



DOCUMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE UN CEPO DE ANCLA ROMANO Y SUS ELEMENTOS ICONOGRÁFICOS Y EPIGRÁFICOS SELLADOS

DOCUMENTATION AND ANALYSIS OF A ROMAN ANCHOR STOCK AND ITS ICONOGRAPHIC AND EPIGRAPHIC SEALED ELEMENTS

Elisa Fernández-Tudela^{a,*} , Luis C. Zambrano^b , Lázaro G. Lagóstena^c ,
Manuel Bethencourt^a 

^a Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica, Facultad de Ciencias de Mar y Ambientales-Instituto de Investigaciones Marinas (INMAR), Universidad de Cádiz, Avenida República Árabe Saharaui, s/n, 11510, Puerto Real, España. elisa.tudela@uca.es, manuel.bethencourt@uca.es

^b Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, Museo de Cádiz, Plz. de Mina, s/n, 11004, Cádiz, España.
luis.zambrano@juntadeandalucia.es

^c Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Cádiz, Av. Dr. Gómez Ulla, 1, 11003, Cádiz, España. lazarro.lagostena@uca.es

Lo más destacado:

- Se presenta la metodología de documentación 3D llevada a cabo para estudiar y analizar un cepo de plomo de época antigua y su conjunto iconográfico y epigráfico inédito.
- La aplicación de programas SIG y de procesamiento de nubes de puntos ha permitido documentar detalles microsuperficiales de la superficie del cepo no apreciables a simple vista.
- El análisis volumétrico y el modelado 3D presenta una ventaja a la hora de conocer más detalles sobre las anclas con cepos de plomo de época antigua.

Abstract:

This paper aims to present the documentation and analysis methodology carried out on a lead trap from the ancient period, which belongs to the collection of traps in the Museum of Cádiz (Andalusia, Spain). The anchor stock had some interesting characteristics for this research: on the one hand, from the point of view of conservation and restoration, due to the alterations it presented; on the other hand, from a historical and archaeological point of view, it showed signs of reliefs on its surface hidden under the alteration products. After removing different layers of alteration that covered the surface during conservation and restoration treatments, an unpublished iconographic and epigraphic programme, as well as possible marks of use and manufacture were revealed. The poor state of conservation of the original surface made it impossible to visualise the details as a whole, so the authors applied photogrammetric methods, and subsequently processed models using various GIS analysis and point cloud processing software.

Two photogrammetric models (in Agisoft PhotoScan) were made to document the trap in general: one prior to the conservation and restoration process; plus a second three-dimensional (3D) model once the surface had been cleaned. The purpose of the second model was to visualise the reliefs programme in general, as well as the various surface details. The first complete 3D model of the object was used to perform a virtual reconstruction of the anchor including the elements that did not preserve, using a 3D modelling program (Blender).

Nine areas of the stock surface were selected for the analyses of the various iconographic and epigraphic features, which were documented and processed in Agisoft PhotoScan. The Digital Elevation Model (DEM) and point cloud models were then processed with different analyses tools in Geographic Information System (GIS), such as QGIS also including point cloud processing software (CloudCompare).

Our results document a piece of highly interesting information from its surface consisting of reliefs of four dolphins; there are at least four rectangular stamps: two of them with possible inscriptions, plus an anthropomorphic figure. Thanks to the comparative data, one conclusion is that the four dolphins were made with the same stamp during the stock manufacturing process. Furthermore, the authors were able to reconstruct the dolphin stamp, partially preserved in each of the reliefs, by unifying the 3D models, thus revealing the original set. This system of stamping by means of reusable dies is well known in other elements such as amphorae, but has not been studied in the specific case of lead traps.

Regarding the epigraphic elements, the 3D documentation methodology revealed numerous micro-surface details, not visible under conventional documentation techniques, which could help specialists to interpret these inscriptions. Although they have not been analysed in this research, its documentation has facilitated observing surface details that

*Corresponding author: Elisa Fernández Tudela, elisa.tudela@uca.es



could refer to the manufacturing processes (moulds and tools) or the traces of use, providing historical information on this object. Moreover, the virtual reconstruction of the anchor has promoted the formation of hypotheses on the anchor dimensions and original appearance.

The different tools used, such as raster analysis through shadow mapping and point cloud alignment, proved to be very effective. They have fulfilled the established objectives and have helped to design a possible analysis methodology for future lead traps with decorative elements. These types of artefacts recovered from underwater sites are very common in museum collections. In many cases, their state of conservation and the difficulty in handling them due to their size and weight make it difficult to document surface details. In this case, the multidisciplinary work of conservation and 3D documentation allows for high-quality documentation that is easy to access and exchange between researchers. The combined use of photogrammetric techniques with virtual RTI (V-RTI) provides a non-invasive method for the object, low cost and easy processing compared to other conventional methods.

Keywords: 3D recording; structure-from-motion (SfM) photogrammetry; geographic information system (GIS); virtual reflectance transformation imaging (V-RTI); hillshade; lead stock

Resumen:

El objetivo de este trabajo es presentar la metodología de documentación y análisis llevada a cabo sobre un cepo de plomo de época antigua perteneciente a la colección de cepos del Museo de Cádiz (Andalucía, España). La eliminación de los diferentes estratos de alteración que cubría la superficie durante los tratamientos de conservación y restauración dejó al descubierto un conjunto iconográfico y epigráfico inédito, así como posibles huellas de fabricación y uso. Sin embargo, el estado de conservación deficiente de la superficie original no permitía visualizar los detalles en su conjunto mediante técnicas convencionales, por lo que se decidió el empleo de la documentación fotogramétrica y posterior tratamiento de los modelos mediante diferentes herramientas de análisis en Sistemas de Información Geográfica (SIG) como QGIS y procesamiento de nubes de puntos (CloudCompare). El análisis tridimensional (3D) viene siendo empleado con éxito en la documentación de detalles superficiales sobre objetos arqueológicos. La combinación de los métodos tradicionales con las ventajas de la fotogrametría ha demostrado una mejora sustancial del método. Los resultados obtenidos gracias a la metodología empleada sobre la pieza objeto de esta investigación han revelado detalles microsúperfciales del conjunto iconográfico y epigráfico imposibles de apreciar mediante técnicas de documentación convencionales. El bajo coste y la facilidad de aplicación, así como las posibilidades de procesamiento posterior de los datos obtenidos con diferentes programas, hacen de esta metodología una herramienta muy útil frente a otras técnicas. Los datos microsúperfciales obtenidos, junto con los obtenidos mediante la reconstrucción 3D, aportan una valiosa información para la interpretación del objeto. Las tareas llevadas a cabo también plantean una metodología de estudio eficaz para el análisis de otros cepos de plomo, una tipología de material muy abundante en colecciones de museos a lo largo de todo el Mediterráneo y parte del Atlántico y cuyo estudio permitirá conocer más sobre las anclas de época antigua, sus características morfológicas, procesos de fabricación, elementos epigráficos e iconográficos, mecanismos de alteración, etc.

Palabras clave: documentación 3D; fotogrametría SfM; Sistema de Información Geográfica (SIG); imágenes de transformación de reflectancia virtual (V-RTI); mapa de sombras; cepo de plomo

1. Introducción

Los cepos de plomo son piezas muy abundantes en colecciones de museos a lo largo de todo el Mediterráneo e incluso parte del Atlántico y Mar Negro (Bravo, 1976; Hristov, 2013). Junto con la caña, el zuncho y las uñas, formaban parte de la estructura de las anclas y cumplían la función de aportar peso y favorecer el agarre de estas en el fondo marino. El uso del plomo para la fabricación de cepos se conoce desde al menos el siglo VII a.C. y se extiende hasta el siglo III d.C., cuando se va sustituyendo por el hierro como material de fabricación de anclas (Haldane, 1984). La abundancia del plomo y sus características físico-químicas como la resistencia a la corrosión, la facilidad de fundirlo y su peso lo han hecho un material muy apropiado para el uso en actividades comerciales relacionadas con el medio marino, tales como la navegación y la pesca (Cano, 2003; Rosen & Galili, 2007).

Los cepos han sido objeto de estudio durante décadas por diferentes investigadores que han aportado información referente a las tipologías, posibles cronologías, procedencia de la materia prima, etc. (Bravo, 1976; Haldane, 1984; Kapitän, 1984; Kuleff, Djingova, Alexandrova, Vakova & Amov, 1995; Perrone, 1979).

Pese al elevado número de cepos registrados en los museos, en la mayoría de los casos se tratan de elementos sin contexto arqueológico por tres motivos: 1) recuperaciones no-documentadas; 2) expolios sistemáticos; o 3) hallazgos aislados. Este hecho ha dificultado en muchas ocasiones su estudio. Sin embargo, al inicio de este trabajo se ha podido constatar que en estas piezas hay diferentes aspectos e interrogantes (métodos de fabricación, análisis epigráficos e iconográficos, procesos de alteración, tratamientos de conservación, etc.) que están aún abiertos a la investigación y cuyo estudio podría ayudar a conocer mejor las anclas de época antigua y todos los aspectos relacionados con su origen, producción, cronología, rutas marítimas a las que se asocian, etc.

En este sentido el cepo objeto de estudio depositado en el Museo de Cádiz presentaba un grave estado de conservación con riesgo de pérdidas por desprendimiento en diversos y valiosos elementos superficiales (marcas de uso y fabricación, relieves iconográficos y epigráficos). Esta circunstancia determinó la necesidad de intervenir el objeto para frenar la degradación y preservar su valor documental (Fig. 1).



(a)



(b)



(c)

Figura 1: Detalles de los elementos decorativos bajo los productos de alteración: a) Posible figura antropomorfa; b) Delfín; c) Cartela rectangular con posible inscripción.

