



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^{1,2}, Vazquez RC³; Schwab ME^{2,4}, Alonso Beltrán Y², Calpe Vicente A², Mezquida Fernández M², Murcia-Mascarós S⁵, Díez Castillo A¹, Gallello G^{1,5}.

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 CSeries 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					
Nº Muestra	Situación	Nº Muestra	Situación	Nº 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 las 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

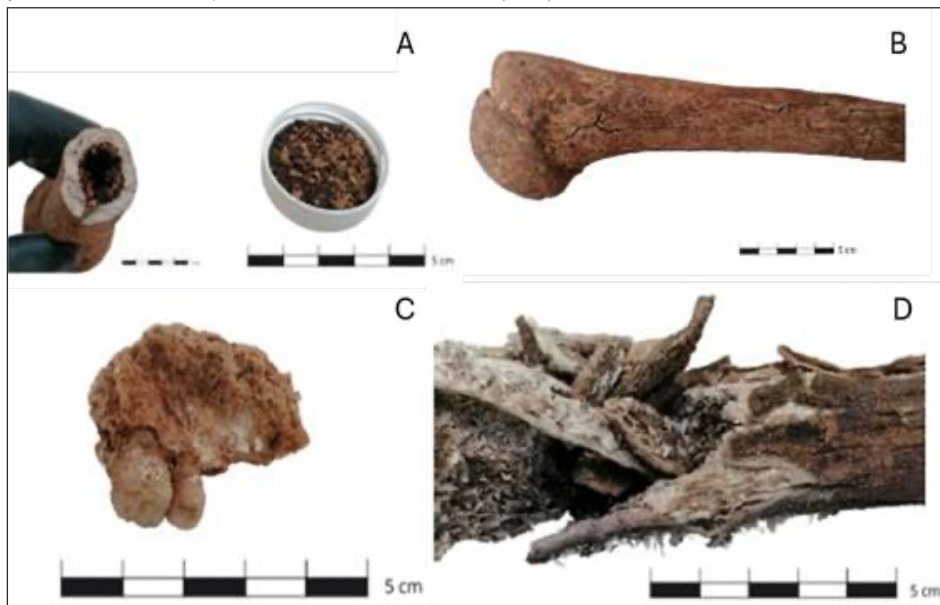
conseguido estimar para todos los individuos exhumados en la fosa común. Los resultados son coherentes con los datos ante mortem recopilados en la investigación preliminar, según los cuales todas las personas inhumadas en este caso serían hombres adultos entre los 24 y los 63 años. Asimismo, los datos 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).

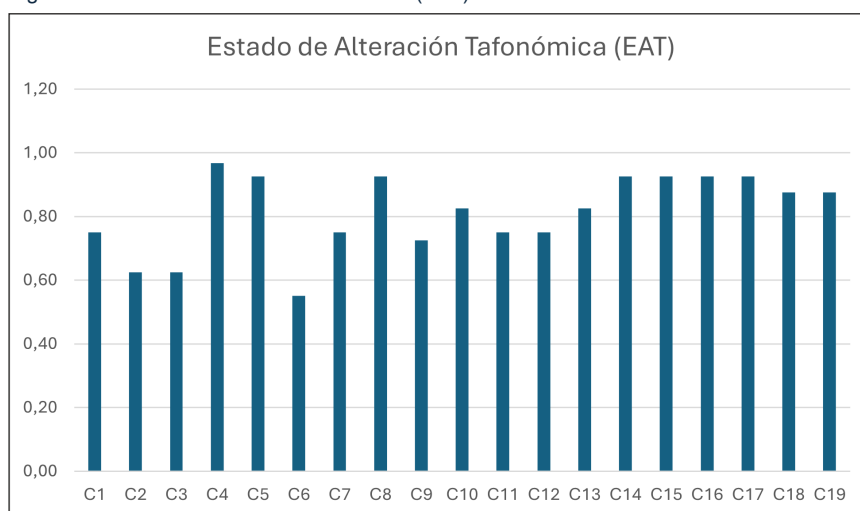
Figura 2. A: Huevos de Crasicitellata en el interior del húmero derecho (CS10). B: Grietas en el tercio proximal del húmero izquierdo (CS14). C: Hongos en el maxilar, PM2 y M1 (CS13). D: Recristalización y fracturas en el tercio proximal del fémur derecho del (CS7). Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón.



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.

