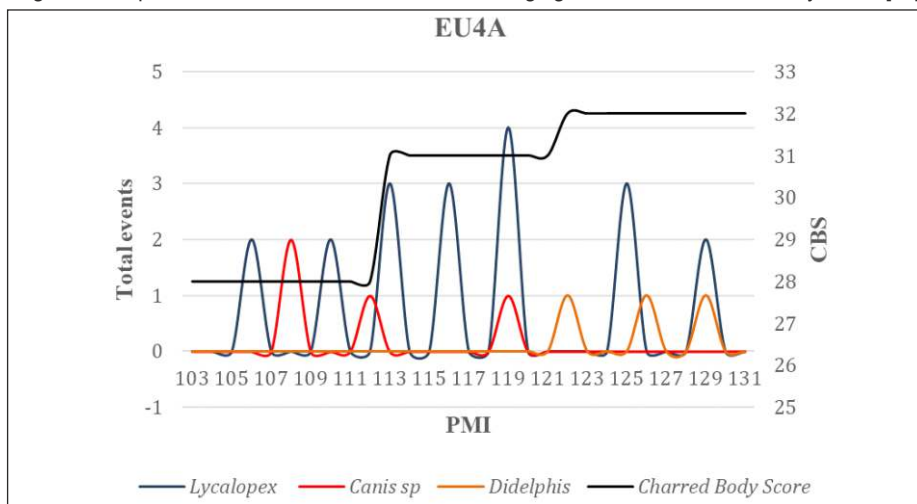
Table 2: Number and duration (in hours, minutes and seconds) of events by species in the EU4B. II (interaction index– total time/total events)

Especie	Prowls	Exploration	Marck	Feeding	Dragging	Total Time	N° Events	IE
<i>Lycalopex sp</i>	28 (03:00:51)	0	0	55 (15:06:42)	1 (00:00:06)	18:07:39	84	0,21
<i>Leopardus sp</i>	37 (03:37:36)	0	1 (00:00:03)	46 (10:17:50)	0	13:55:26	84	0,16
<i>Canis sp</i>	3 (00:24:06)	0	0	0	2	00:24:06	5	0,048
<i>Felis silvestris</i>	2(00:00:03)	0	0	10 (04:59:32)	0	04:59:33	12	0,38
<i>Serinus sp</i>	1 (00:24:39)	0	0	1 (00:24:39)	0	00:49:18	2	0,24
<i>Pitangus sp</i>	21(01:31:11)	0	0	13 (02:16:45)	0	03:47:56	34	0,10
<i>Furnarius sp</i>	2(00:4:55)	0	0	6 (01:07:39)	0	01:12:34	8	0,14

Although all scavenger species—both mammals and some birds—interacted with both experimental units, mammals had a more substantial impact in terms of carcass modification and disturbance. Figure 7 presents the total mammalian scavenger events post-ignition on EU4A (PMI 104; CBS 32) over the 30-day observation window. *Canis*

*familiaris* accessed the remains on 4 occasions, while *Lycalopex* was involved in 19 events. *Didelphis* appeared less frequently and only during the final phase of the study. Neither *Leopardus geoffroyi* nor *Felis catus* were observed scavenging EU4A.

Figure 7: Sequence of total events of mammal scavenging over EU4A. Charred Body Score [29].

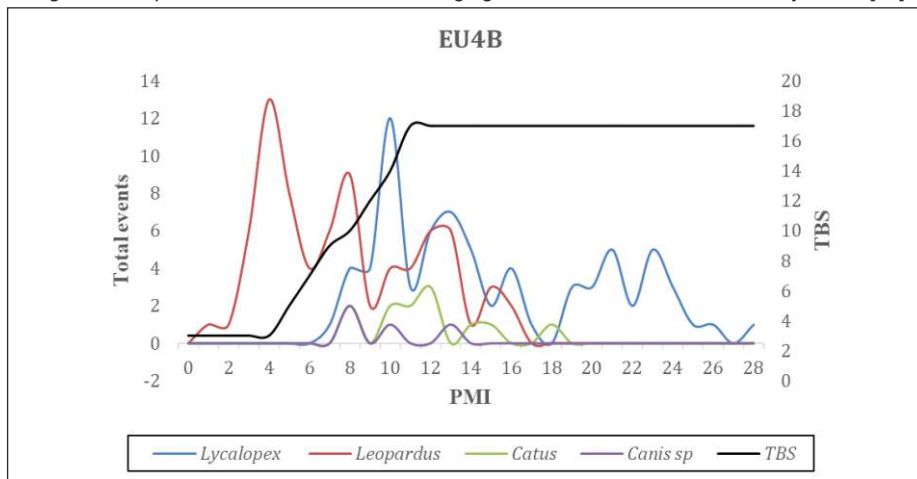


Both *Lycalopex* and *Leopardus* recorded 84 events each; however, *Leopardus* exhibited a lower II (0.16), indicating frequent but brief interactions totalling approximately 13 hours. In contrast, *Felis silvestris catus* had the highest II (0.38), remaining near EU4B for extended periods without notable physical manipulation.