La realización de un estudio del estado de conservación mediante técnicas de análisis (difracción de Rayos X, microscopio electrónico de barrido con microanálisis y microscopio óptico y mineralógico) seguido de un tratamiento de desconcreción controlado en toda la superficie, ha permitido dar a conocer lo que se podía intuir débilmente bajo los productos de alteración, un conjunto iconográfico y epigráfico de gran interés que aporta datos muy relevantes de cara a un estudio histórico-arqueológico del objeto.

La retirada de los diferentes estratos de alteración permitió conocer una superficie original con un estado de conservación aceptable en general pero muy alterada en algunas zonas puntuales. Dicha intervención venía justificada por la necesidad de visualizar los detalles originales subyacentes y así proceder a una correcta interpretación de los mismos (Fig. 2).

En este trabajo se expone la metodología llevada a cabo con el objetivo de documentar y visualizar el cepo como objetivo general y el conjunto iconográfico y epigráfico como objetivo específico.

2. Un cepo de plomo depositado en el Museo de Cádiz

2.1. Descripción tipológica

El cepo objeto de estudio forma parte de la colección de cepos de plomo del Museo de Cádiz. Se desconoce su procedencia exacta, pero se atribuye a la zona de La Caleta (Cádiz, Andalucía). El entorno subacuático que rodea la ciudad de Cádiz ha sido escenario de numerosos hallazgos durante décadas. Uno de los principales escenarios de estos se encuentra alrededor de la zona anteriormente citada (La Caleta) que engloba una serie de bajos rocosos en los que se han documentado numerosos cepos. Entre estos bajos, destaca por el número de cepos localizados en el mismo La Cepera, cuyo hidrónimo resume la historia de hallazgos de estos elementos (Fig. 3). Algunos de estos cepos aún se conservan *in situ*, pero lo mayoría han sido extraídos y un gran número de ellos permanecen depositados en el Museo de Cádiz (García & López, 1980).

El cepo objeto de estudio está fabricado en plomo en una sola pieza con medidas aproximadas de 129 cm de longitud x 19 cm de ancho x 17 cm de alto. Cuenta con dos brazos y una caja central hueca con vástago de plomo. La caja, de forma ligeramente rectangular, cuenta con un bisel en sus cuatro esquinas superiores, probablemente para favorecer la fijación a la caña de madera (Fig. 4). Se desconoce el peso real del cepo pero según otros cepos documentados en el Museo de Cádiz con similares características que han sido pesados estaría en torno a los 100 kg.

Según las dos clasificaciones más comunes nos encontramos ante un cepo de tipología Kapitän III.C y Haldane III.B. (Haldane, 1984; Kapitän, 1984). Según Haldane (1984) esta tipología se enmarcaría entre los siglos III a.C. y III d.C. Esta horquilla cronológica, que resulta muy amplia, podría intentar acotarse mediante un análisis histórico-arqueológico del conjunto iconográfico y epigráfico presente en el cepo objeto de estudio que conserva relieves de cuatro delfines, una figura antropomorfa y cinco cartelas, dos de ellas con aparente detalles de epigráficos conservados.

Para facilitar la descripción del conjunto hemos denominado las caras de los brazos que contienen los relieves como anverso y reverso, y a su vez como derecha e izquierda (Fig. 5).

El cepo cuenta con relieves en ambas caras de cada brazo. En la vista denominada anverso encontramos una disposición idéntica en ambas caras (derecha e izquierda). Esta consiste en dos cartelas con inscripciones y un delfín dispuestos en ese orden desde la caja hacia los extremos de los brazos (Fig. 5).

En el caso de la vista denominada como reverso no se puede apreciar el conjunto al completo al contar con un mal estado de conservación de la superficie original, especialmente en la cara izquierda. La cara derecha, mejor conservada, nos muestra una secuencia desde la caja hacia el extremo del brazo con una figura antropomorfa, un delfín, una cartela y relieves de lo que podría ser otra cartela (Figs. 5 y 6). En la cara izquierda se conserva un delfín en mal estado de conservación. Siguiendo el mismo patrón que los relieves del anverso,

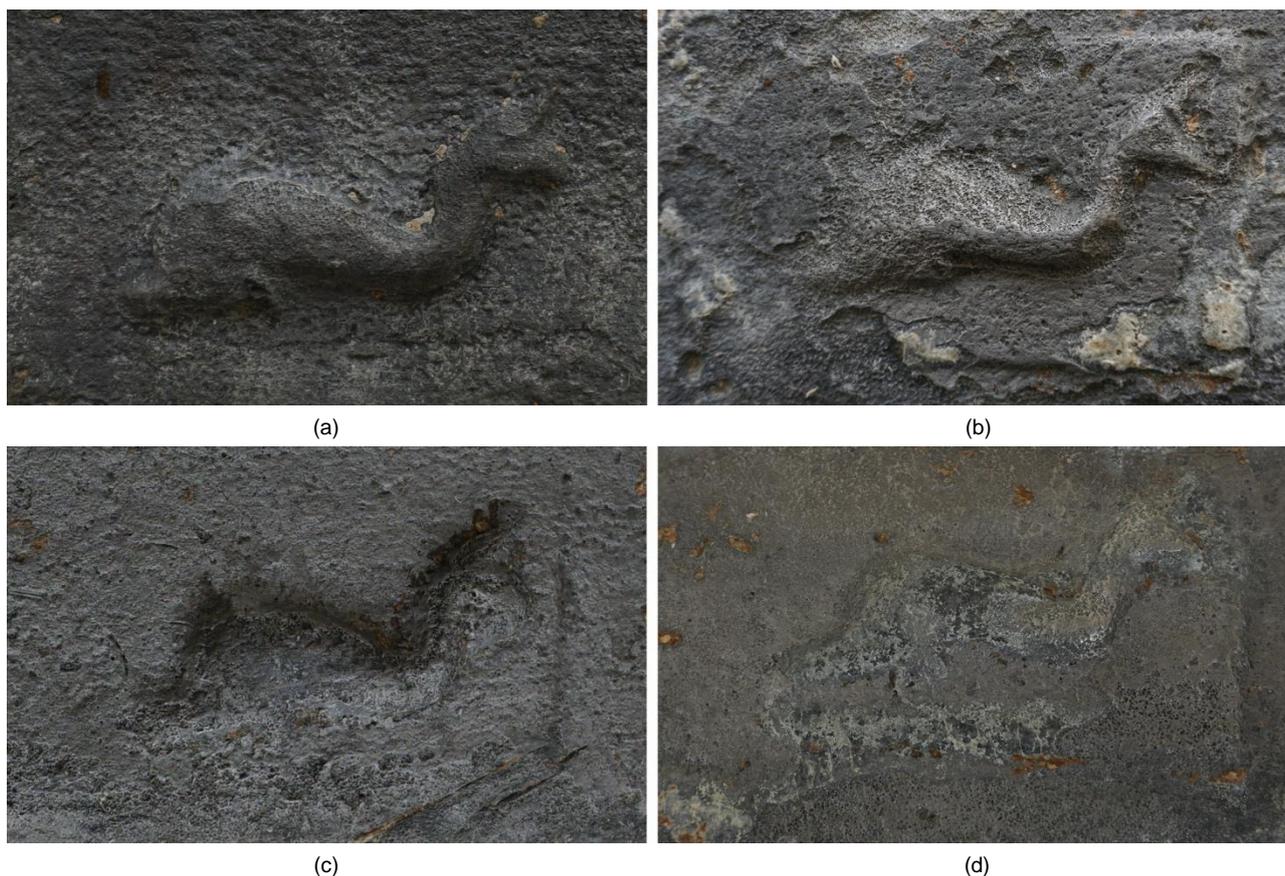


Figura 2: Detalle de los cuatro relieves con representación de delfines donde se aprecia pérdida de superficie original: a) RD-2; b) RI-2; c) AI-3; d) AD-3.



Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de procedencia de los cepos de plomo depositados en el Museo de Cádiz.

cabe suponer que esta cara debía contener los mismos relieves que la cara derecha, pero no se puede afirmar debido al mal estado de conservación de la superficie original.

La técnica de sellado en los relieves estudiados indica un proceso de manufactura indirecto. En las paredes verticales del molde realizado en arena o arcilla refractaria (Bravo, 1976; Haldane, 1984) se imprime la matriz del relieve mediante presión manual dejando una forma hueca o negativo del relieve. El plomo líquido

vertido sobre el molde reproduce una vez solidificado el conjunto del cepo con los sellos en relieve.

En algunos casos de cepos documentados con inscripciones, se aprecian trazos irregulares que sugieren que estas marcas fueron trazadas con punzón sobre el molde *en negativo* (Perea, 2004). En raras ocasiones se han documentado inscripciones mediante la técnica de incisión en frío, más habitual en contramarcados de lingotes de plomo (Ferrer & Sinner, 2019). Sin embargo, en otros casos, como es el cepo objeto de este estudio, se aprecian la impronta rectangular en los que se enmarcan inscripciones u otros relieves, lo que sugiere el empleo de cuños en el molde (Fig. 7).

La representación iconográfica de delfines en elementos históricos relacionados con el comercio y la navegación es algo muy común a largo de toda la Antigüedad clásica. En ocasiones se los relaciona, junto a otros atributos marinos, con el culto a diferentes divinidades, la navegación segura, el buen augurio o la riqueza derivada del comercio. Además, se ha relacionado con la expresión de la potencia comercial de ciudades marítimas (Martínez, 2011), como es el caso de Carthago Nova, donde encontramos delfines sellados en los lingotes de plomo procedentes de sus minas o sus acuñaciones monetarias .

3. Metodología de documentación

Para llevar a cabo estos objetivos se ha optado por el empleo de la documentación fotogramétrica basada en la técnica Structure from Motion (SfM) para la



Figura 4: Vistas generales del cepo objeto de estudio.

