

ANTROPOLOGÍA FORENSE, CONSERVACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS. APLICACIÓN DE FOTOGRAMETRÍA DE RANGO CORTO EN ELEMENTOS ÓSEOS HUMANOS EN CÓRDOBA, ARGENTINA

FORENSIC ANTHROPOLOGY, CONSERVATION AND NEW TECHNOLOGIES. APPLICATION OF CLOSE-RANGE PHOTOMETRY IN HUMAN REMAINS IN CÓRDOBA, ARGENTINA

Pedro Müller<sup>1</sup>, Henrik B. Lindsoug<sup>2</sup>, Claudina V. González<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Email: [pedromuller079@gmail.com](mailto:pedromuller079@gmail.com)

<sup>2</sup> Escuela Nacional de Ciencias Forenses, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. Instituto de Antropología de Córdoba (IDACOR) - CONICET, Córdoba, Argentina.

Email: [henrik@enacif.unam.mx](mailto:henrik@enacif.unam.mx) <https://orcid.org/0000-0002-4003-1173>

<sup>3</sup> Instituto de Antropología de Córdoba (IDACOR) - CONICET. Museo de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Email: [cgonzalez@ffyh.unc.edu.ar](mailto:cgonzalez@ffyh.unc.edu.ar)

<https://orcid.org/0000-0002-3693-6471>

**Palabras clave**    **Resumen**

*antropología virtual patrimonio digital digitalización documentación modelo 3D*    *El presente trabajo tiene como objetivo aportar a la discusión de la incorporación de nuevas tecnologías para mejorar la conservación de elementos óseos humanos, a partir de la implementación de una técnica como fotogrametría de rango corto. El estudio se llevó a cabo con cráneos humanos que se encuentran bajo cuidado del Instituto de Medicina Forense (IMF) de la Provincia de Córdoba, Argentina. La antropología forense y la fotogrametría componen en su conjunto, un campo de estudio interdisciplinario donde se centra nuestro objetivo, el incorporar nuevas técnicas de procesamiento y conservación de elementos humanos sensibles. La incorporación de una técnica digital en la práctica de esta disciplina permite proponer un abordaje desde otra mirada a problemáticas específicas de este campo, facilitando generar nuevas posibilidades explicativas a cuestiones que continuamente surgen durante las labores tradicionales de las disciplinas forenses. En este sentido, a largo plazo, nos interesa generar una base de información que en el futuro sea transformada en un repositorio virtual con registros 3D de cráneos humanos de interés forense, bioantropológico, arqueológico e histórico. A corto plazo, se busca optimizar las tareas de registro y conservación de elementos óseos humanos mediante su digitalización tridimensional; para poder contribuir en las tareas de identificación y documentación de las investigaciones judiciales que ingresan a la institución. Por otro lado, nos interesa discutir algunos conceptos éticos centrados en la creciente digitalización de elementos óseos humanos y los cuidados que se deben priorizar para su correcta difusión considerando que por lo menos en nuestro país existe legislación que protege la exhibición de esqueletos humanos.*

---

Presentado 18/05/2024; Recibido con correcciones 03/10/2024; Aceptado: 30/10/2024

COMECHINGONIA. Revista de Arqueología. Vol. 29, X. Müller *et al*, pp. -

<https://doi.org/>

ISSN 0326-791/E-ISSN 2250-7728

---

**Keywords**

virtual  
anthropology  
digital heritage  
digitalization  
documentation  
3D model

**Abstract**

*The objective of this work is to contribute to the discussion of the incorporation of new technologies to improve the preservation of human remains, from the implementation of short-range photogrammetry. The study was carried out on human skulls that are under the care of the Institute of Forensic Medicine of the Province of Córdoba, Argentina. Forensic Anthropology and photogrammetry together make up an interdisciplinary field of study where our objective is focused on incorporating new documentation techniques for processing sensible remains and improving the conservation. The incorporation of a digital technique in the practice of this discipline allows us to propose an approach from another perspective to specific problems in this field, allowing the generation of new explanatory possibilities for issues that continually arise during the traditional work of forensic disciplines. In this sense, in the long term, we are interested in generating an information base that in the future will be transformed into a virtual repository with 3D records of human skulls of forensic, bioanthropological, historical and archaeological interest. In the short term, we seek to optimize the registration and conservation tasks of human remains through their three-dimensional digitization to be able to contribute to the identification and documentation tasks of judicial investigations that enter the institution. Likewise, we are interested in discussing some ethical concepts focused on the growing digitization of human remains and the care that must be prioritized for their correct diffusion considering that at least in our country there is legislation that protects the exhibition of human remains.*

**Introducción**

La incorporación de nuevas tecnologías en el campo de la antropología forense ha crecido exponencialmente durante los últimos años. La mayoría de estas tecnologías fueron desarrolladas dentro de otras disciplinas con otros fines, pero su aplicación dentro la antropología forense ha mejorado varios aspectos relacionados a la búsqueda en el campo de personas desaparecidas (EAAF 2021), al registro y documentación de casos, a la digitalización de sitios y escenas de crimen, especialmente con el uso de fotogrametría (Buck *et al.* 2013; Garvin y Stock 2016; Omari *et al.* 2021). Este giro digital ha permeado a todas las ramas de la antropología y/o la arqueología, en particular en el registro, conservación, procesamiento y representación de datos en varios aspectos (Charquero Ballester y López Lillo 2012; Evin *et al.* 2016; Fau *et al.* 2016; González Ballesteros *et al.* 2023; Lorenzo *et al.* 2019; Müller 2022). Dentro este marco, las tecnologías digitales son herramientas

que acompañan el proceso de producción de datos antropológicos en las diferentes etapas de trabajo, y se caracterizan por la forma de registrar (fotografía estereoscópica, escáner láser, sistemas de información geográfica, etc.) y representar (pares estereoscópicos, impresiones 3D, realidad virtual) determinados tipos de datos (Boast y Biel 2011; Crowder *et al.* 2020; Izaguirre 2014). Últimamente, muchos trabajos se han enfocado en la digitalización de elementos óseos humanos<sup>1</sup> en diferentes aspectos, en particular en las ciencias forenses (Katz y Friess 2014; Kettner *et al.* 2011; Morgan *et al.* 2019; White y Smith 2018; White *et al.* 2018). Asimismo, la relevancia de la digitalización de los archivos documentales y diferentes tipos de colecciones en museos y otras instituciones ha crecido y es cada vez más importante para generar un mejor acceso a la información para la investigación (Serrano-Ramo 2022). En este sentido, la digitalización y modelado 3D de objetos es cada vez más usado y significativo para mejorar y minimizar el uso de artefactos sensibles y frágiles como, por ejemplo,

elementos óseos humanos en instituciones que albergan series osteológicas<sup>2</sup> de diversa índole. Se considera que el cuidado del acervo cultural es cada vez más importante para la preservación del patrimonio para futuras generaciones.

En este trabajo se analizaron elementos óseos humanos que provienen de dos cementerios diferentes en la ciudad de Córdoba, Argentina, y están bajo resguardo del Instituto de Medicina Forense del Poder Judicial de la Provincia de Córdoba. En este sentido, nuestro trabajo viene a aportar, especialmente, en el campo de la conservación, a partir de la digitalización de objetos, que favorecer su preservación, evitando la manipulación que en el largo plazo puede producir daños irreparables por causa de mal manejo y por fragmentación mecánica. Se piensa que la fotogrametría es una herramienta de aplicación fácil y accesible para mejorar las condiciones de conservación de los archivos y objetos minimizando su manejo físico en las diferentes colecciones en instituciones como museos, y también podría ser muy útil en casos como institutos de medicina forense que albergan grandes series de elementos óseos. Estos materiales, obviamente, son elementos muy sensibles y requieren un tratamiento especial y digno ya que se trata de personas fallecidas. Teniendo en cuenta estas características especiales, la digitalización y generación de modelos 3D podría usarse para generar un manejo respetable y propiciar mejoras en su conservación a largo plazo.

Dentro del campo de la antropología digital, los modelos tridimensionales han cobrado relevancia, ya que la aplicación de las tecnologías digitales involucra procedimientos no invasivos para la obtención de muestras virtuales en investigaciones destinadas a estudios morfológicos, descriptivos, comparativos y funcionales. Así como también, en estudios enfocados en la preservación, materialización e intercambio pedagógico (Lussu y Marini 2020). Numerosas técnicas y procedimientos

han sido desarrolladas con esta finalidad y en asociación con determinados softwares, tales como la tomografía computarizada, la resonancia magnética, el escaneo láser y el escaneo de luz estructurada (Friess 2012; Weber y Bookstein 2011). Sin embargo, algunos de dichos procedimientos dependen de equipos costosos, operadores especializados y flujos de trabajo intrincados, lo cual implica una gran demanda de recursos como en el caso de la tomografía computarizada y el escaneo láser. Por otro lado, técnicas como el escaneo de luz estructurada, no requieren de un hardware y software costoso, pero la resolución no es suficiente para las reconstrucciones aplicadas en antropología (Lussu y Marini 2020; Profico *et al.* 2018; Randolph-Quinney *et al.* 2018).

Introducir un interrogante o problemática específica como primera instancia de trabajo es fundamental en el proceso de modelado tridimensional, ya que propone un desarrollo óptimo del proceso de investigación, mejorando la planificación de futuras líneas de indagación, reflexionando sobre las metodologías utilizadas en la adquisición de datos e incluso planteando una hipótesis de investigación, estableciendo como prioridad que el resultado final no sea solamente una mera representación llamativa y agradable de un objeto o un lugar (Principios de Sevilla 2001; Redman 1987).

Para evitar inconvenientes que pudieran surgir durante el proceso de trabajo con modelos tridimensionales digitales, han sido desarrollados estándares metodológicos internacionales como la Carta de Londres (2009) y los Principios de Sevilla (2011). Estos lineamientos están orientados a contrarrestar obstáculos e inconvenientes surgidos en el campo de la arqueología, específicamente en lo que respecta a la conservación del patrimonio cultural. Son considerados principios básicos que regulan la disciplina. La carta de Londres (2009) tiene como objetivo establecer una serie de principios para el uso de los métodos y de los

resultados de la visualización computarizada en el campo de la investigación y divulgación del patrimonio cultural. Esto implica ofrecer fundamentos sólidos sobre los cuales puedan elaborarse criterios y directrices detalladas sobre el rigor intelectual, el correcto acceso a los datos, el estudio, la interpretación y la gestión de los bienes culturales. Asimismo, proponen que las publicaciones donde se incorpore un modelo tridimensional digital deben realizarse de forma tal que permitan a otros investigadores repetir el proceso y evaluar la autenticidad del modelo resultante (Principios de Sevilla 2011). Los Principios de Sevilla (2011) se desarrollaron para ampliar las condiciones de aplicación de la Carta de Londres, definiendo la arqueología virtual como la disciplina dedicada a *“la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico”* (Principios de Sevilla 2011: 3). Esto abarca cualquier trabajo en el ámbito arqueológico que utilice tecnologías digitales para la visualización computarizada de objetos o sitios arqueológicos. Aunque estos principios no se ajustan directamente al ámbito de nuestro trabajo, y considerando que tanto la Carta de Londres (2009) como los Principios de Sevilla (2011) abarcan cualquier proyecto que emplee nuevas tecnologías relacionadas con la visualización asistida por computadora en el patrimonio arqueológico, ya sea para investigación, documentación, conservación o difusión, puede utilizarse como parámetros o guías a seguir.

En primer lugar, se debe definir un modelo tridimensional digital con base a un objetivo concreto. Interesa particularmente contribuir a la investigación y preservación de elementos óseos humanos en casos forenses e históricos no judicializados bajo resguardo del Servicio de Antropología Forense del Poder Judicial de la provincia de Córdoba, Argentina; y así, poder sentar las bases de un futuro repositorio digital, con el fin de mejorar las condiciones de registro y conservación a largo plazo de los elementos

allí alojados; utilizando la técnica de escaneo a partir de imágenes digitales por medio de la fotogrametría de rango corto. Se optó por esta técnica ya que es la más asequible de todas las que existen (TC, escáner láser, radiografía, etc.) y además solo requiere herramientas básicas para llevarla a cabo, como computadora, cámara réflex, trípode y un set de iluminación.

