



## Digitalización de las cabezas momificadas del Museo de Arqueología y Etnología de América de la Universidad Complutense de Madrid

Carlos Cancio Moreno<sup>1</sup> y Javier Lescure<sup>2</sup>

Recibido: 30 de mayo de 2020 / Aceptado: 21 de septiembre de 2020

### Introducción

El Museo de Arqueología y Etnología de América está ubicado en la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad Complutense de Madrid, España. Este museo abre sus puertas en los años 60 (Aranda *et al.* 2015) y paulatinamente va aumentando sus fondos hasta ser, hoy día, un referente museístico en la Arqueología y Etnografía del continente americano, así como una herramienta de gran valor docente para la Facultad (Alonso 2000).

El objetivo central de la investigación es la elaboración de modelos digitales en tres dimensiones de una serie de restos humanos momificados del Museo de Arqueología y Etnología de América, con lo que se pretende favorecer la conservación de un patrimonio especialmente sensible a la degradación (Samadelli *et al.* 2019). Aunque en el Museo estas piezas reciben un tratamiento y musealización específicos, y tanto la temperatura como la humedad se controlan regularmente, es inevitable cierto grado de deterioro de los tejidos humanos. Por este motivo, las metodologías que permiten transferir el patrimonio a un soporte digital cobran especial relevancia para estas situaciones.

Las técnicas digitales se han utilizado con restos momificados principalmente en dos casos, la reconstrucción facial (Marić *et al.* 2020) y el estudio de los restos contenidos en un fardo funerario, a través de Tomografía Axial Computarizada, TAC (Sutherland 2019). La fotogrametría es habitual en la conservación del patrimonio cultural (Riris 2017), pero no es tan frecuente que sea utilizada aplicada a tejidos momificados.

Esta falta de uso es sorprendente teniendo en cuenta todas las ventajas que la fotogrametría aporta al estudio y conservación del patrimonio cultural, esencialmente debido a su reducido coste respecto a otras técnicas de digitalización (Wrobel *et al.* 2019).

<sup>1</sup> Arqueólogo especializado en Técnicas Fotogramétricas. Universidad Complutense de Madrid. [ccanciomoreno@gmail.com](mailto:ccanciomoreno@gmail.com)

<sup>2</sup> Arqueólogo especializado en Antropología Física. Universidad Complutense de Madrid. [javier.lescure.rodriguez@gmail.com](mailto:javier.lescure.rodriguez@gmail.com)

Paralelamente, se plantea el estudio de la problemática asociada a la fotogrametría de tejidos orgánicos momificados o con tratamientos *post mortem* similares, un campo de estudio poco explorado.

## Material y métodos

La colección estudiada la componen dos cabezas momificadas procedentes del Valle de Huaura, Perú (Chancay-1 y Chancay-2), una “cabeza trofeo” munduruku de Brasil (Munduruku-1) con tratamiento funerario y una cabeza reducida shuar (Shuar-1) de Ecuador (Figura 1).



Figura 1. Lugares de procedencia del material estudiado.

Las dos cabezas momificadas originarias de Perú pertenecen a la cultura Chancay, del Horizonte Intermedio Tardío (1000-1500 d.C.). Como es frecuente en este periodo (Vreeland 1998), las momias proceden de un yacimiento costero, en concreto del Valle de Huaura.

La existencia de cráneos para su uso como culto a las “cabezas trofeo” está bien documentado en otros lugares de Sudamérica, incluso como práctica “masiva” (Browne *et al.* 1993), pero los estudios sobre “cabezas trofeo” Munduruku proceden fundamentalmente de Brasil (Santos *et al.* 2007) y Portugal (Souza y Martins 2004). Dentro de esta clasificación de “cabeza trofeo” se podría incluir la cabeza reducida Shuar.

Estas cabezas reducidas han sido ampliamente estudiadas por lo singular de la práctica en sí misma, y los estudios más recientes parecen estar orientados a la distinción de las cabezas reducidas ceremoniales de aquellas comerciales (Houlton 2018).

Para la elaboración de los modelos digitales es necesario en primer lugar la toma de fotografías, que se hicieron con una cámara Nikon D3300 (24.2 Mpx) con un objetivo AF-P NIKKOR 18-55 mm. El *software* elegido para la construcción de los modelos 3D es Meshroom de AliceVision (2020) Posteriormente, se ha utilizado el programa Blender (2020) para los trabajos de post-procesado de los modelos.