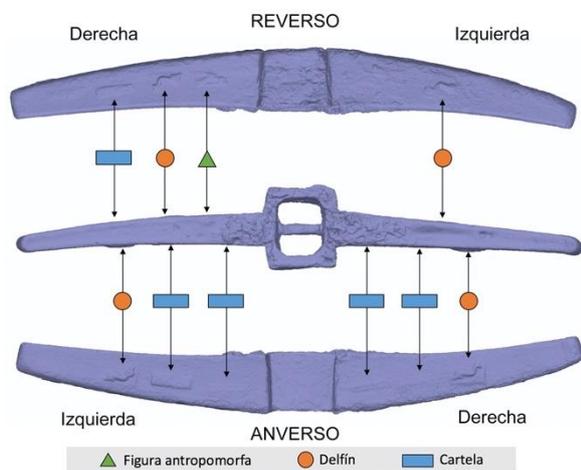


Figura 5: Esquema disposición conjunto iconográfico.

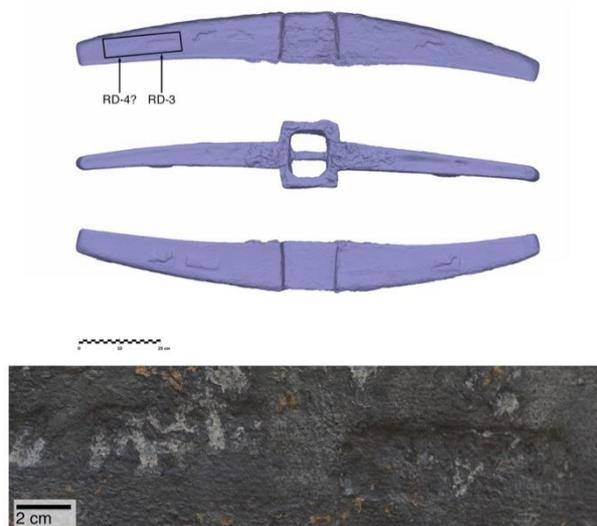


Figura 6: Posible cartela en mal estado de conservación.

generación de modelos 3D de alta resolución. Estos modelos se han trabajado posteriormente con diferentes programas de procesamiento de nube de puntos 3D, como son *CloudCompare v. 2.10.2*, análisis SIG (*QGIS v. 3.10*); modelado 3D (*Blender v. 2.79*) y edición 2D (*Photoshop CC 2017* y *AutoCAD 2016*).

Para llevar a cabo el análisis de los detalles del conjunto se han empleado técnicas de visualización con SIG a partir de los MDE generados de la nube de puntos densa.

Para ello se ha optado por el uso del programa libre QGIS (v. 3.10). Este programa, al igual que otros como

Meshlab o CloudCompare, permite aplicar sobre una malla o una nube de puntos densa diferentes herramientas como MRM (Morphological Relief Model); RTI (Reflectance Transformation Imaging); o APSS (Algebraic Point Set Surfaces) para visualizar y analizar relieves microtopográficos (Torregrosa-Fuentes, Spairani, Huesca, Cuevas & Torregrosa, 2018).

Adicionalmente ha sido empleado el programa CloudCompare v. 2.10.2 para el análisis de cuatro de los relieves a partir de las nubes de puntos densas.

Diferentes metodologías y protocolos de documentación 3D, así como las herramientas anteriormente citadas

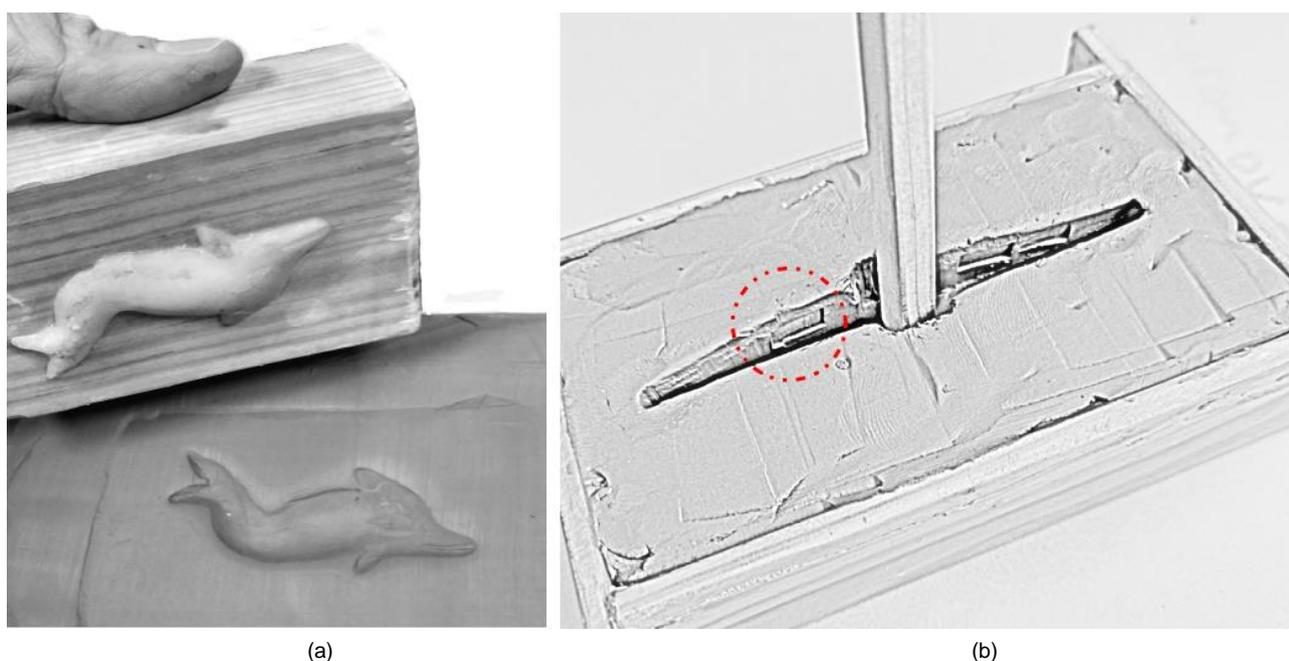


Figura 7: Posible proceso de fabricación y sellado: a) Detalle de la impronta de la figura iconográfica en negativo sobre la pared del molde realizada con un cuño; b) Localización de la impronta en el molde preparado para recibir la colada de plomo. Proceso realizado por Luis C. Zambrano.

han sido empleadas en diferentes investigaciones recientes dando buenos resultados en la documentación y visualización de elementos en los que la documentación 2D tradicional resultaba insuficiente, permitiendo desarrollar diferentes metodologías para el estudio de arte prehistórico (Cerrillo-Cuenca, Bueno-Ramírez & Balbin-Behrmann, 2019; Torregrosa-Fuente, *et al.*, 2018), elementos epigráficos e incisiones en diferentes soportes (Andreu & Serrano, 2019; Carrero-Pazos & Espinosa-Espinosa, 2018; Solem & Nau, 2020; Valente & Barazzetti, 2020), sellos anfóricos (Lech, Matera & Zakrzewski, 2021), superficies en objetos arqueológicos (Fiorini, 2018), o incluso microdetalles en textiles arqueológicos (Goldman, Linn, Shamir, & Weinstein-Evron, 2018) o marcas de huellas dactilares (Bennison-Chapman & Hager, 2018).

3.1. Registro fotogramétrico

El registro fotogramétrico se ha realizado en diferentes fases de trabajo:

- Fase 1. Previa al tratamiento de desconcreción. Objetivo: obtención del modelo 3D para el análisis morfológico y la reconstrucción 3D del ancla.
- Fase 2. Tras el tratamiento de conservación. Objetivo: obtención del modelo 3D general con los detalles superficiales.
- Fase 3. Detalles de los motivos iconográficos. Objetivo: documentación de alta resolución de los detalles microsúperfciales.

Las fases de trabajo de interés para esta investigación han sido la Fase 1 y la Fase 3. La Fase 2 se realizó con el objetivo de obtener una visión general del cepo, su conjunto iconográfico y epigráfico y los detalles superficiales una vez desconcrecionado.

Para el proceso de documentación se ha empleado diferente equipamiento (Tabla 1) y herramientas (trípode, iluminación led, escalas y dianas).

Para asegurar una correcta resolución y adquisición de los detalles superficiales se ha fijado como objetivo un GSD (*Ground Sampling Distance*) menor a 0.5 mm/pix (Fases 1 y 2) y menor a 0.2 mm/pix (Fase 3), teniendo en cuenta que el valor de GSD debe ser 2-3 veces menor al tamaño real del detalle más pequeño a documentar (Nicolae, Nocerino, Menna, & Remondino, 2014).

Durante la Fase 1 se tomaron un total de 198 fotografías con una distancia media hasta el objeto de 55-60 cm para obtener el GSD deseado, con un tamaño de imagen de 4032x3024 píxeles, apertura de diafragma f/2,2, tiempo de exposición 1/35, ISO 64.

Tabla 1: Detalles equipamiento fotográfico.

	Cámara	Sensor (mm) (MP)	Objetivo
Fase 1	IPHONE SE	35x29 (12)	f/2,2
Fase 2	NIKON D610	DX 35,9 x 24,0 (24,3)	AF-S NIKKOR 60 mm f/2.8 AF
Fase 3	SONY ILCE-6000	APS-C 23,5x15,6 (24,3)	Sony E de 16-55mm f3.5-5.6 OSS

Para la Fase 2 se realizaron 81 tomas a una distancia hasta el objeto de 90 cm, con un tamaño de imagen de 6016x4016 píxeles, apertura de diafragma f/4, tiempo de exposición 1/250, ISO 450, distancia focal 55 mm f/3.5. Se empleó un trípode para favorecer la estabilidad de la cámara y permitir una distancia entre el objeto y la cámara fija.

Para la Fase 3 se seleccionaron 10 zonas de interés donde se podían apreciar detalles iconográficos y epigráficos. Las zonas se han documentado por separado para realizar un estudio de los detalles superficiales en profundidad de cada una de ellas. Cada zona se ha clasificado (anverso/reverso y derecha/izquierda) y numerado para facilitar la gestión y lectura de la información a lo largo de la investigación (Fig. 8).