### **Fotogrametría de rango corto**

El objetivo principal que posee la fotogrametría es la reconstrucción de la geometría tridimensional a partir de imágenes bidimensionales, para la producción cartográfica o la reconstrucción de entidades espaciales (Balaguer 2018). Operando a partir de un modelo matemático de proyección de imagen centralizada, las coordenadas de una superficie se estiman identificando las características homólogas en dos o más imágenes tomadas desde diferentes perspectivas (Lussu y Marini 2020).

Dentro de la fotogrametría se pueden establecer divisiones en función de distintos criterios. Se puede clasificar según el número de imágenes empleadas, ya que se cuenta con la fotogrametría realizada con una sola imagen, la fotogrametría estereoscópica que utiliza pares de imágenes estereoscópicas, y la fotogrametría multimagen que utiliza dos o más imágenes. La fotogrametría de rango corto utiliza múltiples imágenes convergentes. A su vez, esta técnica se puede clasificar según la distancia entre la cámara y el objeto. En este sentido, se puede mencionar a la fotogrametría espacial basada en imágenes satelitales, la fotogrametría aérea que utiliza imágenes obtenidas desde plataformas aerotransportadas, la fotogrametría terrestre cuyas imágenes se obtienen desde la superficie terrestre, la fotogrametría de rango corto que trabaja a partir de imágenes obtenidas a una distancia inferior a 200 m, etcétera (Balaguer 2018; Luhman *et al.* 2014). La técnica utilizada para la obtención de modelos digitales

en tres dimensiones a partir de imágenes bidimensionales es conocida como *Structure from Motion* (SfM) (Dueñas García 2014). Básicamente, el proceso de producción de un modelo digital tridimensional consiste en operar un programa especializado, aplicando una cantidad de ajustes a partir de una serie de características comunes extraídas automáticamente de imágenes superpuestas.

La creación del algoritmo *Scale-Invariant feature transform* (SIFT) (Lowe 1999) permitió que sea posible detectar el contorno de un objeto en una imagen digital para extraer una cantidad de puntos necesarios que posibiliten la reconstrucción de su forma. A su vez, también es capaz de detectar el mismo objeto en más de una imagen. La proliferación de programas de computación que aplican los principios de SIFT y SfM permitió que el uso de la fotogrametría sea accesible para un público masivo.

En consonancia con estos desarrollos, ha habido una proliferación de programas especializados que ofrecen cadenas de procesamiento de imágenes capaces de generar productos digitales a partir de la interpretación y resolución automática de la geometría de la escena, las posiciones de la cámara y la orientación sin la necesidad de especificar un conjunto predefinidos de puntos de control (Nyimbili *et al.* 2016). Las opciones de programas destinados a la reconstrucción 3D de objetos automáticamente, a partir de series fotográficas, aplicando los principios de SfM y SIFT, son bastantes amplias. Probablemente, debido a la novedad de la aplicación de esta técnica, sumado al constante desarrollo de la capacidad de procesamiento y memoria informática, las investigaciones son bastantes heterogéneas en cuanto a elecciones de programas, métodos y calidad de los resultados 3D (Lussu y Marini 2020). Como han señalado diversos estudios (Kingsland 2020; Müller 2022), es fundamental considerar la decisión entre utilizar programa libre o con licencia. Esta

elección impacta directamente en el costo real de implementar una técnica, ya que las licencias pueden representar una inversión significativa. Además, la selección entre libre o con licencia no solo afecta el aspecto económico, sino también la facilidad de uso. Programas con licencia, como Agisoft Metashape, suelen ser preferidos por su interfaz intuitiva y su capacidad para optimizar el flujo de trabajo (Jaud *et al.* 2016; Vacca *et al.* 2018).

## Materiales

La totalidad de la muestra presentada corresponde a dos períodos cronológicos diferentes de la ciudad de Córdoba, Argentina. Por un lado, el primer caso de estudio se compone de personas provenientes de las exhumaciones realizadas por el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) durante la campaña del año 2004 en el Cementerio San Vicente y corresponde al periodo 1970-1980 (Olmo 2005; Olmo y Salado Puerto 2008). Por otro lado, el segundo caso de estudio se trata de elementos óseos de personas de origen histórico del sitio denominado La Zanja y corresponde al periodo 1886 y 1887 (Figura 1). Este sitio, se trata de una fosa sanitaria construida durante la epidemia de cólera de fines del siglo XIX en lo que en ese momento fue una zona rural de la actual ciudad de Córdoba (EAAF 2011; Sangripanti *et al.* 2013; Uribe 2011; Vega 2021). Los trabajos sobre ambos conjuntos óseos cumplen estrictos estándares éticos de protocolos nacionales e internacionales (AAPA 2003; Aranda *et al.* 2014) por parte de los investigadores a cargo. El monitoreo constante de los criterios éticos sobre el uso, manipulación y tratamiento de elementos óseos es fundamental para avanzar en la creación de modelos tridimensionales digitales con fines de conservación. De estos sitios se trabajó cinco casos pertenecientes al Cementerio San Vicente, tres de "El Crematorio" y dos de "El Paraíso", y dos casos pertenecientes "La Zanja" (Tabla 1).

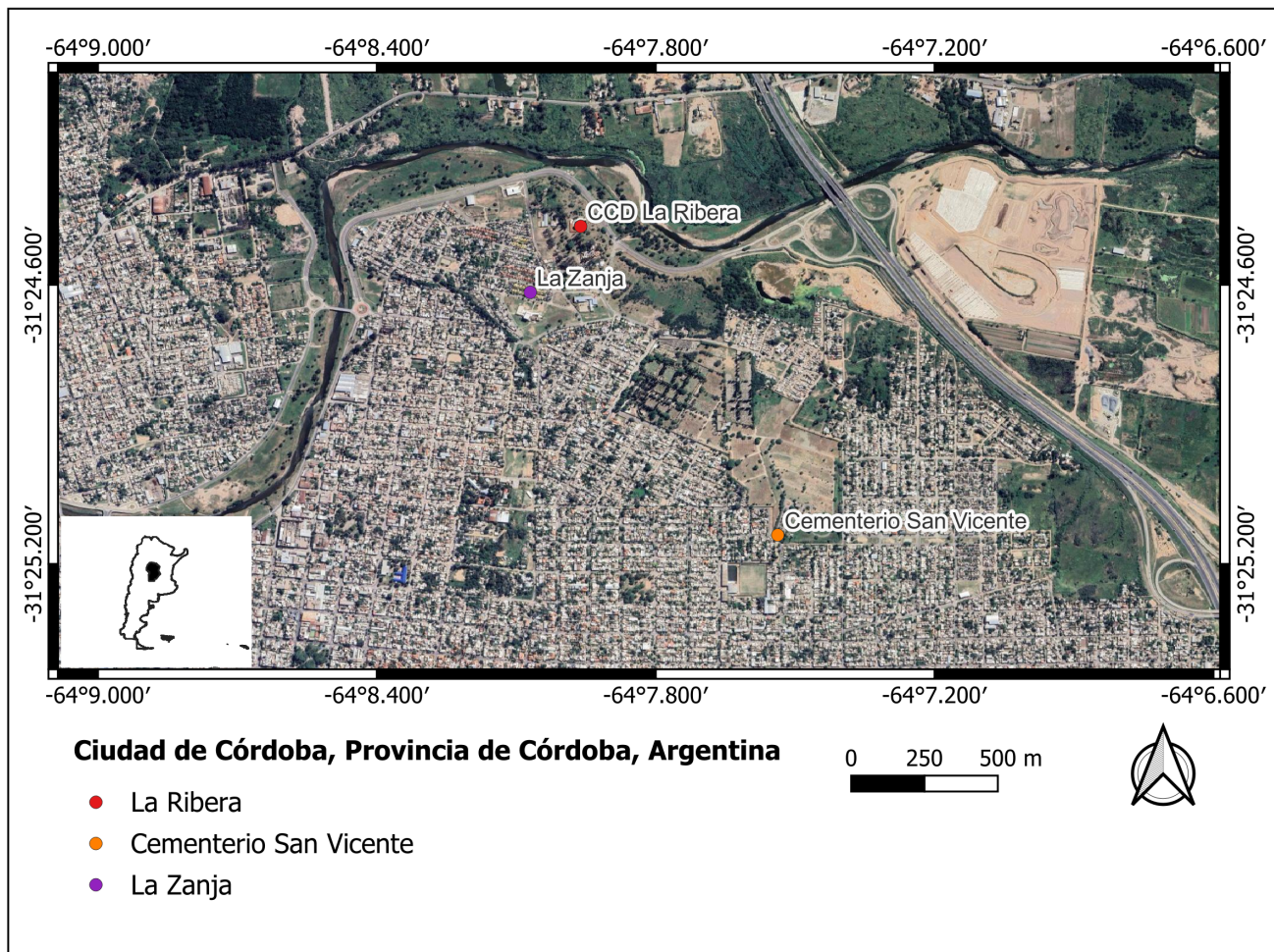


Figura 1. Mapa de la ciudad de Córdoba con la señalización de los sitios trabajados.

Sitio	Código	Sexo	Edad	Condición	Programa	Cámara
Cementerio San Vicente	SVEC08	M	45±15	Completo	Agisoft Metashape Professional 1.5.2 / Regard3d	NIKON D3400
Cementerio San Vicente	SVEC10	M	65±25	Incompleto	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D5000
Cementerio San Vicente	SVEC24	M	46±11	Incompleto	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D5000
El Paraíso	SVEP02	M	60±20	Completo	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D3400
El Paraíso	SVEP08	M	60±20	Completo	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D5000
La Zanja	LRTAE3	M	20±5	Incompleto	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D5000
La Zanja	LRTEE4	F	30±5	Incompleto	Agisoft Metashape Professional 1.5.2	NIKON D3400

Tabla 1. Información de los casos procesados.

## Cementerio San Vicente

El primer conjunto óseo corresponde a elementos óseos humanos de dos fosas comunes recuperados por el EAAF en el cementerio San Vicente, a partir de las tareas de exhumación iniciadas en el año 2002, en el marco de la causa judicial “Averiguación de Enterramientos Clandestinos”, tramitada ante el Juzgado Federal N° 3 de la ciudad de Córdoba. Esta excavación arqueológica consistió en explorar y excavar varias fosas comunes en principio (Olmo 2005) y luego fosas individuales. Sin embargo, en el caso particular de este trabajo, solo se analizó materiales de dos sitios: “El Crematorio” (Figura 2), y “El Paraíso” (Figura 3), de los cuales se determinó que los elementos óseos humanos de estas dos fosas comunes no forman parte de la causa judicial relacionado a las desapariciones durante la guerra sucia en Argentina. A grandes rasgos, las excavaciones realizadas en ambos sitios dieron como resultado el hallazgo y recuperación de 93 cuerpos humanos inhumados como NN, junto con sus materiales asociados. En el caso del sitio “El Crematorio” se recuperaron 53 individuos adultos y ocho fetos, y en el sitio “El Paraíso” restos pertenecientes a 40 individuos adultos.

Los elementos óseos analizados de este cementerio corresponden a períodos actuales, 1970-1980 (EAAF 2005; Olmo 2005). Los perfiles biológicos que se recuperaron de ambos sitios dieron como resultado un conjunto de individuos de edad adulta en la mayoría de los casos. Con respecto a la estimación del perfil sexual, el 80% pertenece al sexo masculino. Los análisis genéticos realizados sobre los elementos óseos estudiados revelaron que no correspondían a personas asesinadas e inhumadas clandestinamente durante la última dictadura militar. En cambio, los elementos óseos parecen pertenecer a individuos que fueron inhumados de manera irregular en

el cementerio o en un osario (Olmo 2005; Olmo y Salado Puerto 2008). La procedencia y formación de esta fosa común está siendo analizada actualmente.

## Sitio La Zanja

En las inmediaciones del Campo La Ribera, actualmente dentro del ejido de la ciudad de Córdoba, se ubica el sitio denominado “La Zanja” (Figura 1 y Figura 4). Los hallazgos realizados en este lugar ocurrieron en el año 2011, tras el descubrimiento de elementos óseos humanos por parte de trabajadores de una empresa constructora. En ese momento, se decide dar aviso a las autoridades correspondientes donde miembros del Poder Judicial conjuntamente con investigadores del EAAF quienes iniciaron las tareas de excavación y exhumación arqueológicas del lugar (EAAF 2011; Uribe 2011).