early phase, peaking on PMI 1–3 (CBS 3–6), and continued interacting until PMI 18 (CBS 20). *Felis silvestris catus*—and to a lesser extent *Canis familiaris*—were more active during intermediate CBS stages (around CBS 16). Notably, *Lycalopex gymnocercus* was the only mammal to consistently interact with both EU4B and EU4A. Excluding avian scavengers, *Lycalopex* remained the sole species interacting with remains during the most advanced stages of decomposition and thermal alteration.

Figure 8 illustrates scavenger access to EU4B over the 30-day monitoring period. *Leopardus* was highly active in the

Figure 8: Sequence of total events of scavenging mammal over EU4B. Total Body Score [52].

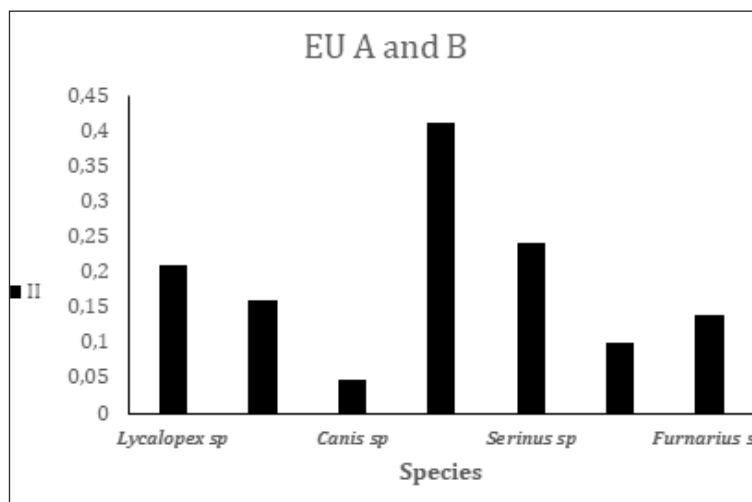


**5. DISCUSSION.**

Regarding scavenger behavior, the main mammal species observed show distinct activity patterns. *Lycalopex* (7–10 kg), predominantly nocturnal and crepuscular, occasionally exhibits daytime activity [46]. *Leopardus* (4-7 kg), also nocturnal and crepuscular, likely competes with *Lycalopex* for

resources. *Lycalopex*'s gregarious nature and larger size explain its greater and more consistent access to EU, reflected by a higher II. *Leopardus* exhibits frequent visits but shorter contact periods. *Felis* displays high interaction indices despite fewer visits, indicating prolonged scavenging during each event (Fig. 9).

Figure 9: Interaction Index (II) by species on EU4A and EU4B.



Solitary and primarily diurnal, *Felis* actively avoids nocturnal species such as *Lycalopex* and *Leopardus*. *Canis* (11–40 kg) rarely approached EU4B during early decomposition stages but scavenged actively once remains became skeletonized (PMI 130; CBS 32).

These behavioral dynamics support the notion that competitive displacement and temporal niche partitioning occur among sympatric scavenger species in semi-urban habitats. Furthermore, the extended presence of *Lycalopex* across both early and late PMI stages suggests opportunistic flexibility in feeding strategies, likely driven by carcass accessibility and minimal human disturbance.

Although documented felid scavenging cases are infrequent [56], *Felis catus* scavenging primarily involves superficial soft-tissue consumption with minimal skeletal modification, resembling *Lynx rufus* patterns more closely than typical domestic cat behaviors [38]. *Felis catus*'s smaller size and reduced bite force limit its capability to penetrate bony structures. However, both *Felis catus* and *Leopardus* accessed EU4B early in the decomposition process, a behavior noted in other contexts [57]. Their absence in later decomposition stages (EU4A) suggests a preference for fresher tissue [56].

The early involvement of felids also highlights their potential forensic relevance in the initial postmortem interval, particularly in settings where other scavengers are temporarily absent or delayed. This challenges prior assumptions that felids are exclusively late-stage scavengers and may assist in refining temporal models for forensic PMI estimation.