El proceso de toma de fotografías se llevó a cabo siguiendo la misma metodología para todas las piezas, aunque se aplicaron pequeñas variaciones para adaptarse a cada una de ellas, debido a cuestiones como el estado de conservación, movilidad, tamaño o textura. La cámara fue instalada sobre un trípode para tomar las fotografías a tres alturas, colocando las distintas piezas sobre una plataforma giratoria, realizando un movimiento de giro marginal del fotograma alrededor de su centro (Santamaría y Sanz 2011: 53); ello permitió obtener un total de 36 fotografías, 12 por altura, para cada uno de los casos (Figura 2).

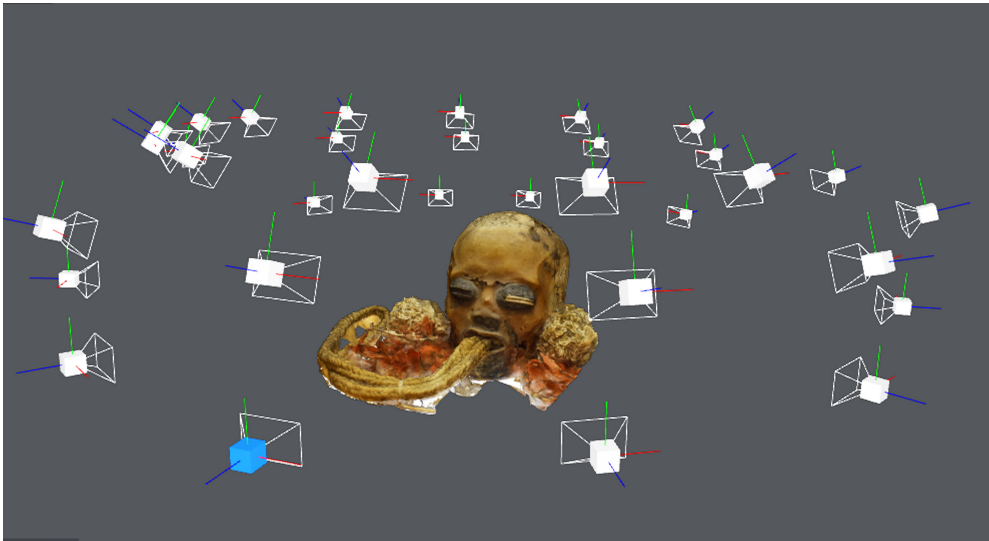


Figura 2. Disposición de las fotografías en el software Meshroom.

Para todas las piezas se utilizó la luz de las instalaciones del museo, ya que iluminaba de forma homogénea las piezas sin producir sombras fuertes. Las imágenes fueron tomadas con números medios-altos de  $f$  para garantizar una profundidad de campo suficiente y tiempos de exposición largos, salvo para casos concretos que se especificarán posteriormente.

Las imágenes obtenidas fueron procesadas, como se ha comentado, con el *software* fotogramétrico Meshroom para llevar a cabo los modelos 3D de las distintas momias. El proceso constó de cinco pasos: 1) SfM (*Structure from Motion*), consistente en el alineamiento y orientación de las imágenes para la obtención de una nube de puntos dispersa o *point cloud*; 2) MVS (*Multi View Stereo*) para creación de una nube densa o *dense cloud*, a través del análisis de las imágenes, proyectando los datos de píxeles contenidos en ellas como puntos 3D (Historic England 2017); 3) generación de una malla (*mesh*) de alta resolución;

4) texturizado del modelo 3D; 5) y por último se procedió a realizar el escalado de los modelos (Figura 3).

Una vez finalizados los modelos, fueron exportados junto con su correspondiente textura, para ser posteriormente procesados en el *software* de modelado 3D Blender. Puesto que ya habían sido escalados, no fue necesario realizar de nuevo este proceso, procediendo directamente a su orientación siguiendo la posición en la que se encuentran musealizados cada uno de los restos. Se llevaron a cabo renderizados de los modelos con el fin de obtener imágenes de alta definición. Finalmente, los modelos fotogramétricos fueron procesados para reducir su peso, sin que ello afectara en exceso a la calidad de los mismos (*texture bake*). Una vez finalizado todo el proceso, los modelos fueron nuevamente exportados en diferentes formatos (.pdf y .obj) para su visualización tanto en el museo como en la red.