El resultado de la evaluación preliminar realizada por el EAAF (2011) determinó que, *a priori*, los elementos óseos eran humanos, no correspondían a poblaciones prehispánicas y pertenecían a más de un individuo. Como consecuencia, se consideró la hipótesis de una posible fosa común asociado al período de la última dictadura militar cuyos elementos óseos humanos encontrados se corresponderían a detenidos desaparecidos secuestrados en el Centro Clandestino de Detención Campo La Ribera, ubicado a menos de 200 m. Sin embargo, en las etapas de investigación arqueológica se pudo determinar que se trataba de un entierro programado, considerando la disposición de los cuerpos (decúbito dorsal), la presencia de ataúdes de madera, la profundidad de la inhumación, la presencia de capas de cal viva sobre cada uno de los cuerpos y la ausencia de algún indicio de muerte violenta (como heridas de proyectil) (Figura 4). Por lo tanto, esta primera hipótesis fue descartada (EAAF 2011).

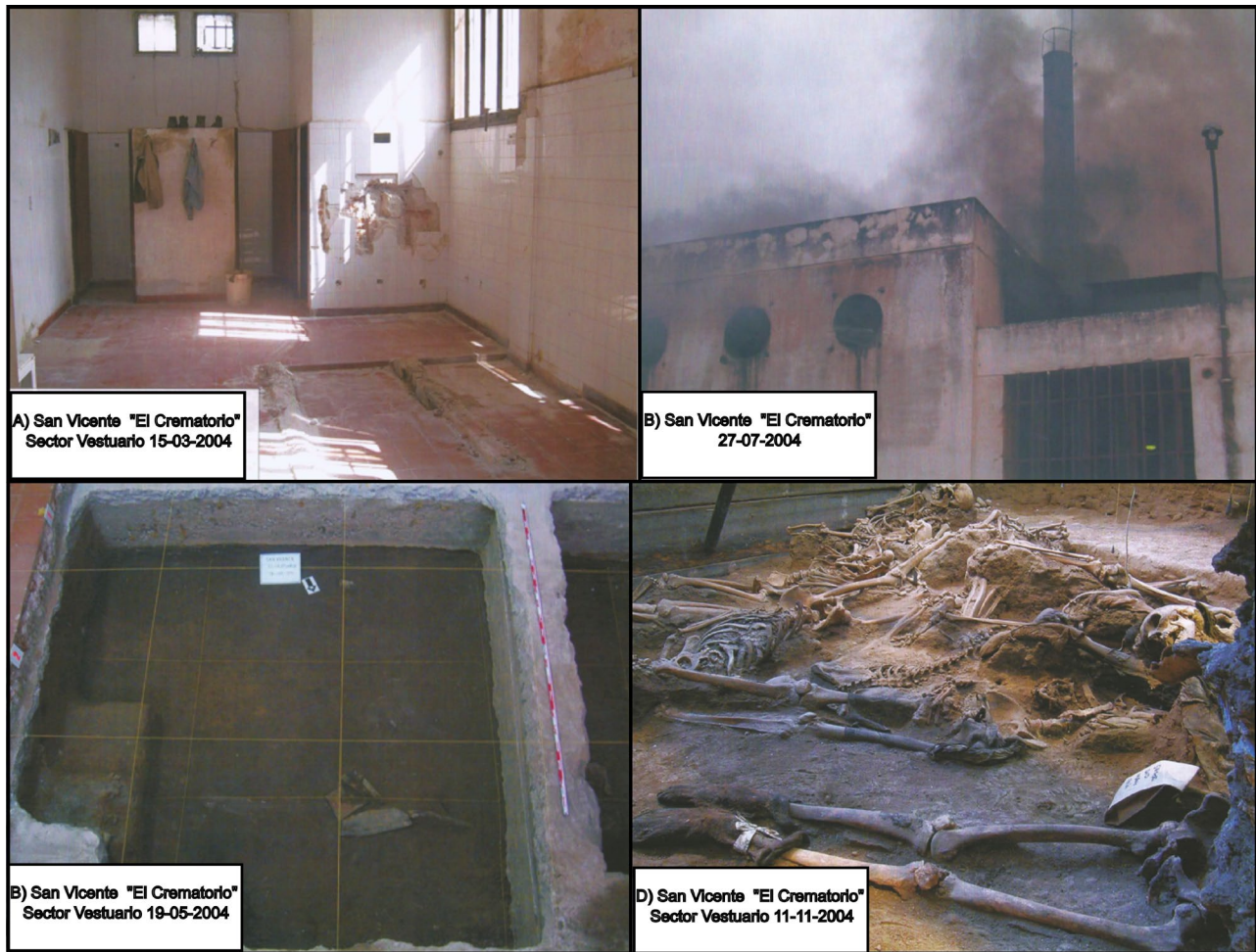


Figura 2. Imágenes del sitio "El Crematorio". a) edificio Crematorio del Cementerio San Vicente por dentro; b) Fachada externa del edificio Crematorio; c) Plano de la excavación; d) elementos óseos humanos en proceso de exhumación.

El punto clave para determinar que los individuos allí presentes pertenecen a las víctimas de la epidemia de cólera ocurrida en los años 1886 y 1887, fue a partir del análisis y entrecruzamiento de la información histórica y de la cultura material realizada por el Lic. Uribe (2011), quien pudo comprobar que se trataba de una fosa sanitaria de fines del siglo XIX, producto de una de las últimas epidemias de cólera que azotó al país y a la provincia. Por otro lado, en un análisis posterior, se comprobó que efectivamente por lo menos uno de los individuos inhumados había padecido de cólera (Ramírez *et al.* 2021; Vega 2021).

Actualmente, todas las muestras mencionadas son consultadas constantemente por investigadores del IMF e instituciones vinculadas al mismo. Tanto los elementos óseos pertenecientes al Cementerio San Vicente, como los del sitio La Zanja, se encuentran insertos en un plan de conservación y manejo de elementos óseos humanos para la Provincia de Córdoba, que contempla una sección destinada a la digitalización de los mismos a través del uso de la fotogrametría de rango corto.

### Metodología

En nuestro caso, se trabajó en gabinete bajo condiciones de luminosidad controlada. Como el objetivo de nuestro trabajo fue documentar una figura de tamaño mediano, con cientos de pequeñas rugosidades y detalles en escala milimétrica sumamente importantes, se optó



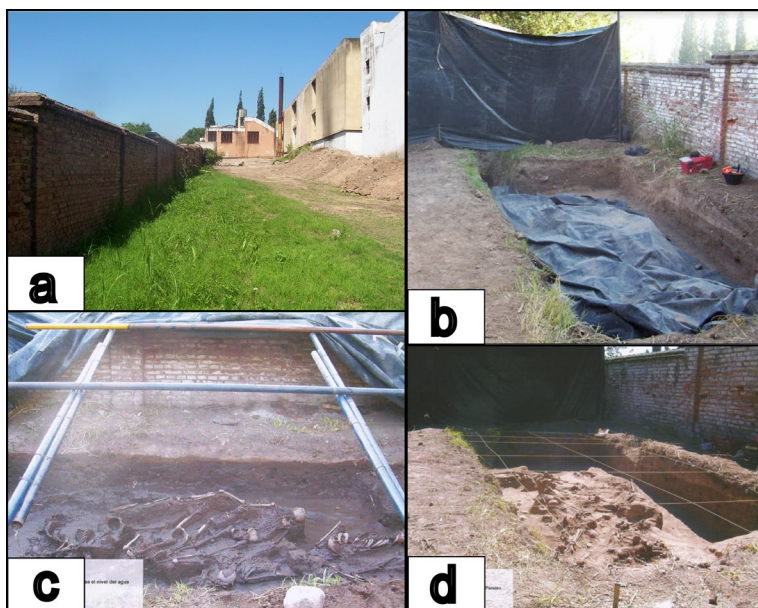


Figura 3. Imágenes del sitio “El Paraíso” Cementerio San Vicente. a) Vista desde el sitio “El Paraíso” hacia el Crematorio del Cementerio San Vicente por dentro; b) Excavación en proceso del sitio; c y d) Plano de la excavación y elementos óseos humanos en proceso de exhumación.

por realizar fotografías convergentes con un solape cada  $11,22^\circ$  desde una cámara fija con trípode. Para ello, se elaboró manualmente una plataforma giratoria redonda de madera, de un diámetro de 25 cm, de color blanco, adherida a un spinner (Figura 5). Dicha plataforma fue colocada dentro de un set de fotografía o caja de luz, también realizado de manera manual, de 40 cm de ancho por 50 de cm de alto, fabricada a los fines de actuar como un difusor de luz cuyo objetivo es evitar que la luz impacte directamente sobre el material óseo. Con respecto a la iluminación, se utilizaron tres focos leds fríos de 6500 k, con los cuales se intentó conservar el color natural de las piezas, de la mejor manera posible (Figura 5). En un proyecto fotogramétrico, esta estrategia de captura de imágenes se aplica normalmente sobre objetos aislados y pequeños presentes en espacios interiores, como habitaciones con iluminación regular (Lauria *et al.* 2022).

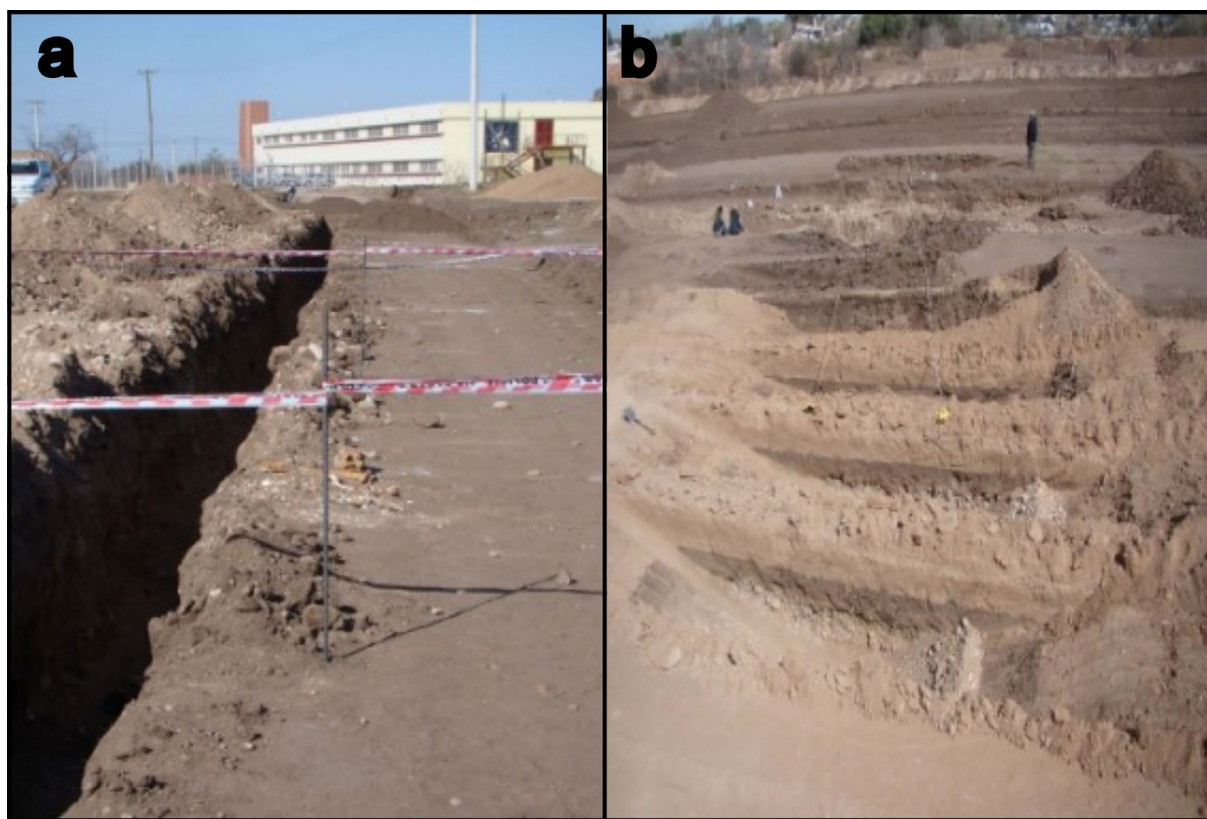


Figura 4. Sitio “La Zanja” a) vista panorámica; b) vista de las trincheras de la excavación.