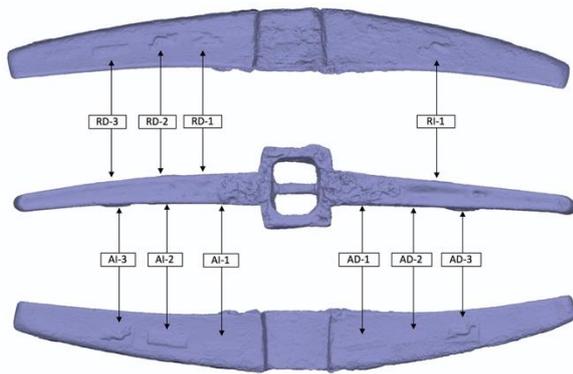


Figura 8: Esquema nomenclatura asignada.

Los parámetros de la cámara han sido resolución 6000x4000 píxeles, apertura de diafragma f/4, tiempo de exposición 1/60, ISO 125, distancia focal 16 mm f/3.5. En todos los casos se ha optado por una distancia entre la cámara y la superficie del cepo de entre 30 y 40 cm.

Para la Fase 1 se ha realizado una sola toma de imágenes obteniendo un único modelo fotogramétrico que ha quedado abierto en la parte inferior. Esta decisión ha estado definida por la finalidad de este primer modelo 3D que no precisaba de un modelo cerrado con precisión y la imposibilidad de moverlo en el momento de la toma de datos. En el caso de la Fase 2 se han realizado dos procesos de toma de imágenes con dos posiciones diferentes del cepo, dando lugar a dos nubes de puntos que posteriormente han sido alineadas, obteniendo así un modelo cerrado. Para ello el cepo se ha posicionado sobre cada una de las dos caras laterales de la caja. La Fase 3 se ha llevado a cabo mediante la documentación individualizada de las 10 zonas de interés como ya se ha especificado anteriormente, obteniéndose 10 modelos fotogramétricos.

Para la obtención de la nube de puntos y malla en 3D (Fases 1-3) y MDE de los de modelos 3D (Fase 3) se ha empleado el programa *Agisoft PhotoScan*. En todos los casos la metodología seguida ha sido la misma.

Los parámetros de orientación de las fotos en el caso de los modelos de la Fase 1 y Fase 2 se han realizado con precisión media y parámetros de reconstrucción de la nube de puntos densa de calidad alta. Se han aplicado máscaras en todas las fotografías para obtener una nube de puntos densa más limpia. Los modelos se han escalado manualmente empleando la escala métrica de 30 cm incluida en la tomas fotográficas. Para comprobar la eficacia del escalado del modelo fotogramétrico se han comprobado medidas conocidas del objeto, como la altura y anchura de la caja. Una vez obtenidos los modelos se han exportado en formato .OBJ para su trabajo en otros programas. En el caso de la Fase 1 se ha realizado retopología del modelo 3D para facilitar su manejo. Este proceso ha consistido en reducir y ordenar la geometría del modelo 3D original mediante el uso de la herramienta *Instant Meshes*, permitiendo así obtener un modelo 3D menos pesado. A este modelo posteriormente se le pueden proyectar las texturas originales mediante *Blender*, quedando un modelo más fácil de manejar debido a su menor tamaño pero sin perder detalles.

En el caso de la Fase 3, de mayor interés para el objetivo principal de esta investigación, se ha optado por una precisión de orientación máxima y una calidad en la nube de puntos densa extra alta (Tabla 2). Para esta fase se han empleado 3 dianas de 3 mm (codificación de 12 bits) generadas por el mismo programa e impresas en papel (Fig. 9).

Estas mismas dianas se han empleado para escalar manualmente los modelos y para la introducción de 3 puntos mínimos de coordenadas relativas necesarios para poder generar el MDE. Una vez detectadas las dianas mediante la herramienta de detección de dianas de *PhotoScan*, y conociendo las distancias entre los puntos y el tamaño de las dianas, se han escalado y posicionado los modelos. Para el escalado se ha empleado el método de distancia entre targets o dianas (Fig. 9) con una precisión media de 0.001 (m).

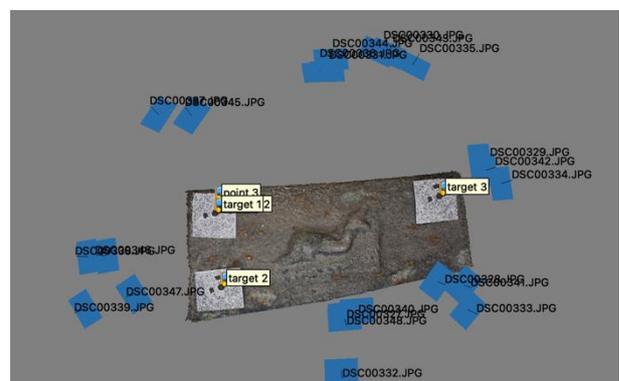


Figura 9: Nube de puntos densa con dianas.

Para establecer el plano de referencia de los modelos de la Fase 3, necesarios para la generación del MDE, se ha empleado una de las dianas en cada uno de los modelos. Para ello se han establecido tres marcadores sobre la diana, uno en el centro y dos en los extremos de la zona coloreada de las dianas que coinciden con un ángulo de 90° a 0.01 (m) respecto al centro. El marcador central corresponde con las coordenadas XYZ de 0.00 (m) mientras que los otros dos se posicionan uno en el eje X y otro en el eje Y, ambos a 0.01 (m) respecto marcador central, quedando así establecido el plano de referencia para generar el MDE.

Los MDE se han generado a partir de las nubes de puntos densas en lugar de a partir de las mallas 3D. Esto se debe a que, a pesar de obtenerse mejores resultados a partir de las mallas 3D, los MDE obtenidos a través de puntos ofrecen menor detalle pero son más precisos al evitarse la simplificación de los procesos de generación de mallas (*Torregrosa-Fuente et al., 2018*).

3.2. Análisis y visualización de los detalles iconográficos y epigráficos con diferentes programas

3.2.1. QGIS

Una vez obtenidos los MDE de los modelos fotogramétricos de la Fase 3, se exportaron en formato .TIFF para trabajarlos con el programa *QGIS*. En este caso hemos optado por la herramienta *RTI virtual (V-RTI)*. Esta técnica se basa en la iluminación interactiva de la pieza dando como resultado diferentes reflejos y sombras, mediante iluminación virtual.

Tabla 2: Parámetros del proceso fotogramétrico de la Fase 3.

ANVERSO					
	Cámaras	Puntos de enlace	Proyecciones	Error re-proyección (pix)	Puntos nube densa
AD-1	34	28.931	89.534	0.986	4.994,157
AD-2	34	30.421	108.504	0.673	4.971,154
AD-3	22	25.182	76.591	0.616	5.771,369
AI-2	23	11.802	39.203	0.598	3.009,799
AI-3	24	16.079	49.731	0.659	3.793,020
REVERSO					
RD-1	28	17.849	58.286	0.709	7.294,629
RD-2	23	17.803	63.114	1.68	7.030,484
RD-3	27	19.407	57.916	0.724	5.616,519
RI-1	30	17.855	62.579	0.777	6.570,182

En el caso del programa QGIS se ha empleado el plugin *Terrain shading* que incluye las herramientas usadas de análisis del terreno ráster: mapa de sombras (*hillshade*), *relieve* y *sky-view factor*. Entre las diferentes herramientas, el mapa de sombras nos ha permitido obtener los mejores resultados a la hora de analizar los detalles iconográficos, en especial en el caso de las cartelas con posibles inscripciones.

En todos los casos la metodología llevada a cabo ha consistido en importar los archivos .TIFF, y posteriormente extraer la zona ráster mediante extensión de corte para seleccionar la zona de estudio. Una vez seleccionada la zona se le ha aplicado la herramienta mapa de sombras a través de las propiedades de capa. Dentro de los parámetros de renderizado de estas herramientas se pueden modificar algunos factores que hacen referencia a la iluminación como la altitud, el ángulo de orientación sobre la superficie (azimut) o el factor Z. Además, se pueden modificar los factores del color de render como el modo de mezcla, el brillo, el contraste, la saturación o la mezcla de colores. Una de las ventajas de esta técnica es que la variación de los valores permite resaltar detalles microsúpericiales difíciles de apreciar a simple vista. Esto nos permite conocer detalles como el tamaño y forma de los posibles cuños y realizar hipótesis y comparaciones entre los diferentes elementos del conjunto decorativo. En este sentido esta herramienta resulta de gran utilidad a la hora de estudiar posibles detalles epigráficos (Carrero-Pazos *et al.*, 2018). En nuestro caso contábamos con cuatro cartelas bien definidas de aproximadamente 9 cm de ancho por 3 cm de alto y otra posible cartela en mal estado de conservación (Fig. 6). El principal objetivo ha sido intentar documentar estas inscripciones con la intención de permitir un estudio más detallado del conjunto iconográfico y epigráfico.

La metodología a seguir ha sido la misma detallada anteriormente obteniéndose los mejores resultados con la herramienta mapa de sombras de QGIS (Fig. 10).

3.2.2. CloudCompare

Este programa se ha empleado para el análisis de los relieves de los cuatro delfines (RD-2, RI-1, AD-3 y AI-3). Cada una de las figuras se encuentran enmarcadas en



Figura 10: Herramienta hillshade aplicada con diferentes parámetros sobre un mismo MDE.

un rectángulo que se corresponde con la impronta del cuño usado en el proceso de fabricación. Cada uno de los elementos contaba con un estado de conservación diferente en el que se había perdido información, no pudiéndose apreciar en su totalidad en ninguno de los casos.