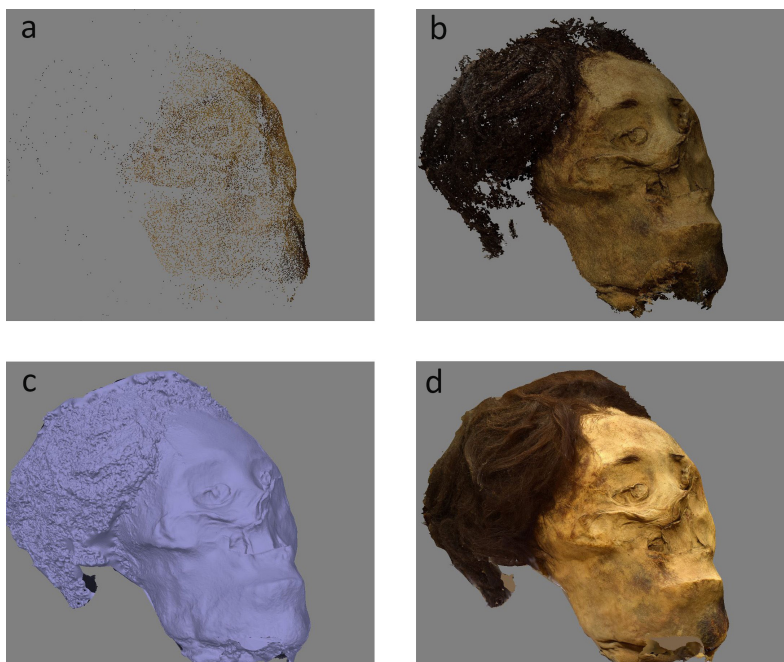


Figura 3. Visualización del proceso de realización del modelo fotogramétrico de Chancay-2: a) *Point cloud*; b) *dense cloud*; c) *solid mesh*; d) *textured*.

## Resultados

Las piezas sobre las que se ha centrado el presente trabajo cuentan con una serie de características comunes que dificultan el proceso de realización de modelos fotogramétricos. Todas ellas son restos momificados cuyo estado de conservación y fragilidad limitan en gran medida el proceso de toma de fotografías. Además de los anteriores, algunos de los casos presentaron problemas añadidos, poco tratados en la bibliografía, como superficies reflectantes o zonas blandas, sobre las que se hablará a continuación para cada caso.

### *Munduruku-1*

Se encuentra instalada sobre una plataforma de metacrilato a baja altura, por lo que fue posible fotografiar toda su superficie salvo su cara inferior, para la que habría sido necesario dar la vuelta a la pieza. El volteo no resultaba factible debido a las partes blandas que componían la cabeza trofeo, concretamente su decoración, movimiento que podría afectar al estado de conservación de la pieza.

Siguiendo los principios de la fotogrametría estereoscópica, el método fotogramétrico se basa en el procesamiento automatizado de estructuras 3D a partir de la superposición de imágenes 2D. A través de la detección de puntos comunes o *interest points* (IPs) entre las diferentes imágenes, el *software* lleva a cabo una serie de cálculos computacionales que permiten solventar cuestiones de geometría de la escena, orientación, perspectiva y deformación (Tomás-Jover *et al.* 2016). Es por tanto imprescindible que el objeto sobre el que se está realizando la fotogrametría no varíe en cuanto a morfología y color entre las diferentes fotografías, pues ello imposibilitaría la detección de IPs. Por lo comentado, aquellas zonas que denominamos como “materias blandas” dificultan la correcta realización de los modelos fotogramétricos, debido a los problemas de repetibilidad entre imágenes.

La decoración de la cabeza trofeo, realizada con textiles y plumas, la convierte en un objeto especialmente propenso a los problemas comentados anteriormente, requiriendo especial atención durante el proceso de toma de fotografías y procesado del modelo.

Con la metodología descrita fue posible que dichos materiales estuvieran incluidos en el modelo 3D, aunque en el caso de la malla no se pudieron representar detalles geométricos excesivamente sutiles, como los de las plumas, apreciándose en la textura una reducción de la nitidez con respecto a otras áreas de la pieza (Figura 4).