Como ya se mencionó se trabajaron siete casos, tres de ellos provienen del sitio “El Crematorio”, dos del sitio “El Paraíso”, dos del sitio “La Zanja”. Considerando que el marco de tiempo está fuertemente influenciado por la resolución y el número de fotos, junto con el *hardware* utilizado (Lauria *et al.* 2022) se utilizó cámaras de rendimiento medio-alto y un *hardware* de rendimiento medio-alto montado por nosotros mismos, esto nos permitió obtener un modelo completo en aproximadamente doce horas de trabajo ininterrumpido.

En relación con la cámara de fotos y su configuración, se utilizaron una Nikon D3400 (resolución 24 megapíxeles) y una Nikon D5000 (12 megapíxeles), ambas configuradas en modo manual para lograr el máximo control sobre la exposición. Las variables más importantes a considerar en fotogrametría son la velocidad de captura, la apertura del diafragma y la sensibilidad ISO (Figura 6). Debido a que el trabajo se llevó a cabo en un ambiente cerrado con iluminación controlada, se usaron velocidades bajas. Las fotografías se realizaron en una caja de luz o set de fotografía, diseñado para evitar la propagación de sombras que podrían dificultar el modelado por parte del programa. En nuestro caso se utilizó ISO 200 y la configuración del diafragma fue seleccionada en f/16-f/22, evitando las zonas desenfocadas, asegurándonos de una buena profundidad de campo. El tiempo de exposición fue 1/4 s y la distancia focal 34 mm.

La combinación de estas tres variables afecta la calidad de las imágenes: un tiempo de exposición corto limita la exposición y obliga a abrir más el diafragma o aumentar el ISO; un tiempo más prolongado permite utilizar un número f alto y un ISO bajo, lo que mejora la nitidez y reduce el ruido. En situaciones de mayor tiempo de exposición, es imprescindible usar un trípode para mantener la estabilidad.

Para el procesamiento de las imágenes se utilizó Agisoft Metashape 1.5.2 profesional (Agisoft LLC). Una vez obtenida la nube de puntos, el siguiente paso fue generar una malla poligonal (*mesh*), que posteriormente se texturizó. A continuación, se realizaron trabajos de edición, incluyendo ajustes en el color y las escalas correspondientes (Charquero Ballester 2016).

Cada uno de los modelos 3D realizados se compone de un total de 192 imágenes. En primer lugar, se colocó el cráneo sobre una plataforma giratoria y se tomó una fotografía de la muestra cada 11.22°, posicionando el lente de la cámara desde un ángulo horizontal, 30° y 45°. Esto nos indica que se debe realizar tres vueltas en total, desde un plano anatómico e invertido. La cantidad de movimientos que realiza la plataforma es de 32. Dicho esto, si se consideró que son tres giros desde ambos planos (anatómico e invertido) y 32 movimientos de la cámara por cada giro, el resultado son 192 tomas fotográficas.

Por cuestiones prácticas, solamente han sido digitalizados los cráneos dejando aparte la mandíbula, ya que los inicios de esta investigación fueron experimentales como una posible respuesta al problema del deterioro del material biológico producto del paso del tiempo y la acción inevitable de agentes externos como hongos, plagas, temperaturas y humedad extremas, falta de condiciones óptimas de embalaje, etc. En este sentido, lo primordial fue generar un *corpus* de datos que comprobara y nos brindara un registro de la utilidad de dicha técnica para los fines de registro y conservación de los elementos osteológicos, junto con la obtención de un volumen de datos digitales que sirvan como cimientos para la conformación de un futuro repositorio digital, disponibles para su posterior análisis cualitativo y estudios cuantitativos.

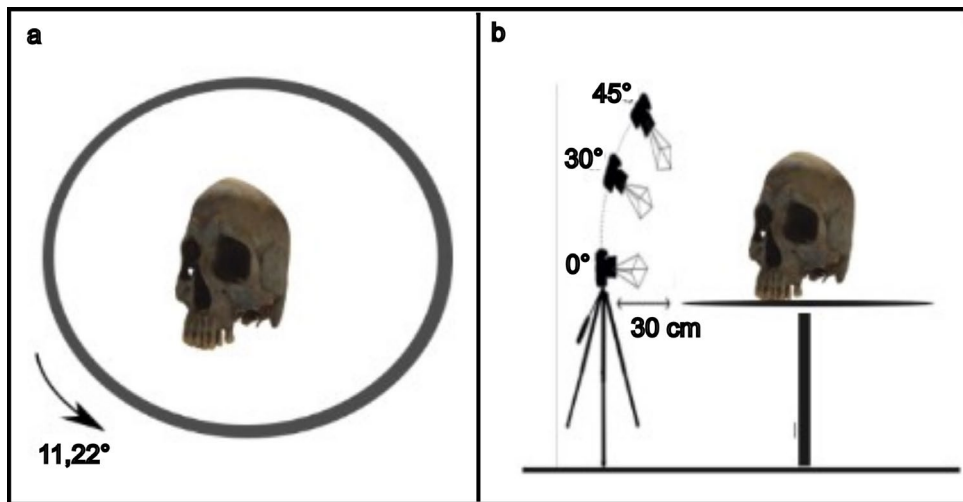


Figura 5. a) Ángulo de rotación de la plataforma giratoria (la vuelta completa nos permite realizar 32 fotografías); b) Ángulo de disparo de la cámara (se deben repetir tres veces, tres vueltas en cada ángulo del lente de la cámara, una vez en posición anatómica y otra en posición invertida).

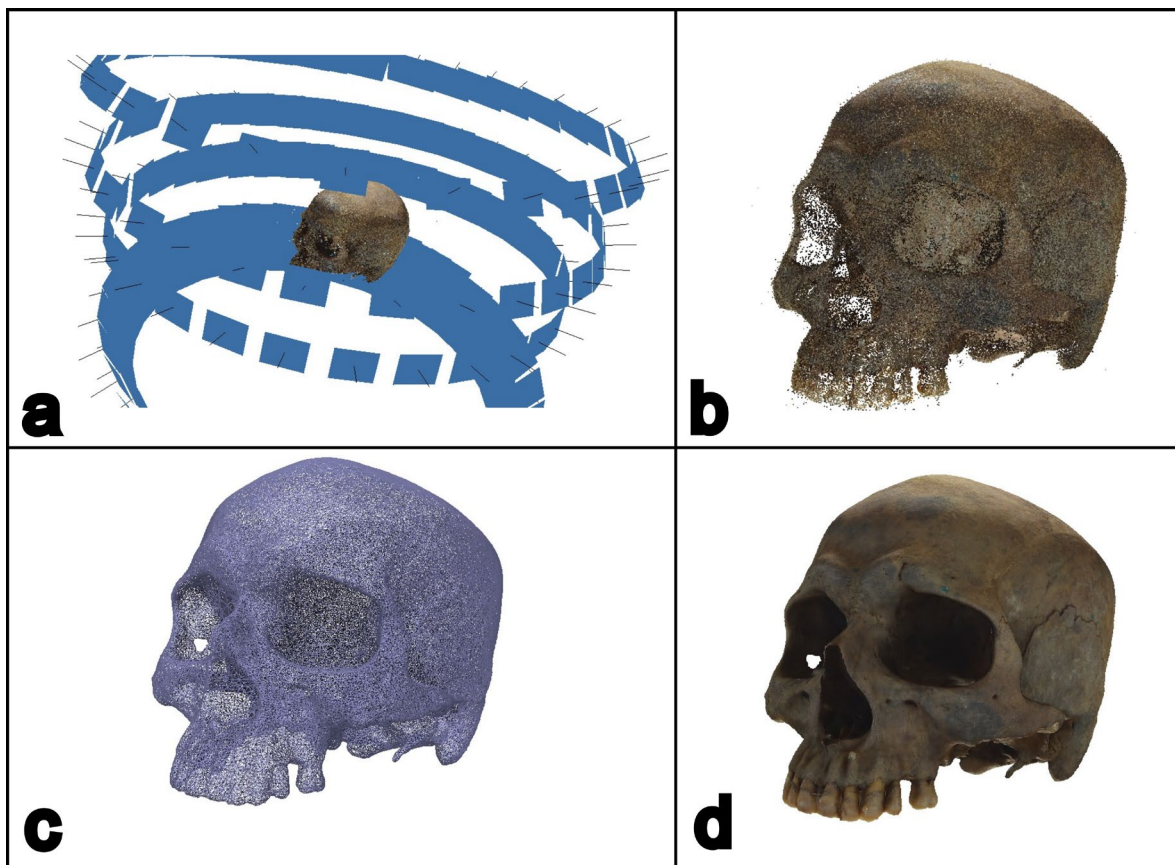


Figura 6. Flujo de trabajo (*workflow*). a) Posición de cámaras; b) Nube densa de puntos (*dense cloud*); 3) Malla (*mesh*); d) Textura (*texture*) Caso de San Vicente El Paraiso 08 (SVEP08).

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la implementación de la metodología de escaneo basado en imágenes digitales, utilizando fotogrametría de rango corto en cráneos humanos. Para la digitalización, se empleó el *software* Agisoft Metashape Professional 1.5.2 (Agisoft LLC) (ver Tabla 2). Esta técnica se aplicó a diversos cráneos almacenados en el IMF de la provincia de Córdoba, en el contexto de estudios bioantropológicos y forenses, particularmente en la reconstrucción del perfil osteobiográfico. Los elementos óseos analizados corresponden a períodos actuales (1970-1980) e históricos (1886-1887), lo que se refleja en el estado de preservación de las piezas, así como en las patologías y el desgaste asociado a cada época. La información presentada a continuación aborda las particularidades de cada caso, incluyendo la conservación de los elementos óseos, así como las dificultades y ventajas de la técnica aplicada tanto a cráneos completos como fragmentados. Estos cráneos fueron reconstruidos durante la etapa de análisis de laboratorio e inventario osteológico, llevado a cabo por otros investigadores en años anteriores.

## Casos digitalizados

### *San Vicente*

#### Caso SVEC08

Este caso corresponde a un cráneo de un individuo masculino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $45\pm 15$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Se encuentra en buen estado de conservación. No presenta lesiones pre y *perimortem*. Presenta pérdida ante mortem de piezas dentales 12 y 14 de cuadrante uno y, 22 y 24 de cuadrante dos. Pérdida *postmortem* de piezas dentales 17 y 18 de cuadrante uno y, 27 y 28 de cuadrante dos (Figura 7).

#### Caso SVEC10

Este caso corresponde al cráneo de un individuo masculino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuya edad oscila entre  $65\pm 25$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Se encuentra en buen estado de conservación. No presenta lesiones pre y *perimortem*, pero se observa pérdida de incisivos *antemortem* (cuadrante uno, piezas 11 y 12; cuadrante dos, piezas 21, 22) y pérdida

Código	Estado de conservación	Cantidad de imágenes	ISO	Diafragma	Nube de puntos densa	Malla, caras	Malla, vértices
SVEC08	Bueno	192	200	f/16-f/22	17.937.231	4.732.526	2.371.433
SVEC10	Bueno	192	200	f/16-f/22	9.810.308	982.238	1.936.100
SVEC24	Bueno	192	200	f/16-f/22	8.083.253	92.208	46.090
SVEP02	Bueno	192	200	f/16-f/22	12.171.450	1.115.41	557.783
SVEP08	Bueno	192	200	f/16-f/22	10.002.759	130.052	65.018
LRTEE3	Regular	192	200	f/16-f/22	16.761.361	2.869.000	1.436.914
LRTEE4	Regular	192	200	f/16-f/22	18.531.180	2.765.581	1.386.013

Tabla 2. Cantidad de tomas/puntos en las reconstrucciones de los cráneos digitalizados.