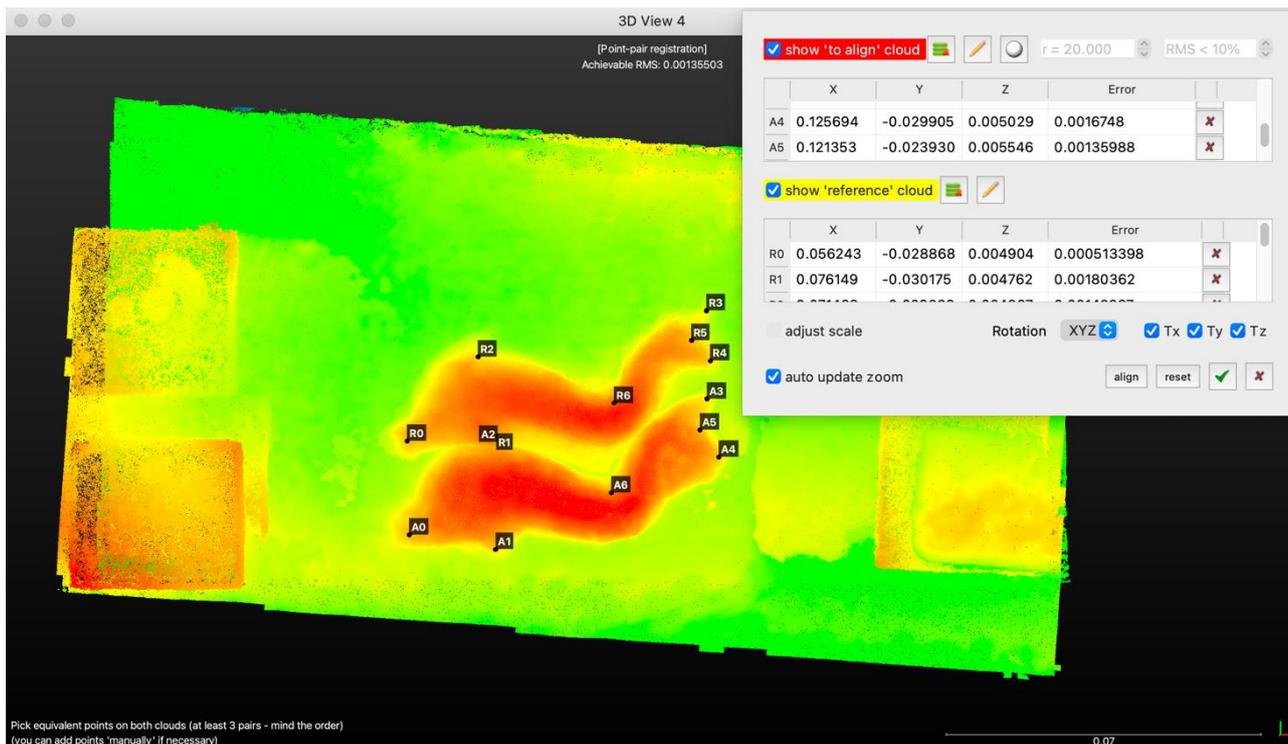


Figura 11: Proceso de alineación de nubes de puntos densa en CloudCompare con una precisión media de 1 mm.

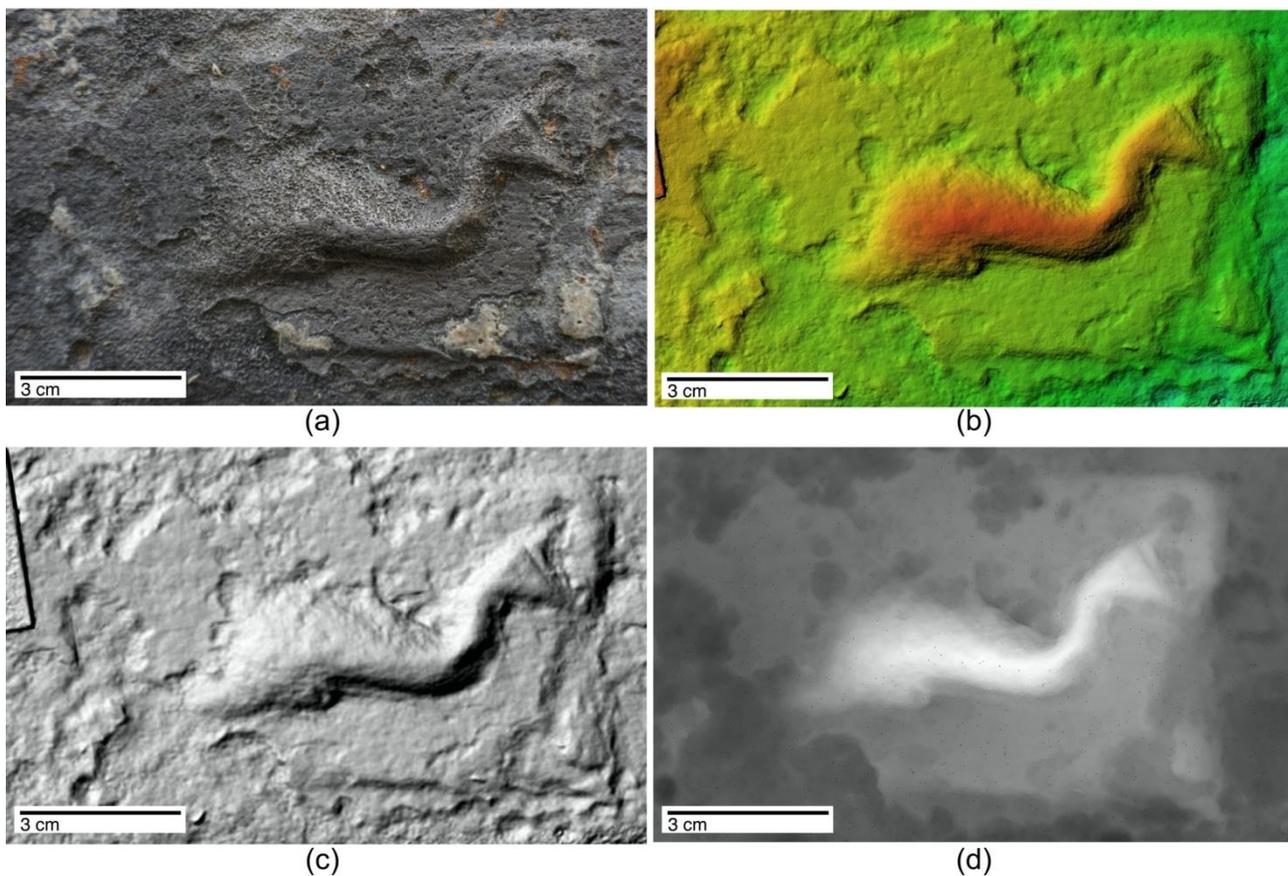


Figura 12: Documentación del relieve del delfín RI-2. (a) Imagen real; (b) MDE obtenido con PhotoScan; (c) Shillshade QGIS; (d) visualización mediante la variación de la escala de representación en CloudCompare.

El objetivo del uso de CloudCompare ha sido identificar los detalles de estos relieves y establecer un posible origen a partir del mismo cuño.

La metodología ha consistido en la alineación de las nubes de puntos mediante la herramienta *alinear* de CloudCompare. Este proceso consiste en identificar al

menos cuatro puntos comunes de las dos nubes de puntos a alinear. En este caso se han identificado elementos comunes conservados en los sellos, como por ejemplo los extremos de las colas de los delfines, el inicio de la aleta superior o la aleta inferior, todos estos elementos se conservan en mayor o menor medida en cada uno de los cuatro relieves (Fig. 11). En este proceso no fue necesario reescalar los modelos ya que ya habían sido escalados en PhotoScan. Previamente a la alineación se han exportado las coordenadas en Z, también asignadas en PhotoScan, para la escala de visualización (scalar field). De esta forma se genera una visión a modo de MDE de la nube de puntos teniendo en cuenta la coordenada en Z. Una vez alineadas las

nubes se han aplicado diferentes escalas de representación para mejorar la visualización de los detalles microsuperficiales (Fig. 12).

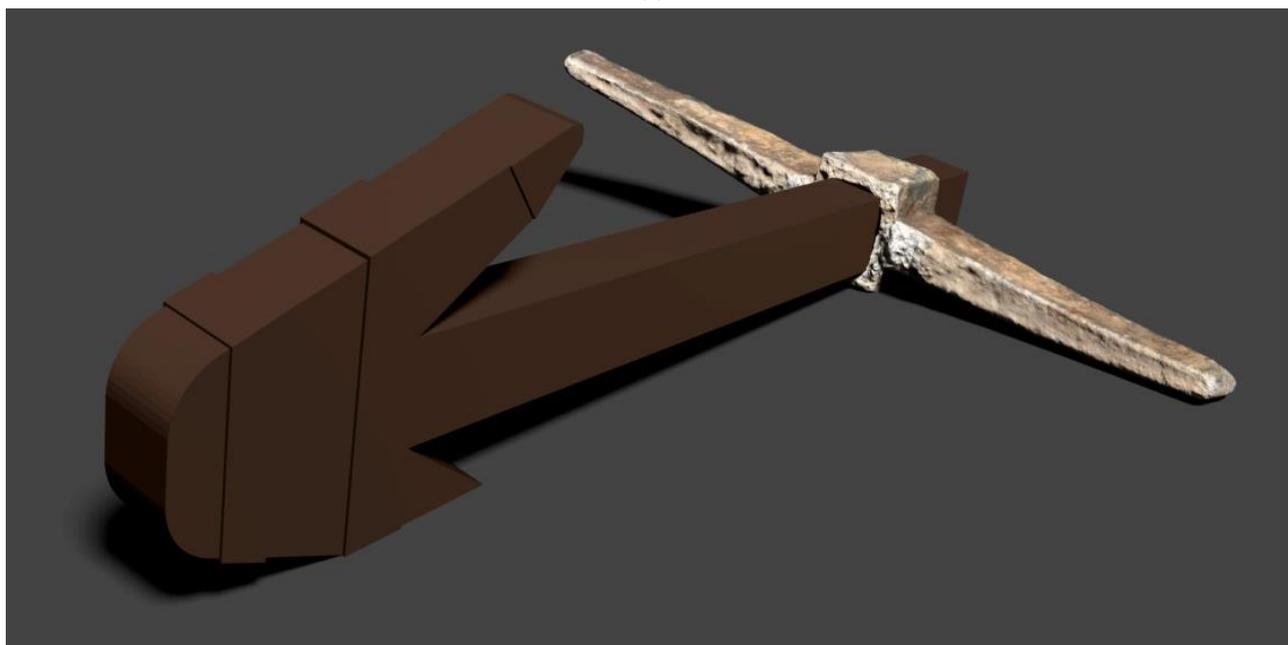
Los resultados obtenidos de los cuatro relieves han sido posteriormente combinados mediante programa de edición gráfica (Adobe Photoshop CC 2017).