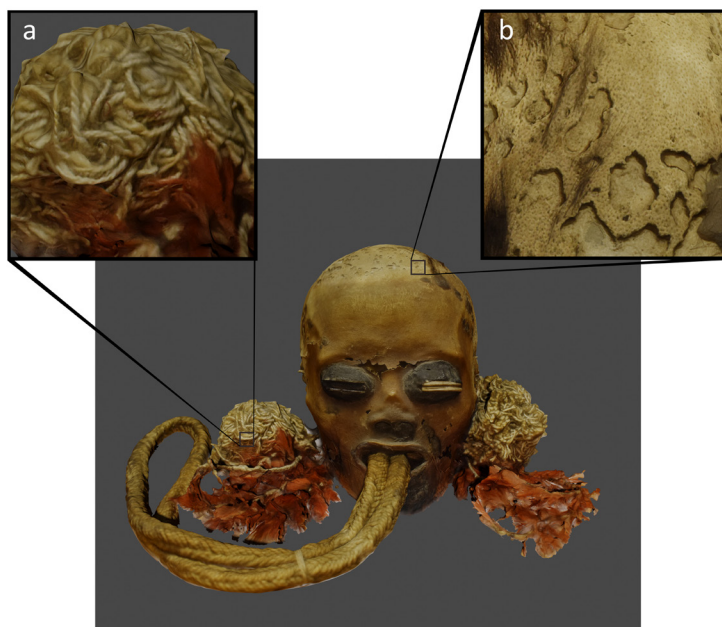


Figura 4. Renderizado de Munduruku-1: a) detalle de textil; b) detalle de la piel con los folículos pilosos.

### *Chancay-1*

Al igual que la anterior, se encuentra instalada sobre una plataforma translúcida de metacrilato, siendo posible fotografiar toda su superficie salvo su cara inferior, para la que habría sido necesario voltear la pieza, corriendo el riesgo de dañar ciertas áreas. Su superficie opaca, a excepción del cabello conservado, hizo posible realizar el modelo fotogramétrico aplicando mascarar (*masks*) que centraran la detección de IPs en la pieza, ignorando el soporte y el fondo.

El caso del cabello planteó dificultades similares a las comentadas para la decoración de Munduruku-1, con el inconveniente añadido de ser una superficie reflectante. Para hacer posible la detección de IPs se evitó que la fuente de luz fuera directa, con el fin de disminuir los reflejos. De la misma forma, se puso especial cuidado en la rotación de la pieza sobre la plataforma, para evitar el desplazamiento del cabello, que ocasionaría errores durante el procesado del modelo (Figura 5).

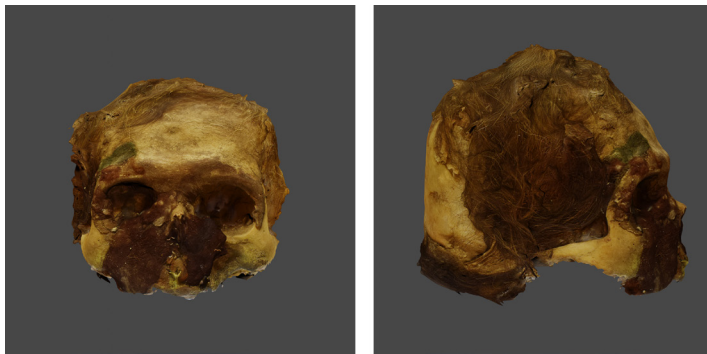


Figura 5. Renderizado de Chancay-1 en vistas frontal y lateral derecha.

### *Chancay-2*

Para prevenir el deterioro de la pieza, el modelo 3D fue realizado manteniendo los restos momificados en la plataforma sobre la que se encuentran musealizados (Figura 6). Por sus características, el proceso fotogramétrico fue similar al realizado con Chancay-1.



Figura 6. Renderizado de Chancay-2 en vistas frontal y lateral derecha.

Debido a la cantidad y longitud del cabello conservado para Chancay-2, la detección de IPs fue mucho menor en esta área que en la de piel momificada, con textura opaca, y la superficie ósea, que produce pocos reflejos. Para crear una nube de puntos de la masa de cabello, era necesario disminuir al máximo el movimiento de dicho material durante la toma de fotografías.

Para paliar este problema se modificaron los estándares utilizados hasta el momento, disminuyendo ostensiblemente el tiempo de exposición, evitando así el efecto trepidación y sin aumentar excesivamente el ISO para que no apareciera “ruido” en las imágenes.