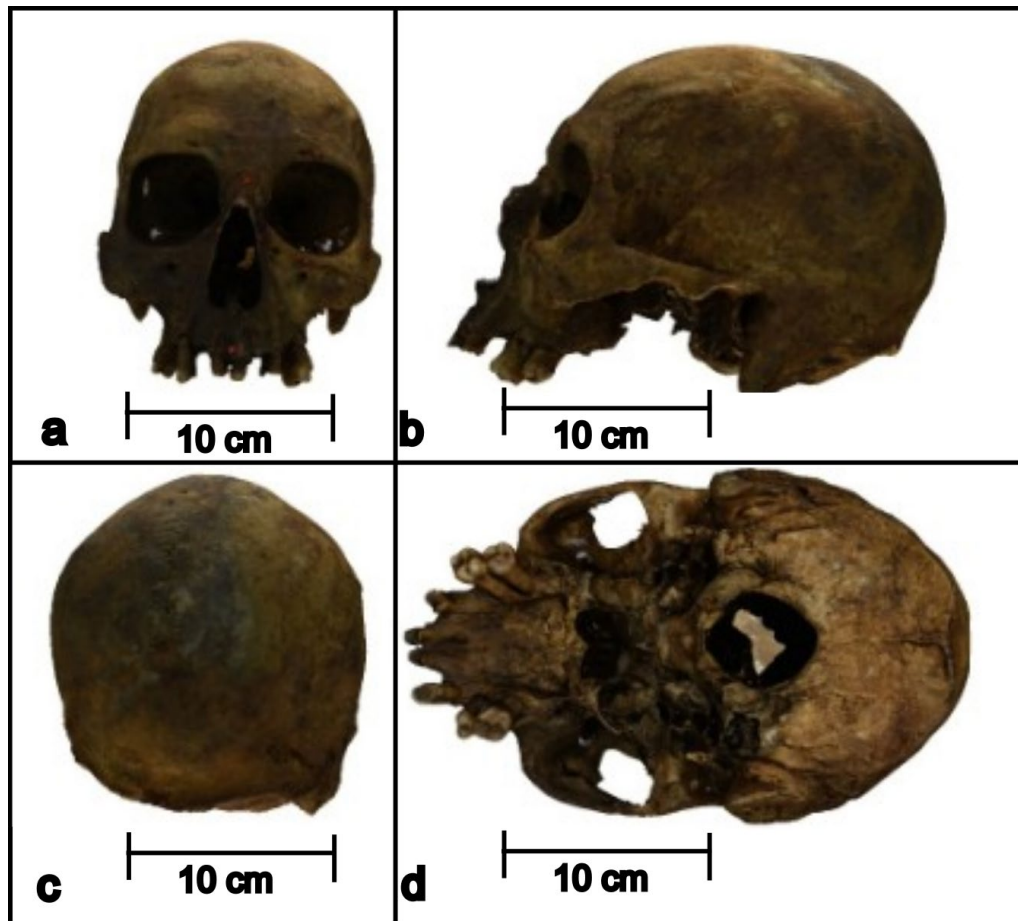


Figura 7. N° SVEC08. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

*postmortem* de premolares en cuadrante dos, piezas 24, 25, 26 y 28 (Figura 8). A su vez, se observa la presencia de cálculos dentales en molares, premolares y caninos.

#### Caso SVEC24

Este caso corresponde a un cráneo de un individuo masculino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $46 \pm 11$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Se encuentra en buen estado de conservación. No presenta lesiones pre y *perimortem*. Se puede observar pérdida ante mortem de piezas dentales 15, 16, y 18 en cuadrante uno y daño erosivo *postmortem* de pieza 14 en mismo cuadrante; pérdida *antemortem* de piezas dentales 25, 27 y 28 de cuadrante dos (Figura 9).

#### Caso SVEP02

Este caso corresponde al cráneo de un individuo masculino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $60 \pm 20$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Se encuentra en buen estado de conservación. Se pueden observar prótesis metálicas en orificios de trepanación en región anterior de ambos parietales. Se puede observar ausencia total *premortem* de las piezas dentales (Figura 10).

#### Caso SVEP08

Este caso corresponde al cráneo de un individuo masculino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $60 \pm 20$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Se encuentra en buen estado de conservación. Presenta un leve daño erosivo *postmortem* en cóndilo occipital derecho. Se puede observar ausencia total *premortem* de las piezas dentales, exceptuando la número 23 del cuadrante dos (Figura 11).

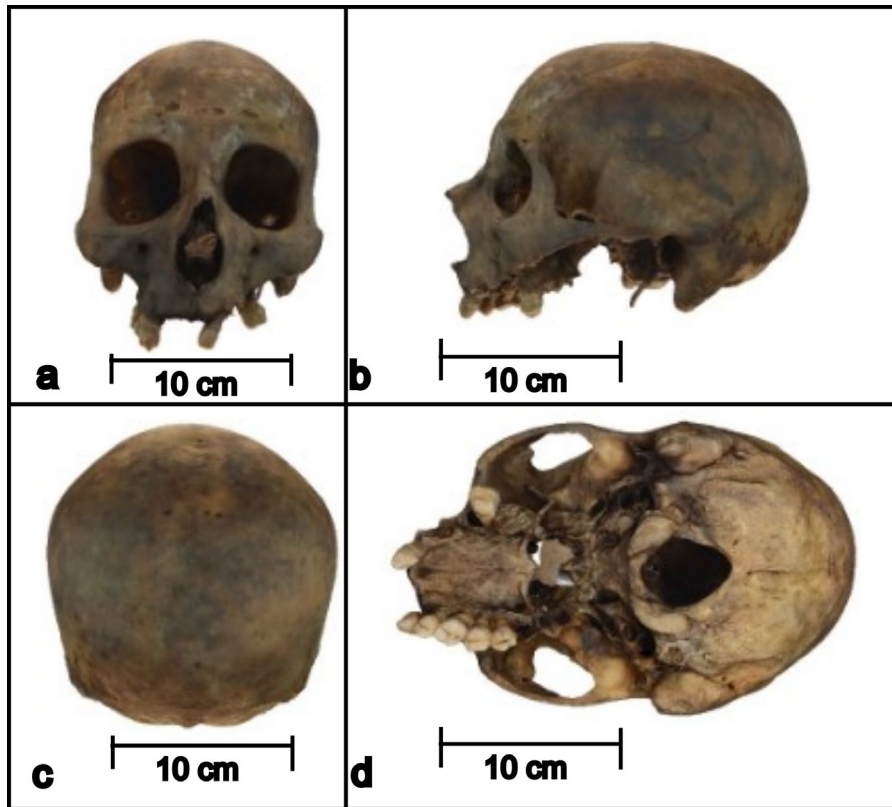


Figura 8. N° SVEC10. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

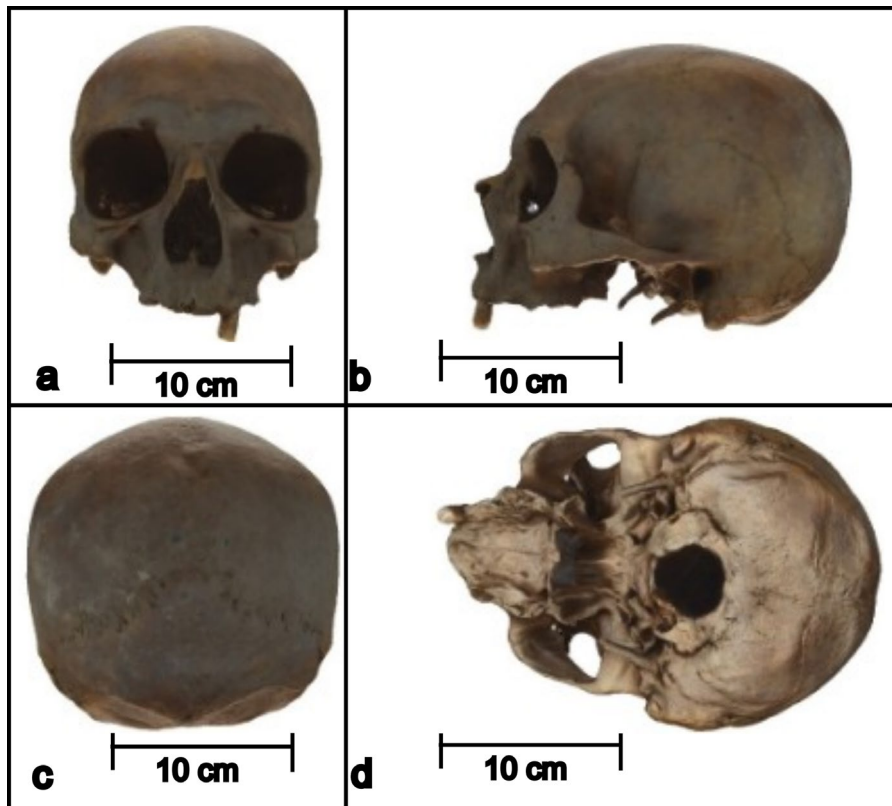


Figura 9. N° SVEC24. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

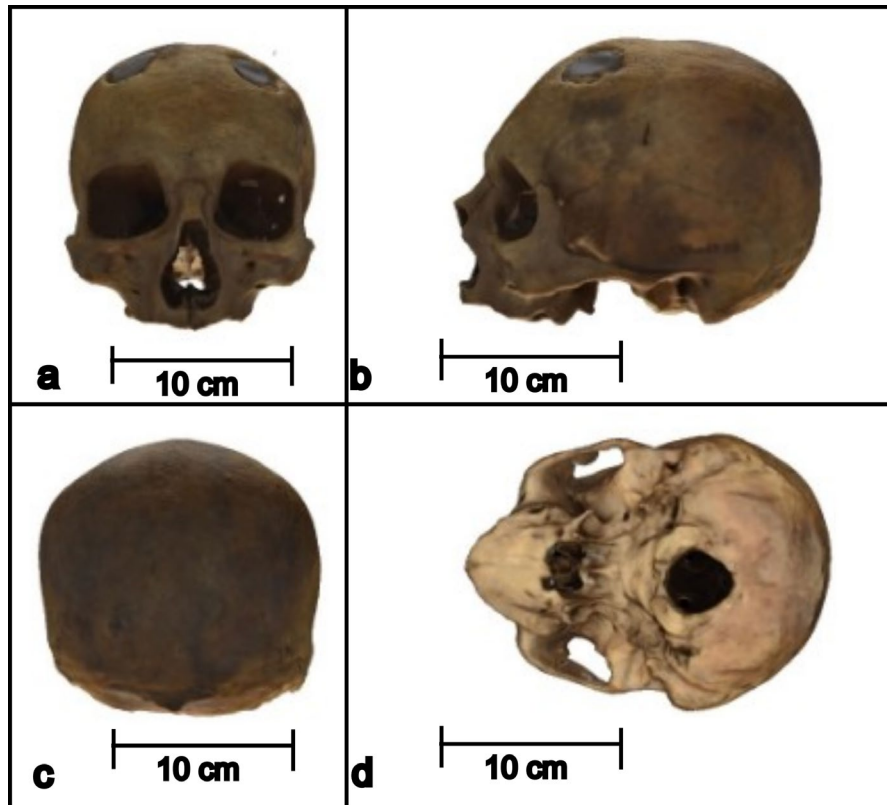


Figura 10. N° SVEP02. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

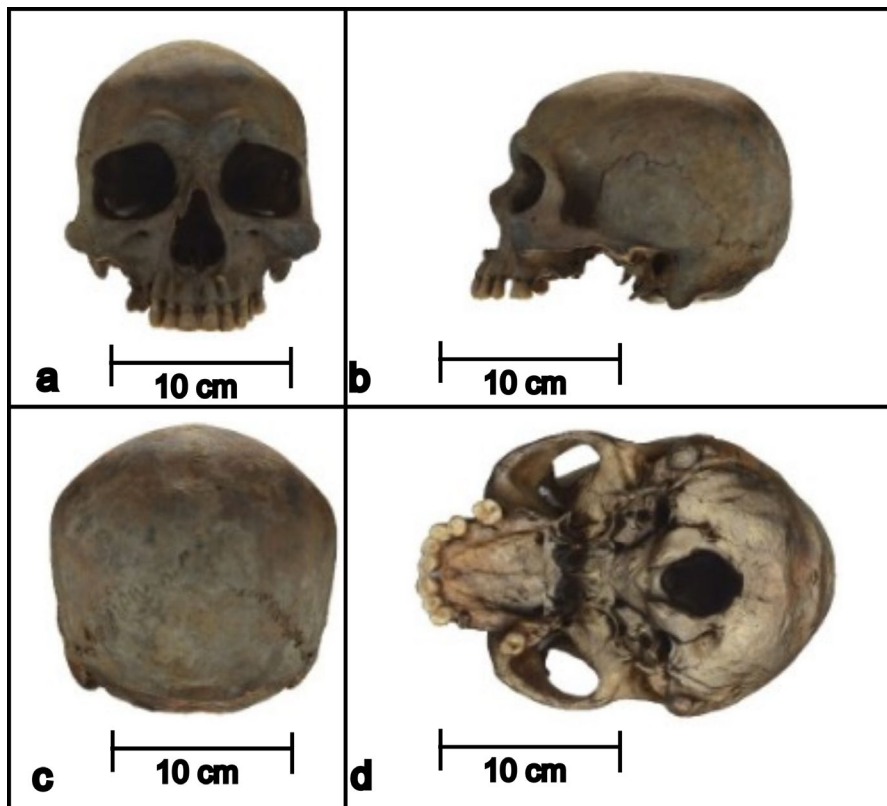


Figura 11. N° SVEP08. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

## Caso LRTEE3 La Zanja

Este caso se corresponde con un individuo femenino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $20\pm 5$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Presenta un estado regular de conservación. Este cráneo ha sido remontado durante la fase de laboratorio ya que presenta múltiples fracturas *postmortem* y pérdida por deformación plástica en el contexto de inhumación. Obsérvese la ausencia *postmortem* en parietal derecho. Cuenta con todas las piezas dentales en excelente estado de conservación, exceptuando la n° 21 del cuadrante dos (Figura 12).