3.3. Análisis volumétrico del modelo 3D

La Fase 1 de documentación durante las etapas iniciales de la investigación tuvo el objetivo de analizar tanto los aspectos estructurales del cepo como la sección de la caña o el tamaño que debió de tener el ancla a través de la anastilosis virtual con Blender.



(a)



(b)

Figura 13: Reconstrucción virtual: a) posición del cepo y la caña durante el proceso de fabricación; b) posición del ancla en el fondo marino. Elaboración propia a partir de Hadas, 2005.

La anastilosis virtual consiste en la reconstrucción virtual de los elementos faltantes del objeto a través de los elementos conservados y conocidos (Bravo, 1976; Kapitán, 1984). Para llevar a cabo esta reconstrucción a escala se empleó el estudio realizado en un ancla hallada casi completa a excepción del cepo de plomo (Hadas, Liphshitz & Bonani, 2005). Este hallazgo excepcional nos ayuda a entender la estructura de un ancla de estas características ya que conserva toda su estructura principal, incluyendo la caña y el travesaño de madera que habría quedado en el interior del cepo de plomo una vez fabricado. Durante este proceso se han empleado los programas AutoCAD 2016 para realizar un plano con las medidas escaladas y Blender para realizar una reconstrucción del ancla (Fig. 13).

4. Discusión

A la hora de analizar los relieves se han obtenido mejores resultados mediante el uso de herramientas de análisis del terreno ráster, en especial del mapa de sombras. Los parámetros aplicados que han aportado mejores resultados han dependido de las características de los relieves. Para el estudio de las cartelas con posibles inscripciones la aplicación de estas herramientas de manera conjunta ha permitido conocer más detalles como los posibles elementos epigráficos (Figs. 14 y 15), que presentan cierta similitud con los documentados en un cepo de plomo con inscripciones neopúnicas datado en torno al siglo I a.C. (Chatonnet, 2007), las características de los cuños empleados o la posible presencia de relieves en zonas peor conservadas (Fig. 16). Un análisis histórico-arqueológico de esta información recuperada podría ayudar a acortar la horquilla cronológica propuesta según su atribución tipológica (Haldane, 1984), ya que los elementos iconográficos y epigráficos que presenta nuestro cepo permiten proponer una cronología para el mismo entre el siglo III a.C. y el I a.C. Como resultado del tratamiento aplicado, se mejora notablemente la posible lectura de la epigrafía presente en los elementos sellados, y aunque no es el objeto concreto del trabajo, se refuerza la propuesta de interpretarlos como una grafía púnica, similar a las registradas de manera más usual sobre la producción anfórica púnica (Ramon, 1995), pues es posible identificar caracteres compatibles con el alfabeto neopúnico.

En el caso de elementos con mayor volumen como los delfines, los mapas de sombras han permitido resaltar diferentes detalles que resultaban difíciles de observar *in situ* como los márgenes de las cartelas o ciertos elementos de las figuras del relieve (Fig. 10). Sin embargo, esta herramienta resulta insuficiente en relieves con demasiados detalles al no permitir visualizar de manera conjunta todos los detalles en una misma imagen. En este sentido el programa CloudCompare nos ha aportado una mejor visualización de estos elementos.

La posibilidad de alinear las nubes de puntos densa mediante elementos conservados nos ha permitido demostrar que se trata de un mismo cuño empleado para la fabricación del cepo. Esta herramienta permite determinar las zonas comunes de las diferentes figuras, así como las zonas faltantes o peor conservadas (Fig. 17).

Otras herramientas propias del programa CloudCompare, empleadas en diferentes estudios para comparar nubes de puntos de un mismo modelo (Cerrillo-Cuenca et al., 2019; López-Martínez et al., 2018), no han sido empleadas en esta investigación, pero podrían resultar útiles en un futuro a fin de evaluar la similitud entre relieves realizados con un mismo cuño en diferentes objetos. Para ello sería necesario establecer una metodología de trabajo que incluya una toma de datos muy precisa de los diferentes relieves. La creación de una base de datos de modelos de nubes de puntos densa permitiría realizar este tipo de investigaciones entre diferentes cepos.

La visualización de los relieves bajo diferentes parámetros de representación ha permitido combinar las zonas mejor conservadas de cada uno de los elementos, dando como resultado una visión más completa del sello. Se ha podido documentar un sello rectangular de 13 cm de ancho por 9 cm de alto aproximadamente con la figura de un delfín con unas dimensiones de 11 cm de ancho por 6 cm de alto (Fig. 18).

Las Fases 1 y 2 de trabajo enfocadas a conocer las características estructurales del cepo de manera general, han permitido formular una hipótesis del posible tamaño del ancla. Gracias a la reconstrucción virtual de todos los elementos faltantes nos hacemos una idea de un ancla de aproximadamente 2.20 m de longitud incluyendo todos sus elementos (Fig. 13). Esto debe tomarse como un dato muy general ya que se ha realizado a partir de un paralelo de ancla que conservaba los elementos de madera (caña, brazos y travesaño), pero no el cepo.

Los trabajos llevados a cabo en la Fase 3 nos han permitido documentar y analizar en profundidad los elementos superficiales del cepo. El principal objetivo, que era ampliar la calidad del registro documental, ha sido posible gracias al empleo de herramientas SIG y de gestión de nubes de puntos.

Estas herramientas resultan de gran interés para documentar otros detalles superficiales no previstos como son las marcas de fabricación y uso descubiertas sobre el objeto. En esta línea de investigación podemos encontrar estudios realizados sobre las marcas incisas en roca que buscan determinar mediante el análisis de la documentación 3D el uso de herramientas líticas o metálicas (Zotkina & Kovalev, 2019). Poder documentar el conjunto de estos detalles superficiales y compararlos con otros cepos que presentan marcas similares podría aportar datos sobre el uso útil o sobre los procesos de fabricación de estos objetos. Esta interesante línea de investigación, que no es objeto de este trabajo, requeriría de una base de datos amplia de marcas sobre plomo.

La metodología habitual para llevar a cabo la técnica de RTI es mediante el uso de toma de datos con una cámara, una bóveda oscura, diferentes puntos de iluminación y esferas que se colocan en la superficie a documentar. Este método tradicional tiene algunas desventajas como la dificultad de documentar ciertas superficies curvas o la limitación de posprocesado de la documentación final (Solem & Nau, 2020).

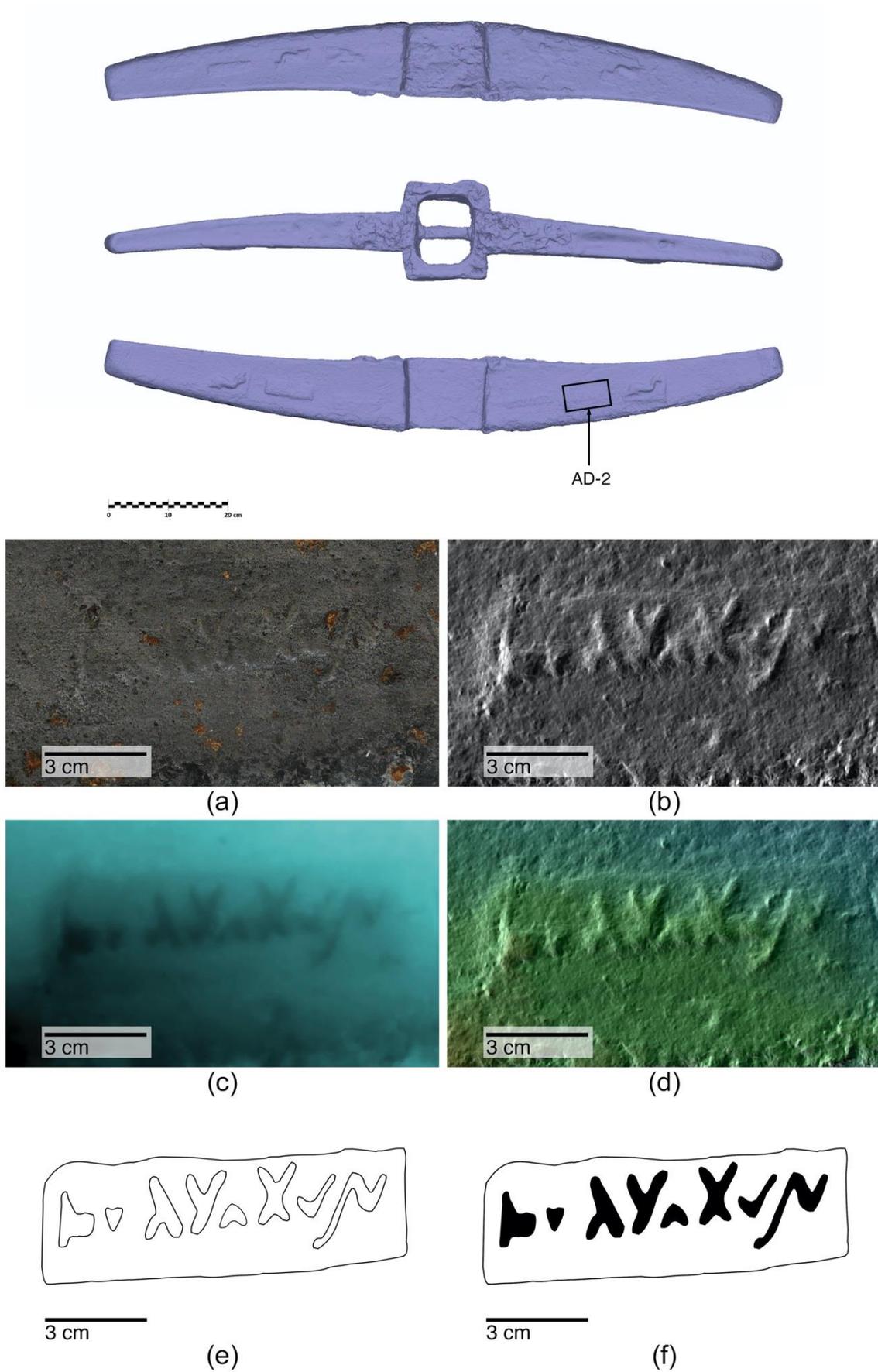


Figura 14: Detalles de la cartela con sello epigráfico (AD-2): a) Fotografía; b) MDE + Hillshade; c) MDE + color + incremento de contraste; d) Hillshade modo mezcla con MDE; e) y f) Dibujo.