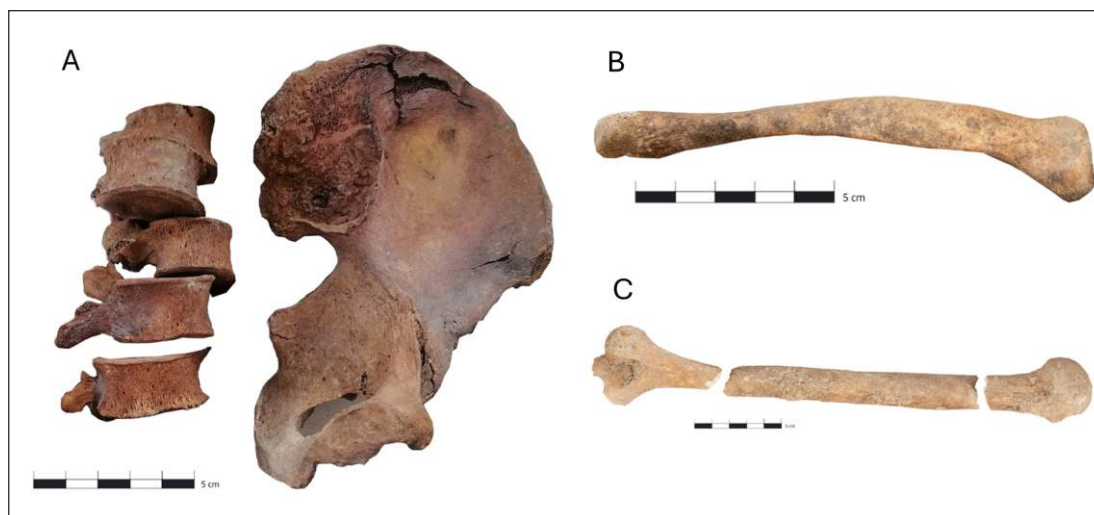
Figura 3. Estado de Alteración Tafonómica (EAT). Fila 14 del Cementerio Civil de Castellón.



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).

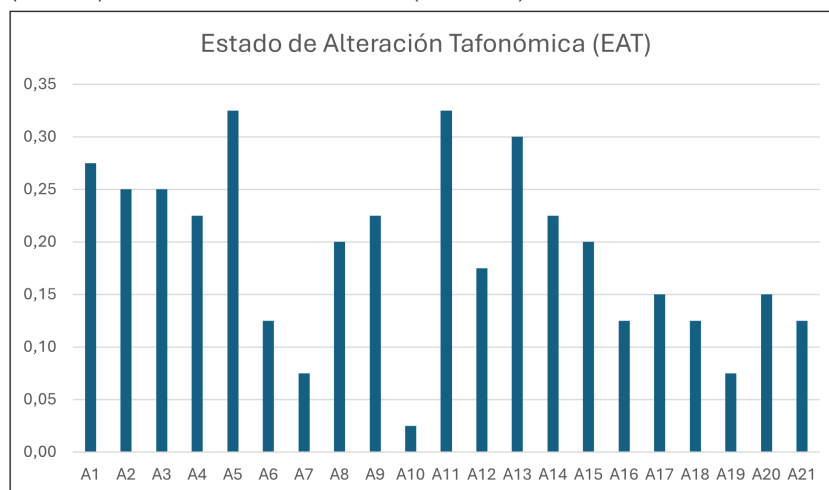
Figura 4. A: Coloración y grietas en vertebra lumbares (L1-L5) y coxal izquierdo del individuo 4. B: Marcas lineales de raíces en la clavícula derecha del individuo 7. C: Fracturas en tercios proximal y distal de la diáfisis del húmero derecho del individuo 3. Fosa 1 de Villar del Arzobispo (Valencia).



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-alcalina, 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-alcalina (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^{2+}) 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

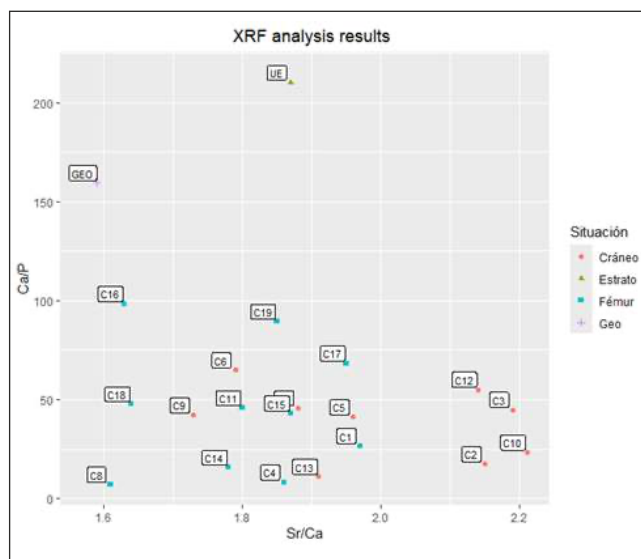
Tabla Supl. 2

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-alcálinas 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*, n° 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*, n° 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.