Este caso, al igual que el anterior, también requirió de varios ensayos. Debido a las irregularidades en la superficie, la ausencia de tejido cortical en algunos sectores y la fragilidad del estado de conservación en que se encontraba hubo que adaptar las condiciones de luminosidad, esto implicó agregar un foco adicional que generase una sombra equilibrada.

## Caso LRTEE4 La Zanja

Este caso se corresponde con un individuo femenino (Buikstra y Ubelaker 1994) cuyo rango etario oscila entre  $30\pm 5$  años al momento de la muerte (EAAF 2005). Presenta un estado regular de conservación. Este cráneo ha sido remontado durante la fase de laboratorio ya que presenta múltiples fracturas *postmortem* por deformación plástica en el contexto de inhumación. Cuenta con todas las piezas dentales en excelente estado de conservación, exceptuando la n° 28 del cuadrante dos (Figura 13).

Este caso también se terminó luego de varios intentos. Debido a las irregularidades en la superficie y la ausencia de tejido cortical en algunos sectores, hubo que adaptar las condiciones de luminosidad, esto implicó agregar un foco adicional que generase una sombra equilibrada.

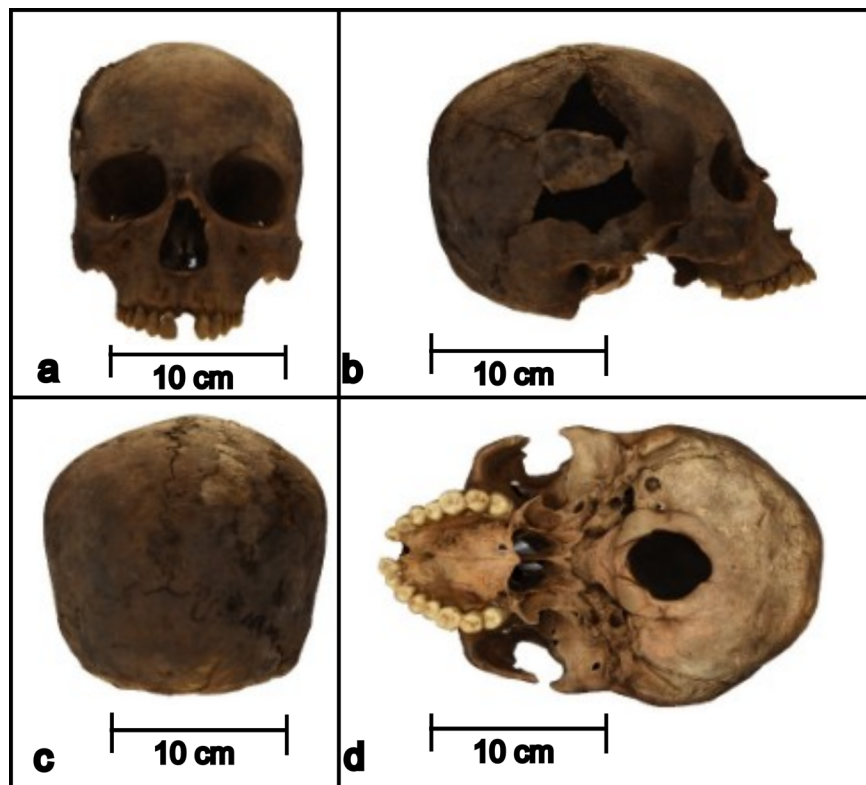


Figura 12. N° LRTEE3. a) Vista anterior; b) Lateral izquierdo; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.



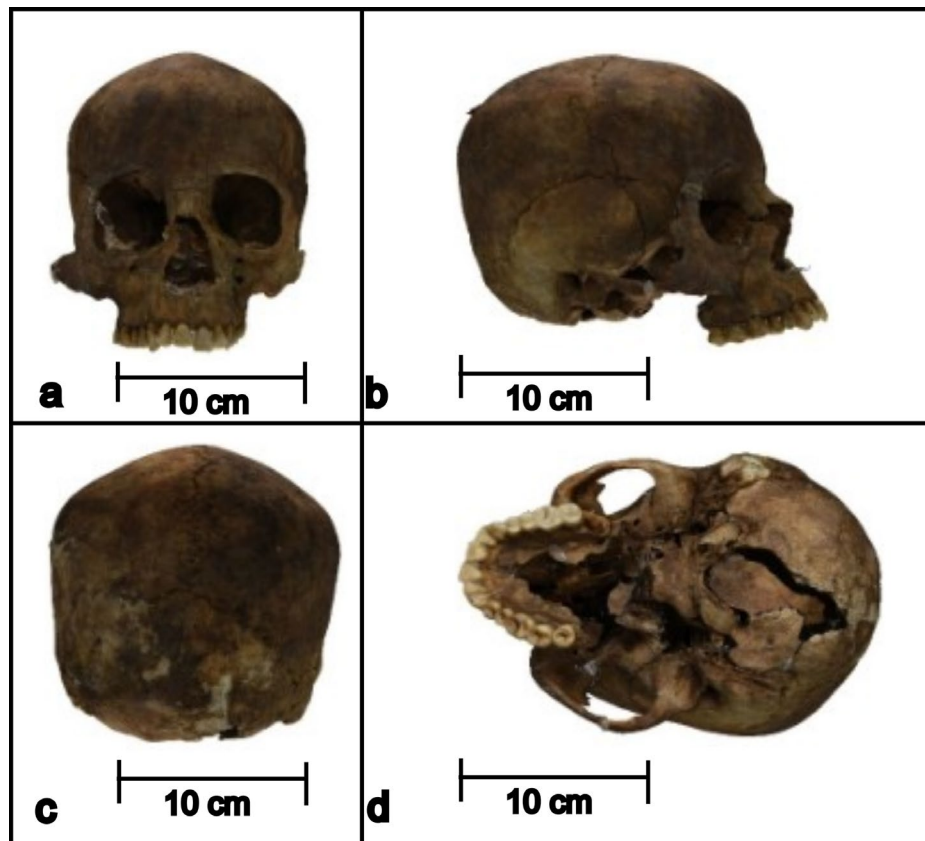


Figura 13. N° LRTEE4. a) Vista anterior; b) Lateral derecho; c) Vista posterior; d) Base de cráneo.

### Discusión

El uso de la metodología propuesta dio lugar a diversas reconstrucciones exitosas. En cuanto a calidad de definición y capacidad de repetibilidad del proceso, los resultados obtenidos mediante la técnica y el protocolo utilizado de captura de datos nos permitieron reproducir siete modelos digitales tridimensionales. Para el IMF, esto marca el comienzo de un repositorio digital, además de que las reconstrucciones en 3D reducen la manipulación de los cráneos, lo que minimiza su fragmentación mecánica y promueve su conservación a largo plazo. Otra ventaja es que los modelos 3D pueden utilizarse con fines didácticos, por ejemplo, en las concurrencias de antropología forense organizados por el Servicio de Antropología Forense del IMF, permitiendo la visualización de diferentes rasgos y facilitando comparaciones morfológicas.

Cabe destacar que los modelos no fueron creados para estudios morfológicos científicos, sino que su propósito principal es educativo, al tiempo que se busca minimizar la manipulación de los elementos óseos para favorecer su preservación. En este caso se puede hablar de una conservación digital de los cráneos. Al mismo tiempo, la diferencia de costo y tiempo con respecto a otras técnicas, actualmente, sigue siendo sustancial. Es decir, si se tiene en cuenta el precio de un escáner láser, una tomografía computada o una radiografía, además de que se necesita personal especializado, la fotogrametría de rango corto, actualmente, sigue siendo ventajosa. En relación a la eficacia y margen de error presentes con respecto a otras técnicas, es un asunto pendiente a retomar en futuros análisis, puesto que, en este trabajo, solo se realizó la recreación digital para fines de conservación y preservación.

En el debate sobre el uso de las tecnologías digitales para la conservación de elementos óseos humanos, surgen varias interrogantes

clave. Una de las primeras es si los modelos 3D pueden realmente utilizarse con fines de conservación. Es evidente que, aunque no sustituyen al objeto físico, los modelos digitales juegan un papel crucial en la preservación indirecta, al reducir la manipulación directa de los restos. Esto es particularmente importante en el caso de cráneos y otros objetos frágiles, cuya conservación física puede verse comprometida por su manipulación repetida. En este sentido, los modelos 3D permiten crear un registro visual y morfológico que puede ser crucial en caso de deterioro o pérdida del objeto original.

Pero ¿qué es lo que realmente se busca conservar? Esta pregunta nos lleva a explorar si el objetivo es simplemente preservar el objeto físico por ser parte de un patrimonio cultural o histórico, o si el valor radica también en los datos que estos restos brindan. Desde una perspectiva patrimonial, el cráneo es importante no solo por su valor histórico, sino también por la información que puede aportar a la ciencia y la cultura. Al digitalizar los cráneos, no solo se preservó su forma física, sino también su potencial como fuente de conocimiento para futuras líneas de investigación.

Aquí es donde los registros 3D adquieren un rol multifuncional. Por un lado, tienen un claro valor educativo y didáctico, ya que permiten la visualización y análisis sin riesgo para los elementos óseos. Estos modelos pueden ser utilizados en contextos académicos, por ejemplo, en la enseñanza de la antropología forense, facilitando el estudio comparativo de rasgos morfológicos sin la necesidad de manipular directamente los elementos. Además, en el ámbito judicial, estos registros pueden jugar un papel crítico, por ejemplo, en la reconstrucción de hechos o en la identificación de individuos, aunque en estos casos, la precisión de los modelos se vuelve fundamental.

Este último punto lleva a la siguiente pregunta crucial: si los modelos 3D se van a utilizar

en investigaciones científicas o en contextos legales, ¿deberían estar validados en relación con el objeto real? La respuesta parece ser afirmativa. Aunque en aplicaciones educativas o divulgativas podría haber cierta flexibilidad en la exactitud de las reconstrucciones, cuando se habla de aplicaciones científicas o legales, la precisión es imperativa. Es fundamental que los modelos 3D sean fieles al objeto original, ya que cualquier desviación podría afectar la validez de los resultados o incluso de las conclusiones judiciales. Por lo tanto, los modelos deben ser calibrados y validados cuidadosamente para asegurar que los márgenes de error estén dentro de límites aceptables.

Esto nos lleva a otra dimensión del debate: ¿qué se busca conservar en lo digital? ¿Es la forma física del objeto o es la información contenida en él? La conservación digital no se trata solo de crear réplicas visuales, sino de preservar los datos morfológicos, estructurales e incluso químicos que pueden ser extraídos de los elementos óseos. En este sentido, los registros 3D no son simples copias, sino representaciones que encapsulan información vital para futuras investigaciones y que pueden ser utilizadas en múltiples contextos, desde la academia hasta el sistema judicial.

Finalmente, también es importante considerar el acceso a estos modelos. Dado que los elementos óseos humanos son objetos sensibles, los modelos digitales podrían estar restringidos a ciertos usuarios o contextos, como un repositorio con acceso controlado para investigadores. En este contexto, la validación y precisión de los modelos cobran aún más importancia, ya que servirán como referencia para investigaciones y análisis futuros.

En resumen, el uso de modelos 3D en la conservación de elementos óseos humanos plantea un amplio abanico de cuestiones que van más allá de la simple digitalización. Implican reflexiones profundas sobre el valor

del patrimonio, la necesidad de preservar la información que los objetos físicos nos brindan y la importancia de la precisión y validación en contextos científicos y legales. El desafío radica en equilibrar el uso de estas tecnologías con el respeto hacia los elementos óseos humanos, garantizando tanto su conservación física como la integridad de los datos que contienen y representan.