The scavenger-induced disarticulation sequence observed at EU4B begins with soft tissue consumption, followed by anatomical dismemberment and dispersal outside the vehicle. Specifically, scavengers first consumed neck, chest, and abdominal tissues, exposing the sternum, ribs, and dorsal vertebrae. Subsequently, the abdominal and pelvic tissues were consumed, leading to disarticulation at the dorsolumbar junction. Finally, dorsolumbar portion vertebrae and hind limb tissues were consumed. This sequence aligns with observations by other authors (e.g., [58, 41]). On PMI 19, EU4B remained 50% articulated, progressing to 90% disarticulation by PMI 30. The scavenger's success in overcoming clothing barriers to access pelvic or shoulder regions greatly influenced this sequence. Anatomical peculiarities, such as those found in pigs, may also affect disarticulation patterns [46]. Similar ecological studies reported complete disarticulation within comparable PMI periods (autumn-winter: 14 days; spring-summer: 20–23 days; see [46]).

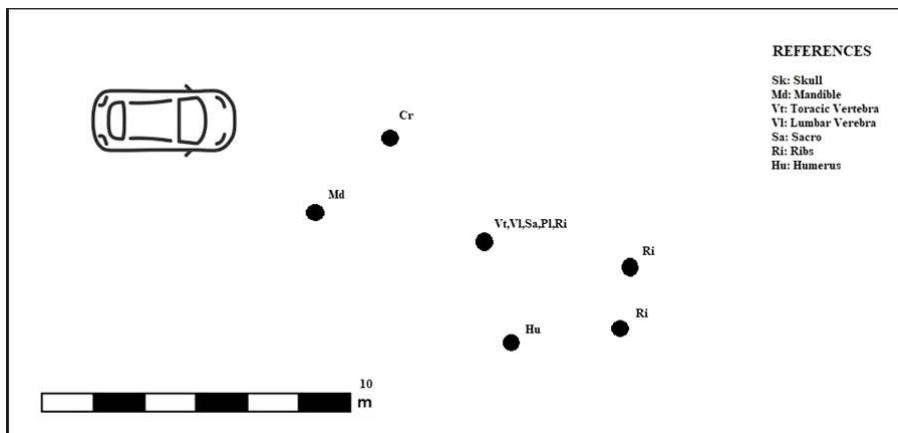
The results emphasize that scavenger-driven anatomical disruption is not random but reflects a patterned and staged progression influenced by both environmental conditions and body positioning. This predictable sequence may assist in reconstructing postmortem manipulations, including whether movement occurred pre- or post-burning.

Dispersion of remains covered approximately 314 m<sup>2</sup>, predominantly northward, beginning on PMI 21 and concluding by PMI 28 (Fig. 10). The scavenger-induced alterations depend significantly on animal characteristics, density, variety, and distribution. Given the study area's natural yet spatially constrained habitat, limited animal

density and species diversity are expected. However, the observed directional bias in bone dispersal may also reflect scavenger escape routes, carcass orientation, or terrain

features, which should be considered in forensic reconstructions of outdoor death scenes.

Figure 10: Diagram showing the vehicle and the dispersion of anatomical parts.



The pre-fire condition of remains is also relevant, influencing forensic reconstructions of death circumstances. While heat-induced bone changes are not completely reliable indicators, notable differences exist between bones burned with tissue and dry bones [19; 59]. Bodies burned inside vehicles typically exhibit limited soft-tissue loss in the torso, calcination of extremities, and charring on the skull front

consistent with high-temperature exposure [60]. Skeletal representation with non-burned joints suggests combustion occurred prior to complete skeletonization, whereas alterations in smaller bones (phalanges, carpals, tarsals, etc.) may indicate secondary depositions from previously skeletonized or dry bones Fig.11.