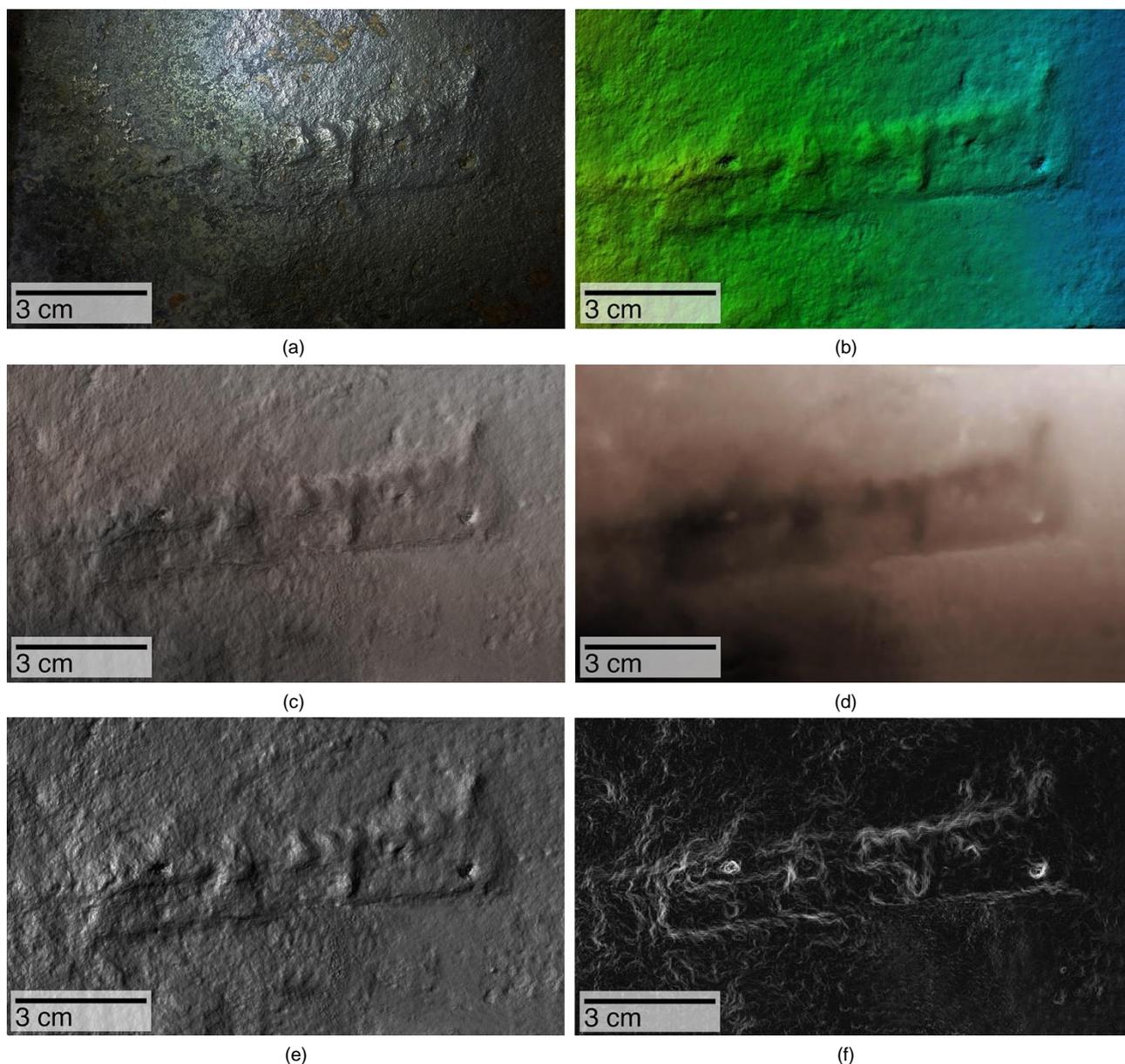


Figura 15: Detalles de la cartela con sello epigráfico (AD-1): a) Fotografía; b) MDE; c) Sky-view factor; d) MDE + color + incremento de contraste; e) Hillshade con factor Z 2; f) Hillshade multidireccional y aumento de factor Z.

El uso combinado del V-RTI junto a otras técnicas de procesado de imagen ha supuesto una óptima metodología a la hora de documentar el cepo. A pesar de suponer una pérdida de resolución en los resultados finales frente al método RTI tradicional (Solem & Nau, 2020), el bajo coste económico y la facilidad de aplicación, así como las posibilidades de procesamiento de la información posterior con diferentes programas hace que las ventajas suplan la pérdida de precisión. Al mismo tiempo se facilita el intercambio dinámico de datos entre investigadores.

Otro de los aspectos interesantes que brindan los procesos fotogramétricos es la posibilidad de realizar cálculos volumétricos a partir de los modelos 3D. Sin embargo, en estos cálculos entran en juego numerosas variantes (estado de conservación, detalles estructurales, dimensiones reales, etc.) (Poigt, 2015) que condicionan la exactitud de los resultados. Por lo que resulta sencillo obtener resultados erróneos,

que se magnifican de no establecer con rigor la escala de los modelos.

El proceso de reescalado de los modelos no solo afecta a los cálculos volumétricos, sino que es crucial a la hora de llevar a cabo procesos como la comparación de nubes de puntos o el análisis de los MDE. En este sentido la metodología de reescalado mediante el uso de escalas métricas y distancias entre dianas ha resultado suficiente, siendo necesario depurar la técnica en un futuro en el caso de llevarse a cabo cálculos volumétricos de los modelos.

5. Conclusiones

Las técnicas digitales de documentación suponen métodos no invasivos que permiten analizar y estudiar los diferentes elementos aportando una herramienta complementaria a las técnicas convencionales como el dibujo, la fotografía o el calco. Independientemente de la imprescindible interpretación del investigador a la

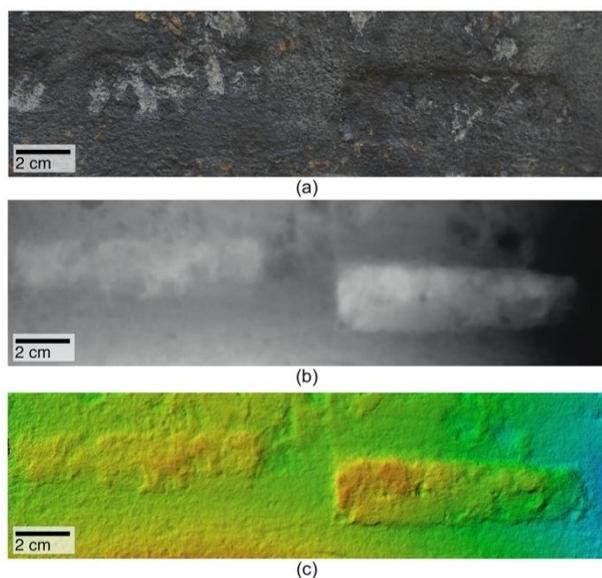


Figura 16: Detalles de cartela (RD-3) y posible restos de cartela: a) Fotografía; b) MDE (en escala de grises); y c) MDE.

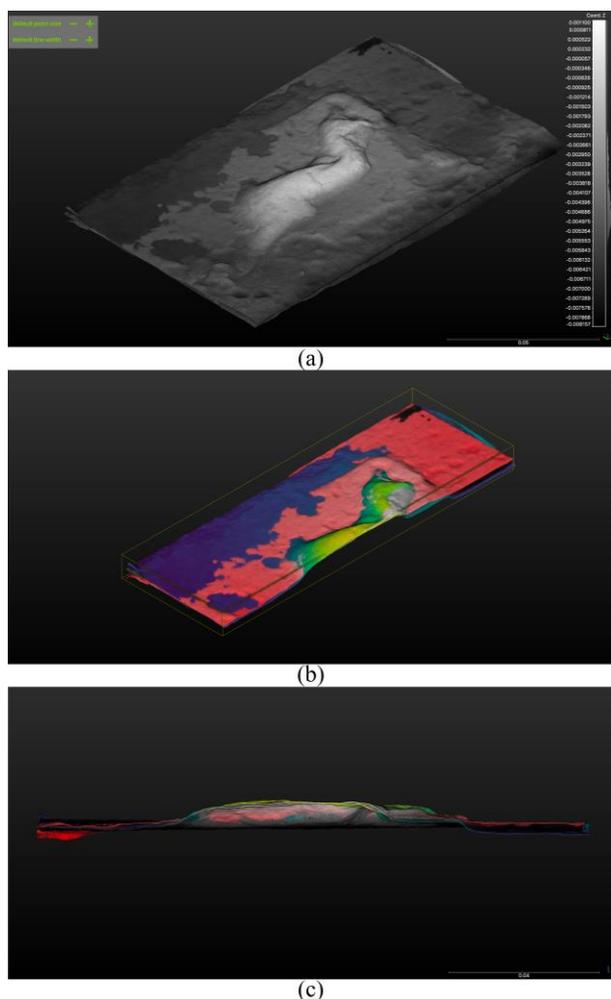


Figura 17: Nubes de puntos densas: a) Alineación de los cuatro relieves de delfines mediante detalles conservados; b) Sección transversal de las nubes en diferentes tonalidades donde se observan las diferencias en las zonas peor conservadas; c) Visión frontal de la sección.