En el marco de este trabajo, la utilización de modelos 3D surge de la necesidad en carácter de urgencia de la curaduría de los elementos óseos depositados en el IMF. El objetivo de esta investigación no fue validar la precisión y rango de desviación de los modelos 3D generados a través de la fotogrametría de rango corto comparándolos tanto con los modelos 3D generados con tomografía computarizada como con modelos físicos reales, ni tampoco comprobar su validez y aplicabilidad en morfometría geométrica. Este trabajo se orienta a una posible perduración virtual de los cráneos seleccionados, pertenecientes a las muestras mencionadas, brindando además una estrategia de captura de datos fotográficos y procesamiento que sea fácilmente replicable. Por otro lado, es conocida que la fragmentación física, en nuestro caso y en otras series osteológicas, su constante manipulación por diversas tareas es la principal acción de daño y pérdida de material, en particular las piezas dentales (Bowron 2003; Caffell *et al.* 2001; Ferreira *et al.* 2017; Ganiaris 2001; Santos *et al.* 2013).

Esta es una primera etapa de trabajo, en donde se probó una técnica, pero el proyecto de conservación de los elementos óseos humanos alojados en el IMF continuará con el objetivo de ofrecer una fuente de consulta y visualización de los materiales allí alojados que implique la menor manipulación y sobre todo la preservación de elementos óseos antiguos y deteriorados, como los encontrados en el sitio La Zanja. En nuestro caso nos interesa la realización

de una base de datos de elementos digitalizados mucho más amplia y que involucre, incluso, la aplicación de esta técnica en casos recientes. Es por eso que se planteó la necesidad de generar este repositorio, con acceso restringido y solo con fines de investigación científica y educativa. El volumen de los datos digitales generados en este caso es solo el inicio para la conformación de un repositorio digital en el IMF. El trabajo de los antropólogos con series osteológicas se ve cada vez más influenciado por el avance de las tecnologías informáticas y el uso de datos digitales en la metodología de la disciplina. Esta tendencia refleja la necesidad de integrar datos digitales o de digitalizar los existentes por diversas razones. Entre estos motivos se encuentran la preservación frente al deterioro causado por el tiempo, la recopilación de información sobre variaciones biológicas humanas, patologías específicas, efectos del estilo de vida, morfometría, entre otros. En este contexto, se ajustan a los objetivos y la metodología de los proyectos desarrollados en el IMF.

En antropología, el campo de la ética siempre ha sido un área importante de debate y una discusión necesaria para el avance de la disciplina, sin embargo, la ética con relación a la digitalización de elementos óseos es relativamente nueva y cada vez posee más peso y relevancia (Ulguim 2017). La relación entre ética, datos y repositorios de elementos óseos sensibles han sido analizado por Guichón *et al.* (2022) para información bioantropológica de la Patagonia Austral en Argentina, especialmente la responsabilidad social de los científicos y el involucramiento de diferentes actores sociales en el proceso. La necesidad de establecer pautas éticas se presenta con mayor énfasis en el ámbito digital, con el uso cada vez más frecuente de réplicas 3D y repositorios virtuales (Hassett 2018; Hirst *et al.* 2018; Wrobel *et al.* 2019). A medida que este aspecto se expande rápidamente hacia ámbitos como el de la bioantropología o antropología forense, no

se está exentos de observar una rápida pero reflexiva respuesta sobre los puntos más importante en cuestiones éticas vinculadas con la digitalización de series osteológicas de interés antropológico en todo el mundo (Schug *et al.* 2021; Márquez-Grant y Errickson 2017). El desafío es comprender cuál es la mejor manera de desarrollar buenas prácticas con respecto al registro y al intercambio de modelos 3D de elementos óseos humanos (Ulguim 2017). En este marco, nuestras prácticas deben ser sostenidas, flexibles y fáciles de implementar dado el vertiginoso cambio del mundo digital, donde cinco años se consideran un período significativo y, simultáneamente, permitir la reflexividad y la participación de nuevas audiencias. Al mismo tiempo, se deben considerar las posturas de las personas y comunidades con las que se trabaja, su trato, los valores y cosmovisiones que interactúan con nuestras prácticas.

Los puntos más importantes que deben ser abordados en una discusión sobre ética y elementos óseos humanos digitalizados en la actualidad giran en torno a dos cuestiones fundamentales. En primer lugar, aunque la antropología biológica y forense cuentan con guías de buenas prácticas (GLAF 2016), códigos de ética (AAPA 2003) y códigos deontológicos (Aranda *et al.* 2014) que se utilizan como pautas que brindan posibles respuestas a los investigadores sobre los problemas éticos que puedan surgir en investigaciones que involucren elementos de personas, aún no se han redactado formalmente lineamientos que contemplen la utilización de nuevas tecnologías y la difusión de imágenes digitales (Squires y Mancuso 2021) lo que resulta necesario porque es material sensible, especialmente por familiares que podrían ser afectados. En segundo lugar, en Argentina, las problemáticas y discusiones en torno a replanteos éticos con respecto al trabajo con materiales sensibles siempre ha estado vinculado con la extracción, conservación y exhibición de elementos óseos

humanos pertenecientes a las comunidades indígenas (Endere y Ayala 2012; Sardi *et al.* 2015; Squires y Mancuso 2021). Este punto deja abierto el interrogante a otras cuestiones no menores que necesitan plantearse como, por ejemplo: ¿Qué sucede con los elementos óseos humanos que no pueden vincularse fehacientemente a un grupo indígena o comunidad? ¿Cuáles son las obligaciones de los científicos al tomar imágenes digitales de estos individuos? ¿Se debería tratar estos elementos óseos y, de hecho, las imágenes de manera diferente a aquellas pertenecientes a individuos sin identificar? Efectivamente estamos frente a una visible ausencia de legislación y estandarización de mejores prácticas con respecto a estas cuestiones (Squires y Mancuso 2021). Sin embargo, se considera que estas inquietudes deben comenzar a circular entre las instituciones e investigadores que trabajan con elementos humanos de origen prehistóricos histórico y contemporáneos.

## Conclusión

Este trabajo busca implementar un enfoque alternativo para la conservación de elementos óseos humanos históricos y actuales que provienen de cementerios y forman parte de una serie osteológica, pero de los cuales aún no se dispone de toda la información disponible. El objetivo es trazar una línea clara entre el manejo de elementos óseos humanos sensibles y la aplicación de métodos adecuados para su preservación. Además, se pretende desarrollar estrategias de buenas prácticas de digitalización para su utilización con fines científicos, especialmente en relación con la difusión de imágenes, sin importar la metodología empleada. En este contexto, aunque se espera que la digitalización facilite un mejor manejo de los elementos óseos, también se aboga por una utilización restringida de la información, siempre con el mayor cuidado ético posible. Nuestro objetivo es contribuir a las buenas prácticas en la investigación aplicada en

antropología forense y bioarqueológica en caso de digitalización de elementos sensibles. Como se ha mencionado anteriormente, en nuestro país existe una legislación extensa que promueve el respeto y cuidado en la exhibición de elementos óseos humanos prehispánicos. En la mayoría de los museos se recomienda no mostrar cráneos u otros elementos óseos humanos, aunque algunos museos, especialmente los más pequeños, optan por hacerlo. Sin embargo, hay un consenso general entre instituciones e investigadores en contra de su exhibición.

**Agradecimientos:** En primer lugar, queremos expresar nuestro agradecimiento al Servicio de Antropología Forense del Instituto de Medicina Forense (IMF) de la Provincia de Córdoba, Argentina, y, en especial, a Anahi Ginarte y al Dr. David Dib -director del IMF- por permitirnos llevar a cabo este proyecto en sus instalaciones durante el período 2020-2022. Este artículo se basa en el Trabajo Final de Licenciatura de Pedro Müller, titulado “Antropología Forense Virtual: Fotogrametría de Rango Corto para la Documentación de Restos Humanos”, dirigido por Claudina V. González y codirigido por Henrik B. Lindskoug. La tesis fue defendida en agosto de 2022 en el Departamento de

Por otro lado, la creciente formación de series osteológicas en Argentina nos obliga a discutir cómo abordar el manejo de elementos óseos humanos actuales, provenientes de excavaciones en cementerios o morgues. Estos elementos óseos también se utilizan para validar o desarrollar metodologías de investigación en patologías y análisis forenses. Aunque aún no se puede llegar a conclusiones definitivas, es esencial iniciar esta discusión, al menos a nivel nacional y plantear el papel de las tecnológicas en dicho contexto.

Antropología de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Este trabajo contó con el financiamiento del proyecto PICT 2018-4257 “Antropología Biológica y Ciencia Forense en Córdoba: Aportes desde la Antropología Dental”, dirigido por Claudina V. González. También queremos agradecer a Paula Vega (CONICET-IDH) por sus revisiones del manuscrito, las cuales contribuyó a clarificar varios aspectos. Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a los dos evaluadores anónimos, cuyos comentarios fueron fundamentales para mejorar el texto.

## Notas

<sup>1</sup> Se optó por no usar el término restos óseos humanos en el texto sino elementos óseos humanos o esqueletos de personas, ya que este

término se asocia a basurización.

<sup>2</sup> Se optó por no usar el término colección osteológica sino serie osteológica que se ajusta más a una perspectiva decolonial en arqueología.

## Bibliografía citada

AAPA  
2003 *Code of Ethics of the American Association of Physical Anthropologists*. Approved by the AAPA Membership at the Annual Business Meeting on April 25, 2003. <http://www.physanth.org/positions/ethics.htm>

Aranda, C., G. Barrientos y M. Del Papa  
2014 Código deontológico para el estudio,

conservación y gestión de restos humanos de poblaciones del pasado. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 16(2): 111-113. <https://revistas.unlp.edu.ar/raab/article/view/797>

Asociación Latinoamericana de Antropología Forense

2016 Guía Latinoamericana de buenas prácticas para la aplicación en Antropología Forense. <https://pdfcoffee.com/guia-latinoamericana->

[de-buenas-practicas-para-la-aplicacion-en-antropologia-forense-pdf-free.html](#)

Balaguer Puig, M.

2018 *Fotogrametría de Objeto Cercano: Conceptos básicos*. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/82148/Balaguer%20-%20Fotogrametr%C3%ADa%20de%20Objeto%20Cercano%3A%20Conceptos%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Boast, R. y P. F. Biehl

2011 Archaeological Knowledge Production and Dissemination in the Digital Age. *Archaeology 2.0: New Approaches to Communication and Collaboration* (ed. por E. C. Kansa, S. W. Kansa y E. Watrall), pp. 119-156. Cotsen Institute of Archaeology Press at UCLA. <https://doi.org/10.2307/j.ctvhhfhw.15>

Bowron, E. L.

2003 A New Approach to the Storage of Human Skeletal Remains. *The Conservator* 27(1): 95-106. <https://doi.org/10.1080/01410096.2003.9995193>

Buck U., S. Naether, B. Räss, C. Jackowski y M. J. Thali

2013 Accident or homicide-virtual crime scene reconstruction using 3D methods. *Forensic Science International* 225(1-3): 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.015>

Buikstra, J. E. y D. Ubelaker

1994 *Standards for data collection from human skeletal remains*. <https://doi.org/10.1002/ajhb.1310070519>

Caffell, A. C., C. A. Roberts, R. C. Janaway y A. S. Wilson

2001 Pressures on Osteological Collections: The Importance of Damage Limitation. *Human Remains: Conservation, Retrieval and Analysis: Proceedings of a Conference Held in Williamsburg* (ed. por E. Williams), pp. 187-197. BAR International Series 934. Archaeopress, Oxford.

Carta de Londres

2009 *La carta de Londres para la visualización computarizada del patrimonio cultural*. [https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london\\_charter\\_2\\_1\\_es.pdf](https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_es.pdf)

Charquero Ballester, A. M.

2016 Práctica y usos de la fotogrametría digital en arqueología. *DAMA. Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico* 1: 139-157. <http://dx.doi.org/10.14198/dama.2016.1.10>

Charquero Ballester, A. M. y J. A. López Lillo

2012 Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica. *Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant)*. *Virtual Archaeology Review* 3(5): 81-88. <https://doi.org/10.4995/var.2012.4529>

Crowder, J. W., M. Fortun, R. Besara y L. Poirier

2020 *Anthropological Data in the Digital Age. New Possibilities - New Challenges* (ed. por J. W. Crowder, M. Fortun, R. Besara y L. Poirier). Palgrave Macmillan, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24925-0>

Dueñas García, M.