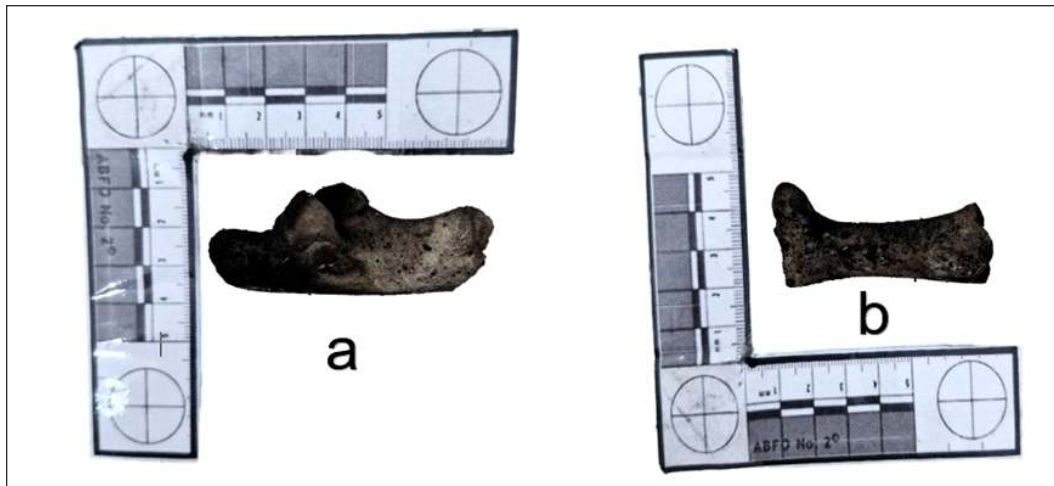
Figure 11: Scapulae and humerus from EU4B showing surfaces without traces of burning



Uneven combustion patterns further support scenarios involving already disarticulated remains (Fig. 12). Identifying heat-induced alterations on dry bones helps exclude thermal exposure as the cause of death, facilitating forensic interpretations. Moreover, clothing and personal items on

skeletonized remains provide additional clues regarding the body's state prior to combustion [21]. Therefore, integrating thermal, anatomical, and behavioral taphonomic indicators enables a more nuanced reconstruction of peri- and postmortem events in burned body contexts.

Figure 12: a) A heel from EU4A showing surfaces with traces of burning and (b) Phalanx with traces of burns.



## 6. CONCLUSION.

Experimental studies employing biomodels have significantly advanced our understanding of perimortem events associated with thermal alteration. Fire is frequently used to obscure or destroy forensic evidence [21; 52; 61]. One of the primary challenges in forensic investigations is victim identification, which can be complicated not only by fire effects and the postmortem interval (PMI), but also by taphonomic factors such as scavenging, which can drastically modify the body's morphology [23].

Although research in this field has progressed considerably over the past three decades [66; 63], most studies have focused on laboratory-based experiments investigating heat-induced macroscopic changes to bone, their correlation with temperature and exposure duration, and the most suitable analytical methods [20; 21; 22; 64; 65]. Despite this substantial body of work, relatively few experimental studies have been conducted under outdoor conditions [62; 64; 66].

In this context, the present study aims to expand forensic knowledge regarding scavenged, thermally altered remains through field-based experimentation. The specimen labeled EU4A experienced 104 days of thanatological progression inside a vehicle cabin before being subjected to incineration was scavenged by *Lycalopex*, *Canis* and as lesser extent *Didelphis*. The earliest scavengers observed accessing

EU4B were *Leopardus* and *Lycalopex* on day 1 of the PMI, followed by *Felis* and *Canis* on day 7, and *Didelphis* on day 25. However, *Lycalopex* and *Canis* were the primary agents responsible for consumption and anatomical disruption in both experimental units. Scavenging activities involving disarticulation, dragging, and dispersal of EU4B's remains persisted for 30 days, ultimately covering an area of 314 m<sup>2</sup> surrounding the vehicle. *Lycalopex* was the dominant contributor to this process, followed by *Canis*.

Avian scavengers were also documented feeding on burned soft tissues—likely attracted by insect larvae—particularly *Furnarius* (ovenbird) and *Pitangus* (great kiskadee). EU4A's remains were predominantly consumed by *Canis*, with *Didelphis* playing a lesser role even after 135 days of PMI.

Preliminary observations suggest that fire-related alterations on skeletal elements may reflect the decomposition stage at the time of burning. For instance, articulations in EU4B exhibited no evidence of thermal damage, whereas EU4A showed burn traces on the joint regions of carpal bones, phalanges, ribs, and vertebrae. This pattern suggests that fire affected anatomical elements that were already skeletonized or undergoing advanced decomposition.

Research involving the burning of whole bodies [67; 68] underscores the complexity of combustion processes, as burn rates vary depending on anatomical region and tissue

composition [68]. Our findings highlight the importance of distinguishing between remains burned with intact soft tissue and those burned in a decomposed or skeletonized state. Such differentiation can enhance reconstructions of events spanning the PMI and the thermal incident.

In summary, this study underscores the value of field-based experimental research in complementing controlled laboratory findings. There is a clear need for additional experimental studies employing both simultaneous and diachronic designs to improve our understanding of burned human remains. A more refined understanding of how combustion interacts with decomposition is critical for improving PMI estimation. Currently, the applicability of traditional PMI estimation methods to fire-modified remains remain uncertain. Identifying specific decomposition patterns and rates in charred bodies can significantly aid forensic investigators in planning recoveries and reconstructing perimortem and postmortem events [31].