Se logró representar la mayor parte del cabello en el modelo 3D, aunque la geometría mostró problemas en estas áreas, apareciendo grumosidad y huecos en la malla, ocasionados por errores de emparejamiento durante la detección de puntos homólogos (Guidi *et al.* 2014). Esta problemática también queda patente en la textura del modelo, pues se redujo la calidad en esta superficie (Figura 7).

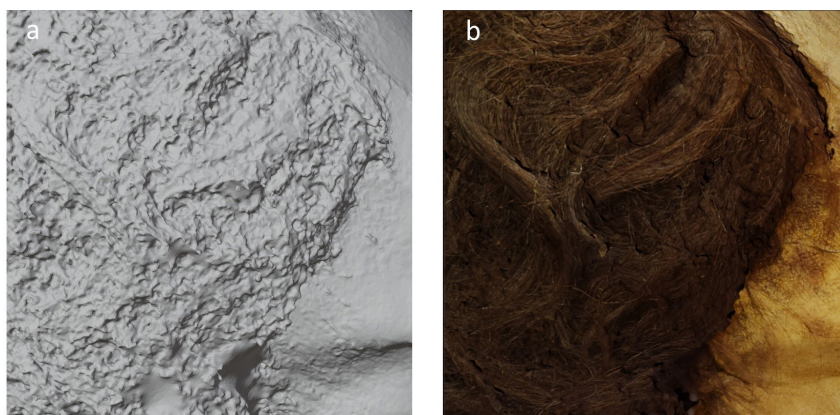


Figura 7. Renderizado de Chancay-2: a) detalle del efecto grumoso de la malla sólida en la superficie del cabello; b) detalle de la textura en la superficie del cabello.

### *Shuar-1*

La pieza se encuentra sobrealzada para su musealización, lo que unido a su pequeño tamaño obligó a realizar las fotografías a menor distancia del objetivo y enmascararlas antes de su procesado en el *software* fotogramétrico para anular el fondo. Las características de la pieza la hacen especialmente difícil para la realización de un modelo fotogramétrico, debido al reducido tamaño y las diferentes texturas, en su mayoría de colores muy oscuros y reflectantes, tanto en el pelo como la piel conservada.



Figura 8. Renderizado de Shuar-1.

## Conclusiones

Con la metodología descrita fue posible obtener un modelo fotogramétrico de cada uno de los restos momificados, con resultados satisfactorios en términos de geometría y textura. Estos modelos permiten su exposición en un formato virtual, mucho más útil para fines docentes y museísticos en entornos en los que no se puede garantizar que la pieza esté en las mejores condiciones.

Además, el hecho de estar trabajando con restos humanos exige un rigor, profesionalidad y un respeto aún mayores que si se trabajase con otro tipo de materiales. Estrictamente relacionada con este punto está la primera ventaja a destacar de las técnicas fotogramétricas: son técnicas con un impacto casi nulo sobre el objeto de estudio.

Lo consideramos una ventaja porque, frente a metodologías más invasivas que suelen conllevar la destrucción parcial o total de la pieza, la fotogrametría permite la conservación y obtención de información de los restos momificados en un soporte digital.

Por otro lado, a partir de los modelos fotogramétricos se han elaborado renderizados, obteniendo imágenes fotorrealistas de alta resolución. Dichas imágenes permiten mostrar las texturas de los modelos con mayor calidad y detalle que en fotografía estándar, siendo posible modular cuestiones como la iluminación y las sombras, con las que mejorar la visualización y destacar ciertas áreas del modelo.

En este sentido, confiamos en que esta investigación coadyuve al papel del Museo como herramienta docente dentro de la Facultad de Geografía e Historia, así como referente museístico dentro de la Red de Museos Complutenses, con las herramientas y metodologías del siglo XXI.



**AGRADECIMIENTOS:** A Alicia Alonso, por la ayuda y consejo, así como su dedicación y compromiso con el Museo, y a Francisco M. Gil García, por facilitar el acceso a los materiales e incentivar las labores de investigación.