Figura 18: Imagen resultado de la combinación de los cuatro relieves de delfines.

hora de analizar y estudiar los resultados obtenidos, la documentación 3D permite ampliar la información adquirida en el proceso objetivo de recogida de datos. Esto permite sin duda llegar a un análisis más en profundidad.

En el caso del cepo de plomo objeto de estudio, la metodología llevada a cabo ha permitido documentar y visualizar un conjunto iconográfico y epigráfico inédito compuesto por cuatro relieves de delfines; una figura antropomorfa; cinco cartelas, dos de ellas con elementos epigráficos parcialmente conservados y una posible cartela muy alterada.

El trabajo realizado ha permitido ofrecer nuevos datos sobre el cepo de plomo que hasta ahora no se conocían. Los datos obtenidos abren la posibilidad a un estudio mejor documentado que permita interpretar cuestiones como las marcas epigráficas o las posibles marcas de uso o fabricación. Además, la metodología de digitalización mediante técnicas no intrusivas de este y de otros cepos con características similares podría servir para crear una base de datos que ayude a comparar y analizar los diferentes detalles superficiales en especial la epigrafía sellada.

La reutilización de cuños es muy común en la cultura material antigua sobre el conjunto denominado *instrumentum domesticum*. Un ejemplo es el caso de la producción de envases cerámicos. En este sentido es de esperar que se reutilicen durante el proceso de fabricación, no solo como hemos visto en el caso de un mismo cepo, si no en otros del mismo fabricante o dueño.

Si bien los resultados obtenidos han sido en general buenos, en algunos de los modelos documentados se aprecia aún una falta de resolución y precisión que impide visualizar algunos elementos. En este sentido, con una toma de datos con fotografías de mayor calidad y resolución se podrían obtener mejores resultados, disminuyendo el ruido de los modelos 3D y evitando así la aparición de detalles superficiales erróneos. Esto podría conseguirse mediante la mejora de la planificación y configuración de la toma de datos, así como la selección de instrumental específico como lentes macro o cámaras de mayor resolución, lo que permitiría establecer un menor GSD (del orden de las micras) ayudando a identificar con más nitidez los detalles superficiales.

Se plantea la puesta en marcha de una metodología que determine el volumen de estos objetos partiendo de los modelos fotogramétricos. Estos trabajos serían útiles para hacer una estimación acertada de la masa de los cepos sin necesidad de recurrir a las peligrosas manipulaciones de estos objetos.

Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación y Universidades, Agencia Estatal de Investigación y la Unión Europea bajo el proyecto financiado EQC2018-004947-P.

Referencias

- Andreu, J., & Serrano, P. (2019). Contributions of the digital photogrammetry and 3D modelling of Roman inscriptions to the reading of damaged tituli: An example from the Hispania Tarraconensis (Castiliscar, Saragossa). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 12, e00091. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00091>
- Bennison-Chapman, L. E., & Hager, L. D. (2018). Tracking the division of labour through handprints: Applying Reflectance Transformation Imaging (RTI) to clay 'tokens' in Neolithic West Asia. *Journal of Archaeological Science*, 99, 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.09.004>
- Bravo, J. (1976a). Evolución y técnica en la construcción de anclas antiguas. En *Ancorae Antiquae I*. Ceuta: Sala Municipal de Arqueología.
- Bravo, J. (1976b). *Cepos de anclas con relieves recuperados en el Mediterráneo Occidental*. En *Ancorae Antiquae I*. Ceuta: Sala Municipal de Arqueología.
- Cano, A. I. (2003). Aproximación al estudio de la minería del plomo en Extremadura y sus usos en época romana. *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses*, (20), 119-130.
- Carrero-Pazos, M., & Espinosa-Espinosa, D. (2018). Tailoring 3D modelling techniques for epigraphic texts restitution. Case studies in deteriorated Roman inscriptions. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 10, e00079. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00079>
- Carrero-Pazos, M., Vilas-Estévez, B., & Vázquez Martínez, A. (2018). Digital imaging techniques for recording and analysing prehistoric rock art panels in Galicia (NW Iberia). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 8, 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.11.003>
- Cerrillo-Cuenca, E., Bueno-Ramírez, P., & de Balbín-Behrmann, R. (2019). "3DMeshTracings": A protocol for the digital recording of prehistoric art. Its application at Almendres cromlech (Évora, Portugal). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 25, 171-183. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.03.010>
- Chatonnet, F. B. (2007). Première ancre à inscription néopunique. *Orientalia*, 76(1), 24-29.
- Ferrer i Jané, J., & Sinner, A. G. (2019). Baitolo, una doble inscripción ibérica en un cepo de ancla de plomo del siglo I a.C. *Palaeohispanica. Revista sobre lenguas y culturas de la Hispania Antigua*, (19), 147-167. <https://doi.org/10.36707/palaeohispanica.v0i19.207>
- Fiorini, A. (2018). Il metodo fotografico RTI (reflectance transformation imaging) per la documentazione delle superfici archeologiche. L'applicazione ai materiali di età protostorica. *Archeologia e Calcolatori*, 29, 241-258. <https://doi.org/10.19282/ac.29.2018.20>
- García, C., & López, M. D. (1980). Elementos de anclas antiguas del Museo de Cádiz. *Boletín del Museo de Cádiz*, 2, 67-72.
- Goldman, Y., Linn, R., Shamir, O., & Weinstein-Evron, M. (2018). Micro-RTI as a novel technology for the investigation and documentation of archaeological textiles. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.02.013>
- Hadas, G., Liphshitz, N., & Bonani, G. (2005). Two ancient wooden anchors from Ein Gedi, on the Dead Sea, Israel. *International Journal of Nautical Archaeology*, 34(2), 299-307. <https://doi.org/10.1111/j.1095-9270.2005.00061.x>
- Haldane, D. (1984). *The wooden anchor*. Texas: Texas A&M University.
- Hristov, I. (2013). *Antique stone anchors, stone and lead anchor stocks from the collection of The National Museum of History. End of 2nd ML B.C. - 3rd century A.D.* Sofia: UNICART.
- Kapitän, G. (1984). Ancient anchors-technology and classification. *The International Journal of Nautical Archaeology*, 13(1), 33-44.

- Kuleff, I., Djingova, R., Alexandrova, A., Vakova, V., & Amov, B. (1995). INAA, AAS, and lead isotope analysis of ancient lead anchors from the black sea. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 196(1), 65-76. <https://doi.org/10.1007/BF02036290>
- Lech, P., Matera, M., & Zakrzewski, P. (2021). Using reflectance transformation imaging (RTI) to document ancient amphora stamps from Tanais, Russia. Reflections on first approach to their digitalisation. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 36, 102839. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102839>
- López-Martínez, T., García-Bueno, A., & Medina-Flórez, V. J. (2018). New methodology for the assessment of cleaning treatments. Applications of photogrammetry for restoration. *Journal of Cultural Heritage*, 30, 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.09.019>
- Martínez, A. (2011). Iconografía sagrada fenicio-púnica en las monedas de Hispania siglos III al I a. C. *El Futuro del Pasado: Revista Electrónica de Historia*, 2, 579-600. <https://doi.org/10.14201/fdp.24666>
- Nicolae, C., Nocerino, E., Menna, F., & Remondino, F. (2014). Photogrammetry applied to problematic artefacts. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5, 451-456. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-451-2014>
- Perea, S. (2004). Zeus Kásios Sózon y Afrodita Sózousa, divinidades protectoras de la navegación. A propósito de dos cepos de anclas romanas procedentes del Cabo de Palos. *Mastia: Revista del Museo Arqueológico Municipal de Cartagena*, (3), 95-111.
- Perrone, M. (1979). *Ancorae antiquae: Per una cronologia preliminare delle ancore del Mediterraneo*. Roma: L'Erma di Bretschneider.
- Poigt, T. (2015). Volume measurement by photogrammetry. Applications for the weighing metrology studies. In *International Conference on Metrology for Archaeology*, 1, (pp.197-202), Benevento, Italy.
- Ramon, J. (1995). *Las ánforas fenicio-púnicas del Mediterráneo central y occidental*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Rosen, B., & Galili, E. (2007). Lead use on Roman ships and its environmental effects. *International Journal of Nautical Archaeology*, 36(2), 300-307. <https://doi.org/10.1111/j.1095-9270.2007.00145.x>
- Solem, D.-Ø. E., & Nau, E. (2020). Two new ways of documenting miniature incisions using a combination of image-based modelling and reflectance transformation imaging. *Remote Sensing*, 12(10), 1626. <https://doi.org/10.3390/rs12101626>
- Torregrosa-Fuentes, D., Spairani-Barrio, Y., Huesca-Tortosa, J. A., Cuevas-González, J., & Torregrosa-Fuentes, A. J. (2018). Application of automated photogrammetry and lighting techniques with GIS tools for visualisation and analysis of a slab with anthropomorphic reliefs. *Virtual Archaeology Review*, 9(19), 114-124. <https://doi.org/10.4995/var.2018.9531>
- Valente, R., & Barazzetti, L. (2020). Methods for ancient wall graffiti documentation: overview and applications. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 34, 102616. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102616>
- Zotkina, L. V., & Kovalev, V. S. (2019). Lithic or metal tools: Techno-traceological and 3D analysis of rock art. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 13, e00099. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00099>