Finally, ecological perspectives remain underutilized in forensic taphonomy. We strongly advocate for the integration of concepts, study designs, and expertise from related disciplines. Biological remains are subject to extensive modification by scavengers, leading to the destruction of tissues, dispersal of skeletal elements, and scattering of personal effects [68]. Integrating forensic case data with controlled experimental research provides a critical foundation for generating new insights essential for interpreting complex forensic contexts.

#### CREDIT AUTHORSHIP CONTRIBUTION STATEMENT.

**Atilio Nasti:** Writing – original draft, Writing – review & editing, Supervision, Project administration, Investigation, Formal analysis, Conceptualization. **Iván Díaz:** Formal analysis, writing – original draft, Writing – review & editing, Conceptualization.

#### ACKNOWLEDGEMENTS.

The authors would like to express their gratitude to the authorities, staff, and students of IUGNA for their support and assistance during the research activities.

#### 7. REFERENCES .

1. TURNER-WALKER G. Early bioerosion in skeletal tissues: persistence through deep time. *Neues Jahrb Geol Paläontol Abh.* 2012;265:165-83.
2. DEHAAN J. Fire and bodies. In: Schmidt CW, Symes SA, editors. *Analysis of Burned Human Remains.* London: Academic Press; 2008. p. 1-14.
3. SYMES SA, RAINWATER CW, CHAPMAN EN, GIPSON DR, PIPER AL. Patterned thermal destruction of human remains in a forensic setting. In: Schmidt CW, Symes SA, editors. *Analysis of Burned Human Remains.* London: Academic Press; 2008. p. 15-54.
4. ANDERSON GS. Human decomposition and forensics. In: Benbow ME, Tomberlin JK, Tarone AM, editors. *Carion Ecology, Evolution, and Their Applications.* 2nd ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2026. p. 1-19.
5. MONETTI L, VOULGARI M, KARAGIORGOU I, MORAITIS K. Macroscopic determination of the pre-burning condition of human remains recovered from an unusual forensic context: a case report. *J Forensic Leg Med.* 2021;78:102115. doi:10.1016/j.jflm.2020.102115
6. DE BOER HH, ROBERTS J, DELABARDE T, MUNDORFF AZ, BLAU, S. Disaster victim identification operations with fragmented, burnt, or commingled remains: experience-based recommendations. *Forensic Sci Res.* 2020;5:191-201. doi: 10.1080/20961790.2020.1751385
7. BLAU S. It's all about the context: reflections on the changing role of forensic anthropology in medico-legal death investigations. *Aust J Forensic Sci.* 2018;50:1-11. doi:10.1080/00450618.2017.1422022.
8. KUNASILAN S, MENARD H, HACKMAN L. The role of forensic anthropologist in mass disaster: a bibliometric analysis. *Aust J Forensic Sci.* 2024;56(sup1):63-5. doi:10.1080/00450618.2024.2442370.
9. THOMPSON, TJU. Recent advances in the study of burned bone and their implications for forensic anthropology. *Forensic Sci Int.* 2004;146:S203-5. doi:10.1016/j.forsciint.2004.09.063.
10. BOHNERT M, ROST T, POLLAK S. The degree of destruction of human bodies in relation to the duration of the fire. *Forensic Sci Int.* 1998;95:11-21. doi:10.1016/S0379-0738(98)00076-0.
11. EMANOVSKY P, HEFNER JT, DIRKMAAT DC. Can sharp force trauma to bone be recognized after fire modification? An experiment using *Odocoileus virginianus* (white-tailed deer) ribs. In: Proceedings of the Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences; 2002 Feb 11-16; Atlanta, GA. Colorado Springs (CO): AAFS; 2002. p. 214-5.