2014 *Registro arqueológico 3D mediante fotogrametría de rango corto*. Tesis de licenciatura. [https://www.researchgate.net/publication/335025734\\_Registro\\_arqueologico\\_en\\_3D\\_mediante\\_la\\_fotogrametria\\_de\\_rango\\_corto](https://www.researchgate.net/publication/335025734_Registro_arqueologico_en_3D_mediante_la_fotogrametria_de_rango_corto)

Endere, M. L. y P. Ayala

2012 Normativa legal, recaudos éticos y práctica arqueológica: un estudio comparativo Argentina y Chile. *Chungará (Arica)* 44(1): 39-57. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73562012000100004>

Equipo Argentino de Antropología Forense

2005 *EAAF Annual Report*. [https://eaaf.org/wp-content/uploads/2018/08/argentina\\_2005.pdf](https://eaaf.org/wp-content/uploads/2018/08/argentina_2005.pdf)  
2011 *Informe antropológico forense sitio La Zanja Campo La Ribera*. Inédito. Córdoba.

- 2021 *Nuevas Tecnologías en Búsqueda Forense: Recursos para la crisis de desapariciones en México*. Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF) y Centro de Derechos Humanos de las Mujeres (CEDEHM). <https://eaaf.org/wp-content/uploads/2021/04/NUEVAS-TECNOLOGIAS-EN-BUSQUEDA-FORENSE-Recursos-para-la-cri-sis-de-desapariciones-en-Mexico-web.pdf>
- Evin A., T. Souter, A. Hulme-Beaman, C. Ameen, R. Allen, P. Viacava y K. Dobney  
2016 The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Sciences Reports* 9: 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.06.028>
- Fau M., R. Cornette y A. Houssaye  
2016 Photogrammetry for 3D digitizing bones of mounted skeletons: potential and limits. *Comptes Rendus Palevol* 15(8): 968-977. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2016.08.003>
- Ferreira, M. T., A. H. Ross y E. Cunha  
2017 A reflection on the maintenance of identified skeletal collections state of preservation. *La Revue de Médecine Légale* 8(4): 186. <https://doi.org/10.1016/j.medleg.2017.10.017>
- Friess, M.  
2012 Scratching the Surface? The use of surface scanning in physical and paleoanthropology. *Journal of Anthropology Science* 90: 7-31. <http://doi.org/10.4436/jass.90004>
- Ganiaris, H.  
2001 London Bodies: An Exhibition at the Museum of London. *Human Remains: Conservation, Retrieval and Analysis: Proceedings of a Conference Held in Williamsburg, VA, Nov 7-11th 1999* (ed. por E. Williams), pp. 267-274. BAR International Series 934. Archaeopress, Oxford.
- Garvin, H. M. y M. K. Stock  
2016 The Utility of Advanced Imaging in Forensic Anthropology. *Academic Forensic Pathology* 6(3): 499-516. <https://doi.org/10.23907/2016.050>
- González Ballesteros, J. A., J. G. Gómez Carrasco, A. Hernández-Robles y J. A. Eiroa Rodríguez  
2023 3D modelling of archaeological structures and deposits as a method of documentation and dissemination: the case of San Esteban Archaeological Site (Murcia, Spain). *Virtual Archaeology Review* 14(29): 84-98. <https://doi.org/10.4995/var.2023.18956>
- Guichón, R. A., M. D. D'Angelo del Campo, S. M. de Souza y V. Wesolowski  
2022 Pensando en compartir datos, algunas dudas, preguntas y desafíos. *Lhawet* 8(8): 77-84. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/Lhawet/article/view/3135>
- Hassett, Brenna R.  
2018 The ethical challenge of digital bioarchaeological data. *Archaeologies* 14(2): 185-188. <https://doi.org/10.1007/s11759-018-9348-8>
- Hirst, C. S., S. White y S. E. Smith  
2018 Standardisation in 3D Geometric Morphometrics: Ethics, Ownership, and Methods. *Archaeologies* 14(2): 1-27. <https://doi.org/10.1007/s11759-018-9349-7>
- Izaguirre, J. I.  
2014 *Nuevas Viejas Tecnologías. Modelos Tridimensionales aplicados al Noroeste argentino*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, Argentina. <http://antropologia.filo.uba.ar/sites/antropologia.filo.uba.ar/files/documentos/TESIS%20IZAGUIRRE%20final-.pdf>
- Jaud, M., S. Passot, R. Le Bivic, C. Delacourt, P. Grandjean y N. Le Dantec  
2016 Assessing the Accuracy of High Resolution Digital Surface Models Computed by PhotoScan® and MicMac® in Sub-Optimal Survey Conditions. *Remote Sensing* 8(6): 465. <https://doi.org/10.3390/rs8060465>

- Katz, D. y M. Friess  
2014 3D from standard digital photography of human crania-a preliminary assessment. *American Journal of Physical Anthropology*, 154(1): 152-158. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22468>
- Kettner, M., P. Schmidt, S. Potente, F. Ramsthaler y M. Schrodtt  
2011 Reverse Engineering-Rapid Prototyping of the Skull in Forensic Trauma Analysis. *Journal of Forensic Sciences* 56(4): 1015-1017. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2011.01764.x>
- Kingsland, K.  
2020 Comparative analysis of digital photogrammetry software for cultural heritage. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 18: e00157. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2020.e00157>
- Lauria, G., L. Sineo y S. Ficarra  
2022 A detailed method for creating digital 3D models of human crania: an example of close-range photogrammetry based on the use of Structure-from-Motion (SfM) in virtual anthropology. *Archaeological and Anthropological Sciences* 14(42). <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01502-9>
- Lorenzo, G., L. Lopez, R. A. Moralejo y L. M. del Papa  
2019 SfM photogrammetry applied to taxonomic determination of archaeofauna remains. *Virtual Archaeological Review* 10(20): 70-83. <https://doi.org/10.4995/var.2019.11094>
- Lowe, D. G.  
1999 Object recognition from local scale-invariant features. *Proceedings of the International Conference on Computer Vision* 2(1): 1150-1157. <http://doi.org/10.1109/ICCV.1999.790410>
- Luhman, T., T. Robson, S. Kyle y J. Boehm  
2014 *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*. De Gruyter, Berlin.
- Lussu, P. y E. Marini  
2020 Ultra close-range digital photogrammetry in skeletal anthropology: A systematic review. *PLOS ONE* 15(4): 1-29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230948>
- Márquez-Grant, N. y D. Errickson  
2017 Ethical considerations: An added dimension. In *Human Remains: Another Dimension: The Application of Imaging to the Study of Human Remains*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804602-9.00015-1>
- Morgan B., A. L. Ford y M. J. Smith  
2019 Standard methods for creating digital skeletal models using structure-from-motion photogrammetry. *American Journal of Physical Anthropology* 169(1): 152-160. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23803>
- Müller, P.  
2022 *Antropología Forense Virtual: Fotogrametría de rango corto para la documentación de restos humanos*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Nyimbili, P. H., H. Demirel, D. Z. Seker y T. Erden  
2016 *Structure from Motion (SfM) - Approaches and Applications*. [https://www.researchgate.net/publication/327630010\\_Structure\\_from\\_Motion\\_SfM\\_-\\_Approaches\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/327630010_Structure_from_Motion_SfM_-_Approaches_and_Applications)
- Olmo, D.  
2005 Equipo Argentino de Antropología Forense. *Cementerio de San Vicente Informe 2003* (comp. por D. Olmo). Ferreyra Editor, Córdoba.
- Olmo, D. y M. Salado Puerto  
2008 Una fosa común en el interior de Argentina: el Cementerio de San Vicente. *Revista del Museo de Antropología* 1(1): 3-12. <https://doi.org/10.31048/1852.4826.v1.n0.5390>



Omari, R., C. Hunt, J. Coumbaros y B. Chapman  
2021 Virtual anthropology? Reliability of three-dimensional photogrammetry as a forensic anthropology measurement and documentation technique. *International Journal of Legal Medicine* 135: 939-950. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02473-z>

Principios de Sevilla  
2001 <https://culturapedia.com/wp-content/uploads/2020/09/2017-principios-de-sevilla.pdf>

Profico, A., L. Bellucci, C. Buzi, F. Di Vincenzo, I. Micarelli, F. Strani y G. Manzi  
2018 Virtual Anthropology and its Application in Cultural Heritage Studies. *Studies in Conservation* 1(1): 1-14. <http://doi.org/10.1080/00393630.2018.1507705>

Ramírez, D., H. Saka y R. Nores  
2021 Detection of *Vibrio cholerae* aDNA in human burials from the fifth cholera pandemic in Argentina (1886-1887 AD). *International Journal of Paleopathology* 32: 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2020.12.004>

Randolph-Quinney, P. S., S. D. Haines y A. Kruger  
2018 The Use of Three-Dimensional Scanning and Surface Capture Methods in Recording Forensic Taphonomic Traces: Issues of Technology, Visualization, and Validation. *Multidisciplinary Approaches to Forensic Archaeology* (ed. por P. M. Barone y M. J. W. Groen), pp. 115-130. Springer, New York. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94397-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94397-8_8)

Redman, C. L.  
1987 Surface collection, sampling, and research design: a retrospective. *American Antiquity* 52(2): 249-265. <https://doi.org/10.2307/281779>

Sangripanti, G., D. Villalba, D. Aguilera y A. Giaccardi  
2013 Geología forense: métodos aplicados en la

búsqueda de desaparecidos en la región central de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70(1): 150-160. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/499>

Santos, D., P. Dias, D. Souza, H. Santos, C. Coelho, M. T. Ferreira, E. Cunha y B. Sousa Santos  
2013 Um novo método de medições craniométricas usando modelos 3D. Conference: Information Visualisation (IV), 2013 17th International Conference. <http://doi.org/10.1109/IV.2013.61>

Sardi, M. L., M. M. Reca y H. M. Pucciarelli  
2015 Debates y decisiones políticas en torno de la exhibición de restos humanos en el Museo de La Plata. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 17(2): 1-8. <http://dx.doi.org/10.17139/raab.2015.0017.02.04>

Schug, G., K. Killgrove, A. Atkins y K. Baron  
2021 3D Dead. Ethical Considerations in Digital Human Osteology. *Bioarchaeology International* 4(3-4): 217-230. <https://doi.org/10.5744/bi.2020.3008>

Serrano-Ramos, A.  
2022 Crania Canaria 2.0: constructing a virtual skull collection. *Virtual Archaeology Review* 13(26): 76-87. <https://doi.org/10.4995/var.2022.16082>

Squires, K. y R. G. Mancuso  
2021 Desafíos éticos asociados al estudio y tratamiento de restos humanos en las ciencias antropológicas en el siglo XXI. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 23(2): 1-34. <https://doi.org/10.24215/18536387e034>

Ulguim, P. F.  
2017 Recording in situ human remains in three dimensions: applying digital image-based modeling. *Humans Remains: Another Dimension* (ed. por D. Errickson. y T. Thomson), pp. 71-92. Academic Press, London.

Uribe, A.

2011 *Informe de trabajo de investigación arqueológica en el Sitio La Zanja, Campo La Ribera*. Inédito. Córdoba.

Vacca, G., G. Furfaro y A. Dessì

2018 The Use of the UAV Images for the Building 3D Model Generation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-4/W8*: 217-223. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W8-217-2018>

Vega, P.

2021 *Córdoba en tiempos de cólera. Análisis bioarqueológico de la epidemia de 1886/87*. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Weber, G. W. y F. L. Bookstein

2011 *Virtual Anthropology: A Guide to a New Interdisciplinary Field*. Springer, Vienna.

White, S., C. Hirst y S. E. Smith

2018 The suitability of 3D data: 3D digitisation of human remains. *Archaeologies* 14(2): 250-271. <https://doi.org/10.1007/s11759-018-9347-9>

White S. y S. E. Smith

2018 Standardisation in 3D geometric morphometrics: ethics, ownership, and methods. *Archaeologies* 14(2): 272-298. <https://doi.org/10.1007/s11759-018-9349-7>

Wrobel, G. D., J. A. Biggs y A. L. Hair

2019 Digital Modelling for Bioarchaeologist. *Advances in Archaeological Practice* 7(1): 47-54. <https://doi.org/10.1017/aap.2018.47>