## Referencias

- AliceVision. 2020. *Meshroom: A 3D reconstruction software* (Software). Obtenido de <https://alicevision.org/>
- Alonso Sagaseta de Ilurdoz, Alicia. 2000. *Colecciones de Arqueología y Etnología de América de la Universidad Complutense de Madrid*. Madrid: Consejo Social de la Universidad Complutense.
- Aranda Ruiz, Clara Eugenia, Ariadna González del Valle, Iñigo Larrauri de Terán, M<sup>a</sup> Teresa de León-Sotelo y Amat, Joaquín Martín Moreno, Laura Martínez Puente, Ángeles Muñoz Civantos y María del Carmen Pastor Albelda, coords. 2015. *Museos y Colecciones Universidad Complutense*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Blender. 2020. *A 3D Modelling and Rendering Package (Version 2.82)* (Software). Obtenido de <https://www.blender.org>
- Browne, David M., Helaine Silverman y Rubén García. 1993. «A Cache of 48 Nasca Trophy Heads from Cerro Carapo, Peru». *Latin American Antiquity* 4 (3): 274-294. <https://doi.org/10.2307/971792>.
- Guidi, Gabriele, Sara Gonizzi y Laura Micoli. 2014. «Image Pre-processing for Optimizing Automated Photogrammetry Performances». *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2 (5): 145-152. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-ii-5-145-2014>.
- Historic England. 2017. *Photogrammetric Applications for Cultural Heritage. Guidance for Good Practice*. Swindon: Historic England.
- Houlton, Tobias Mackenzie Ross. 2018. «A Morphometric Investigation into Shrunken Heads». *Journal of Cultural Heritage* 32: 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.01.004>
- Marić, Josipa, Željana Bašić, Ivan Jerković, Frane Mihanović, Šimun Anđelinović y Ivana Kružić. 2020. «Facial Reconstruction of Mummified Remains of Christian Saint-Nicolosa Bursa». *Journal of Cultural Heritage* 42: 249-254. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.08.008>.
- Riris, Philip. 2017. «On Confluence and Contestation in the Orinoco Interaction Sphere: the Engraved Rock Art of the Atures Rapids». *Antiquity* 91 (360): 1603-1619. <https://doi.org/10.15184/aqy.2017.152>.
- Samadelli, Marco, Giulia Gregori, Frank Maixner, Marco Rossani, Paolo Del Vesco, Matilde Borla, Alice Paladin, Christina Wurst, Katja Sterflinger-Gleixner, Christian Voithl, Marta Gibin, Gregory S. Thomas, Bruno Frohlich, Randall C. Thompson y Albert R. Zink. 2019. «A First Assessment of the Conservation of the Mummified Human Remains in the Museo Egizio in Turin in the Framework of the “Mummy Conservation Project”». *Rivista del Museo Egizio* 3: 2611-3295. <https://doi.org/10.29353/rime.2019.2765>.
- Santamaría Peña, Jacinto y Teófilo Sanz Méndez. 2011. *Fundamentos de Fotogrametría*. Logroño: Universidad de La Rioja.
- Santos, Sandra. F. dos, Adilson Dias Salles, Sheila M. Ferraz Mendonça de Souza y Fátima Regina Nascimento. 2007. «Os Munduruku e as “cabeças-troféu”» *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia* 17: 365-380. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2007.89804>.

- Souza, Sheila M. de y Maria do Rosario Martins. 2004. «A cabeça troféu Munduruku do Museu Antropológico da Universidade de Coimbra: análise do objecto e os seus desafios». *Antropologia Portuguesa* 20/21: 151-181.
- Sutherland, M. Linda. 2019. «Use of Computed Tomography Scanning in a “Virtual” Bioarchaeology of Care Analysis of a Central Coast Peruvian Mummy Bundle». *International Journal of Paleopathology* 25: 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2018.12.006>.
- Tomás-Jover, Roberto, Adrián Riquelme, Miguel Cano, Antonio Abellán y Luis Jordá. 2016. «Structure from Motion (SfM): una técnica fotogramétrica de bajo coste para la caracterización y monitoreo de macizos rocosos», en *10º Simposio Nacional de Ingeniería Geotécnica*, pp. 209-216. A Coruña: Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Sociedad Española de Mecánica de Rocas.
- Vreeland, James M. 1998. «Mummies of Peru», en *Mummies, Disease and Ancient Cultures*, Thomas Aidan Cockburn, Eve Cockburn, y Theodore A. Reyman, eds., pp. 154-189. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139878340.013>
- Wrobel, Gabriel D., Jack A. Biggs y Amy L. Hair. 2019. «Digital Modeling for Bioarchaeologists». *Advances in Archaeological Practice* 7 (1): 47-54. <https://doi.org/10.1017/aap.2018.47>.