12. FRANCESCHETTI L, MAZZUCCHI A, MAGLI F, COLLINI F, GAUDIO D, CATTANEO C. Are cranial peri-mortem fractures identifiable in cremated remains? A study on 38 known cases. *Leg Med (Tokyo)*. 2021;49:101850. doi: 10.1016/j.legalmed.2021.101850.
13. MATA-TUTOR P, VILLORIA-ROJAS C, MÁRQUEZ-GRANT N, ÁLVAREZ DE BUERGO BALLESTER M, PÉREZ-EMA N, BENITO-SÁNCHEZ M. Measuring dimensional and morphological heat alterations of dismemberment-related tool marks with an optical roughness meter. *Int J Legal Med*. 2022;136:342-56. doi:10.1007/s00414-021-02627-7.
14. SUÁREZ-PENARANDA JM, MUÑOZ JI, LOPEZ DE ABAJO B, VIEIRA DN, RICO R, ALVAREZ T, CONCHEIRO L. Concealed homicidal strangulation by burning. *Am J Forensic Med Pathol*. 1999;20:141-4. doi:10.1097/0000433-199906000-00007.
15. FANTON L, JDEED K, TILHET-COARTET S, MALICIER D. Criminal burning. *Forensic Sci Int*. 2006;158:87-93. doi: 10.1016/j.forsciint.2005.04.040.
16. HADDAD SY, HADDADIN KJ, ABU-SAMEN M, WREIKAT MW, HADDAD AI. Suicide attempted by burning: a three-year study. *Ann Burns Fire Disasters*. 1998;11:201-5.
17. FAIRGRIEVE SI. *Forensic Cremation Recovery and Analysis*. CRC Press; 2007. doi:10.1201/9781420008746.
18. ZANETTI NI, FERRERO AA, CENTENO ND. Scavenging activity of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae) on burned cadaveric tissue. *Neotrop Entomol*. 2019;48:1001-13. doi: 10.1007/s13744-019-00698-1.
19. SYMES SA, RAINWATER CW, CHAPMAN EN, GIPSON DR, PIPERAL. Patterned thermal destruction in a forensic setting. In: SCHMIDT CW, SYMES SA, editors. *The Analysis of Burned Human Remains*. 2nd ed. London: Academic Press; 2015. p. 17-60.
20. GONÇALVES D, THOMPSON TJU, CUNHA E. Implications of heat-induced changes in bone on the interpretations of funerary behavior and practice. *J Archaeol Sci*. 2011;38:1308-13. doi: 10.1016/j.jas.2011.01.006.
21. THOMPSON TJU, ULGUIM PF. Burned human remains. In: BLAU S, UBELAKER DH, editors. *Handbook of Forensic Anthropology and Archaeology*. 2nd ed. New York: Routledge; 2016. p. 433-43.
22. UBELAKER DH. The forensic evaluation of burned skeletal remains: a synthesis. *Forensic Sci Int*. 2009;183:1-5. doi: 10.1016/j.forsciint.2008.09.019.
23. CARROLL EL, SMITH M. Burning questions: investigations using field experimentation of different patterns of change to bone in accidental vs deliberate burning scenarios. *J Archaeol Sci Rep*. 2018;20:952-63. doi: 10.1016/j.jasrep.2018.02.001.
24. BALDINO G, MONDELLO C, SAPIENZA D, STASSI C, ASMUNDO A, GUALNIERA P, VANIN S, VENTURA SPAGNOLO E. Multidisciplinary forensic approach in "complex" bodies: systematic review and procedural proposal. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13:310. doi: 10.3390/diagnostics13020310.
25. DEHAAN JD. Sustained combustion of bodies: some observations. *J Forensic Sci*. 2012;57:1578-84. doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02190.x.
26. KEYES CA. How reliable is the charred body scale? An inter-observer reliability study on scoring burned remains. *Burns*. 2019;45:1673-9. doi: 10.1016/j.burns.2019.02.012.
27. IMAIZUMI K. Forensic investigation of burnt human remains. *Res Rep Forensic Med Sci*. 2015;5:67-74. doi: 10.2147/RRFMS.S75141.
28. WILLIAMS AN. *A New Classification System for Analyzing Burned Human Remains* [master's thesis]. Missoula (MT): University of Montana; 2020.
29. GRUENTHAL AM, MOFFATT C, SIMMONS T. Differential decomposition patterns in charred versus un-charred remains. *J Forensic Sci*. 2012;57(1):12-8. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.01909.x.
30. DEHAAN JD, CAMPBELL SJ, NURBAKHSH S. Combustion of animal fats and its implication for the consumption of human bodies in fires. *Sci Justice*. 1999;39:27-38. doi: 10.1016/S1355-0306(99)72011-3.
31. THOMPSON TJU, CHUDEK JA. A novel approach to the visualisation of heat-induced structural change in bone. *Sci Justice*. 2007;47(2):99-104. doi: 10.1016/j.scijus.2006.05.002.
32. BEACH JJ, PASSALACQUA NV, CHAPMAN EN. Tooth color: temperature versus duration of exposure. In: SCHMIDT CW, SYMES SA, editors. *The Analysis of Burned Human Remains*. 2nd ed. London: Academic Press; 2015. p. 137-44.
33. BASS WM, DRISCOLL PA. Summary of skeletal identification in Tennessee: 1971-1981. *J Forensic Sci*. 1983;28(1):159-68.
34. KOMAR DA. Lessons from Srebrenica: the contributions and limitations of physical anthropology in identifying victims of war crimes. *J Forensic Sci*. 2003;48:713-6.
35. KLIPPEL WE, SYNSTELIEN JA. Rodents as taphonomic agents: bone gnawing by brown rats and gray squirrels. *J Forensic Sci*. 2007;52(4):765-73. doi: 10.1111/j.1556-4029.2007.00467.x.
36. WILLEY P, SNYDER LM. Canid modification of human remains: implications for time-since-death estimations. *J Forensic Sci*.

- 1989;34(4):894-901.
37. INDRAL, LÖSCH S, ERRICKSON D, FINAUGHTY D. Forensic experiments on animal scavenging: a systematic literature review on what we have and what we need. *Forensic Sci Int.* 2023;347:111862. doi: 10.1016/j.forsciint.2023.111862.
38. SINCERBOX SN, DIGANGI EA. What big teeth you have: taphonomic signatures of North American scavengers. In: SINCERBOX SN, DIGANGI EA, editors. *Forensic Taphonomy and Ecology of North American Scavengers*. London: Elsevier; 2018. p. 64-148. doi: 10.1016/B978-0-12-813243-2.00005-1.
39. BECK J, OSTERICHER I, SOLLISH G, DE LE S, DESERT S. Animal scavenging and scattering and the implications for documenting the deaths of undocumented border crossers in the Sonoran Desert. *J Forensic Sci.* 2015;61(1):11-20. doi: 10.1111/1556-4029.12597.
40. INAGAKI A, ALLEN ML, MARUYAMAT, YAMAZAKI K, TOCHIGI K, NAGANUMA T, KOIKE S. Carcass detection and consumption by facultative scavengers in forest ecosystem highlights the value of their ecosystem services. *Sci Rep.* 2022;12(1):16451. doi: 10.1038/s41598-022-20465-4.
41. STEADMAN DW, WORNE H. Canine scavenging of human remains in an indoor setting. *Forensic Sci Int.* 2007;173:78-82. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.11.011.
42. BUSCHMANN C, SOLARINO B, PU K, CZUBAIKO F, HEINZE S, TSOKOS M. Post-mortem decapitation by domestic dogs: three case reports and review of the literature. *Forensic Sci Med Pathol.* 2011;7:344-9. doi: 10.1007/s12024-011-9233-x.
43. ERKOLZ, HÖSÜKLER E. Postmortem animal attacks on human corpses. In: *Forensic Science and Criminology*. Rijeka: InTech; 2017. p. 35-56. doi: 10.5772/intechopen.72929.
44. BUTLER-VALVERDE MJ, DEVAULT TL, RHODES OE JR, BEASLEY JC. Carcass appearance does not influence scavenger avoidance of carnivore carrion. *Sci Rep.* 2022;12:18842. doi: 10.1038/s41598-022-22297-8.
45. SCHMIDT CW, SYMES SA, editors. *The Analysis of Burned Human Remains*. 2nd ed. London: Academic Press; 2015.
46. NASTI A. Jerarquía, competencia y carroñeo: hacia la construcción de un modelo tafonómico forense para el área periurbana de la Ciudad de Buenos Aires. *Rev Int Antropol Odontol Forense.* 2024;7(2):50-74.
47. MULVANY SH, CANCIANI MH, PÉREZ SAFONTAS M, SÁNCHEZ ACTIS T, TANGORRA M, SAHADE E. Inventario de humedales de la provincia de Buenos Aires. In: XXI Jornadas de Geografía de la UNLP; 2019 Oct 9-11; La Plata, Argentina. La Plata: Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP); 2019. p. 1-12.
48. Ramsar Convention Secretariat. *Perspectiva mundial sobre los humedales: estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas*. Gland (Suiza): Secretaría de la Convención de Ramsar; 2018.
49. WERTHEIMER M, PEREIRA P. Conservación de humedales en contextos de disputas por acceso al suelo urbano: el caso de la Reserva Natural de Ciudad Evita (Buenos Aires–Argentina). *Rev Vivienda Ciudad.* 2020;7:1-20.
50. MILES KL, FINAUGHTY DA, GIBBON VE. A review of experimental design in forensic taphonomy: moving towards forensic realism. *Forensic Sci Res.* 2020;5(4):249-59. doi: 10.1080/20961790.2020.1792631.
51. SMITH JA, VAN DEN BROEK FA, MARTORELL JC, HACKBARTH JCH, RUKSENAS O, ZELLER W. Principles and practice in ethical review of animal experiments across Europe: summary of the report of a FELASA working group on ethical evaluation of animal experiments. *Lab Anim.* 2007;41(2):143-60. doi: 10.1258/002367707780378212.
52. MEGYESI MS, NAWROCKI SP, HASKELL N. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J Forensic Sci.* 2005;50(3):618-26. doi: 10.1520/JFS2004017.
53. DELANEY-RIVERA C, PLUMMER TW, HODGSON JA, FORREST F, HERTEL F, OLIVER JS. Pits and pitfalls: taxonomic variability and patterning in tooth mark dimensions. *J Archaeol Sci.* 2009;36(11):2597-608. doi: 10.1016/j.jas.2009.08.001.
54. TYAGI A, TYAGI S, MALIK N, CHAWLA H. Postmortem cadaveric depredation by animals – a diagnostic dilemma. *Int J Forensic Med Toxicol Sci.* 2016;1(1):20-3.
55. BYARD RW, JAMES RA, GILBERT JD. Diagnostic problems associated with cadaveric trauma from animal activity. *Am J Forensic Med Pathol.* 2002;23(3):238-44. doi: 10.1097/0000433-200209000-00006.
56. RIPPLEY A, LARISON NC, MOSS KE, KELLY JD, BYTHEWAY JA. Scavenging behavior of *Lynx rufus* on human remains during the winter months of Southeast Texas. *J Forensic Sci.* 2012;57(3):699-705. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.02017.x.
57. GARCÍA SA, ALEXANDER SMITH BA, BAIGENT MS, CONNOR M. The scavenging patterns of feral cats on human remains in an outdoor setting. *J Forensic Sci.* 2020;65(3):948-52. doi: 10.1111/1556-4029.14238.
58. CONNOR M, BAIGENT C, HANSEN ES. Testing the use of pigs as human proxies in decomposition studies. *J Forensic Sci.* 2018;63(5):1350-5. doi: 10.1111/1556-4029.13727.
59. ROSA J, MARQUES MP, GONÇALVES D, FERREIRA MT. Half a century of systematic research on heat-induced colour

- changes in bone – a review. *Sci Justice*. 2023;63:1-12. doi: 10.1016/j.scijus.2023.07.002.
60. SYMES SA, L'ABBÉ EN, CHAPMAN EN, WOLFF I, DIRKMAAT DC. Interpreting traumatic injury to bone in medicolegal investigations. In: DIRKMAAT DC, editor. *A Companion to Forensic Anthropology*. Chichester (UK): Wiley-Blackwell; 2012. p. 340-89.
61. MCKINLEY JI. Compiling a Skeletal Inventory: Cremated Human Bone. In: BRICKLEY M, MCKINLEY JI, editors. *Guidelines to the Standards for Recording Human Remains*. Southampton: BABAO; 2004. p. 9-13. (IFAPaper No. 7).
62. MCKINLEY JI, BOND JM. Cremated bone. In: WILLIAMS H, editor. *Cremation in Archaeology*. Oxford: Oxbow Books; 2015. p. 127-31.
63. ELLINGHAM STD, THOMPSON TJU, ISLAM M, TAYLOR G. Estimating temperature exposure of burnt bone – a methodological review. *Sci Justice*. 2015;55(3):181-8. doi: doi.org/10.1016/j.scijus.2014.12.002.
64. SNOECK C. Isotope analysis from cremated remains. In: SCHOTSMANS EMJ, MÁRQUEZ-GRANT N, FORBES SL, editors. *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*. Chichester (UK): Wiley-Blackwell; 2017. p. 273-89. doi: 10.1002/9781119682691.ch15.
65. JONUKS T, KONSAM. The revival of prehistoric burial practices: three archaeological experiments. *Folklore (Tartu)*. 2007;37:91-110. doi: 10.7592/FEJF2007.37.burial.
66. POPE EJ. *The Effects of Fire on Human Remains: Characteristics of Taphonomy and Trauma* [doctoral dissertation]. Fayetteville (AR): University of Arkansas; 2007.
67. GALLOWAY A, POPE E, JUAREZ C. Bone color changes and interpretation of the temperature/duration of fire exposure to human remains in the forensic context. *WIREs Forensic Sci*. 2024;6(4):e1517. doi: 10.1002/wfs2.1517.
68. MAVROUDAS SR, MECKEL LA, GOCHA TP, GOLDSTEIN JZ, GARZA SL. The effects of experimental whole-body burning on histological age-at-death estimation from human cortical bone and dental cementum. *Biology (Basel)*. 2022;11(11):1569. doi: 10.3390/biology11111569.