

# LA MAYORÍA DE EDAD DE LA FOTOGRAMETRÍA Y SU USO EN VENTA MICENA, ORCE (GRANADA)

Francisco Javier Luengo<sup>1,2</sup>, Carlos Lorenzo<sup>1,2</sup>, Bienvenido Martínez-Navarro<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV), Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain.

<sup>2</sup> Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES), Zona Educacional 4, Campus Sescelades URV (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain.

<sup>3</sup> ICREA, Pg. Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Spain.

franciscojavierluengo@estudiants.urv.cat; carlos.lorenzo@urv.cat; bienvenido.martinez@icrea.cat



## Resumen

Los precios cada vez más accesibles de los equipos fotográficos, así como el *software* libre, abren el camino a la fotogrametría de rango corto en la arqueología, cada vez con mayor fuerza.

El estudio que se expone surge de una investigación arqueopaleontológica en la que se intenta inferir las relaciones filogenéticas a través de los distintos rasgos presentes en los fósiles de metapodios de bovinos encontrados en el yacimiento del Pleistoceno inferior de Venta Micena, Orce (Granada), datado en  $1,5 \pm 0,1$  millones de años. Para dicho trabajo, se usarán marcadores de referencia (*landmarks*) colocados sobre las mallas tridimensionales obtenidas a partir de la técnica fotogramétrica, pero la cuestión es ¿son fiables estas mallas? ¿se puede confiar, y en caso afirmativo, hasta qué punto, en unos modelos obtenidos por triangulación con base en fotografías?

A lo largo del trabajo se han estudiado varios sistemas para plantear un protocolo fácilmente replicable, que permita conseguir los mejores resultados con los menores costes económicos y temporales. Así pues, el hecho de trabajar en fotogrametría con diferentes formatos, cámaras, iluminaciones o máscaras sobre las fotografías, dará resultados distintos, que debidamente seleccionados pueden producir deducciones o conclusiones diversas.

La fotogrametría ha demostrado ser un gran instrumento de difusión, gracias a su lograda textura que le ha permitido mostrarse como una herramienta muy útil para acceder o compartir muestras de estudio virtuales entre investigadores. Pero para ello, esta metodología debe pasar su mayoría de edad y presentarse como una técnica científica de precisión suficiente, hecho que se ha querido presentar aquí.

**Palabras clave:** Orce. Venta Micena. Paleontología. Morfometría geométrica. Fotogrametría.

## Abstract

The prices increasingly accessible of the photographic equipments, as well as the free software, open the way for the close-range photogrammetry in archaeology.

The study that is exposed here arises from an archaeopaleontological research, which tries to infer the phylogenetic relation across different metapodials from Bovine unearthed at the Early Pleistocene site of Venta Micena,

Orce (Granada), dated  $1,5 \pm 0,1$  million-years-old. For this work, landmarks will be placed on the three-dimensional meshes obtained from photogrammetry but, are these meshes trustworthy? Is it possible to trust and, in affirmative case, up to what point, in a few models obtained by triangulation with base in photography?

Along the work, several systems have been studied to raise a protocol easily replicable, and that allows to obtain the best results with the minor costs in time and economy. Thus, working with photogrammetry in different formats, cameras, lightings or masks on the photographs, will give us different results, which can produce diverse conclusions.

Photogrammetry is great instrument of diffusion, thanks to its successful texture, that has allowed to appear as a very useful tool to share virtually study samples between researchers, but it must pass its adult age and appear as a scientific method of sufficient precision.

**Keywords:** Orce. Venta Micena. Paleontology. Geometric morphometrics. Photogrammetry.

## 1. Introducción

La fotogrametría ha tenido un aumento de popularidad considerable en los últimos años a través de las disciplinas históricas, y más concretamente arqueológicas y paleontológicas. Su finalidad ha girado en torno a una herramienta de divulgación, pero también en los últimos años ha respondido como herramienta de medición (Szeliski, 2010; Maté *et al.*, 2015). Sin embargo, para poder ser una herramienta de medición, la fotogrametría ha tenido que atravesar una enorme cantidad de cuestionamientos en torno a su fidelidad con respecto a la realidad que intenta recrear de manera virtual en tres dimensiones. Si la fotogrametría pretende sustituir al escáner se debe conocer, al igual que con resto de herramientas de medición, cual es el margen de error con el que se trabaja.

Este estudio surge de la experiencia práctico-téc-

nica obtenida a partir de la aplicación de la fotogrametría en cuestiones paleontológicas de restos fósiles hallados en el yacimiento del Pleistoceno inferior de Venta Micena, Orce (Granada), datado en  $1,5 \pm 0,1$  millones de años, intentando solventar algunos problemas paleontológicos presentados por otros autores anteriormente (Martínez-Navarro *et al.*, 2011). Al querer utilizar la fotogrametría como técnica de generación de modelos tridimensionales para su posterior análisis a partir de la morfometría geométrica tridimensional, surgió la necesidad de conocer si tal método era válido para dicho fin. Tras un análisis bibliográfico exhaustivo y tras el análisis de control, pudimos comprobar que la calidad obtenida en varias pruebas suplía, con gran margen, las necesidades métricas para la puesta en marcha del estudio principal.

Aun así, en la mayoría de trabajos publicados los autores suelen analizar la fotogrametría frente a otras técnicas como el escáner (Katz y Friess, 2014), o comparan la fotogrametría obtenida a partir de distintos programas dedicados al procedimiento técnico, pero ninguno compara las diferencias que, dentro de la fotogrametría, un mismo programa puede generar. Dicho margen de error es el que queremos presentar en este trabajo, usando el programa Agisoft Photoscan, para comprobar si se puede considerar, o no, la fotogrametría como una técnica suficientemente madura, es decir, que pueda valerse por sí misma.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales

En el estudio experimental piloto del conjunto de fósiles del yacimiento de Venta Micena, en Orce, se seleccionaron un total de 55 huesos, concretamente metapodios (metacarpianos y metatarsianos), tanto derechos como izquierdos de bovino.

En esta ocasión, sólo presentaremos un ejemplo de los fósiles utilizados, como representante de las problemáticas generales. De la misma forma, será utilizado sólo la parte proximal, ya que es suficiente para plantear los inconvenientes y soluciones que se dieron al respecto.

### 2.2. Metodología

Todos los fósiles fueron fotografiados con una Nikon D3100 réflex, con objetivo Nikon fijo de 35mm, evitando así la influencia de distintas aberraciones ópticas al usar distintos modelos o cambiar de

distancia focal.

En esta ocasión se utilizó una base rotatoria donde se colocaron los fósiles. Para evitar que se movieran, o incluso cayeran por el peso, se instalaron unas piezas regulables para la sujeción de los mismos. Además, para impedir el más mínimo desgaste en el uso de los huesos, todas las zonas que estuvieran en contacto directo con las superficies óseas fueron recubiertas con almohadillas de espuma.

Para facilitar la generación de máscaras posteriores, tanto el fondo como las piezas que aparecieran en las fotografías (a excepción obvia de los fósiles) fueron tintadas en negro, teniendo en cuenta que el uso de pigmentos no tiñera al hueso en caso de contacto. Se utilizaron en todo momento pinturas mates para evitar la proliferación de brillos que modificaran o afectaran a los procesados posteriores.

Las piezas partían de una estrategia base, aunque en ciertas zonas, debido a la irregularidad de las morfologías óseas, el número de fotos podía aumentar, evitando la pérdida de información gráfica. Así pues, todos los modelos contarían con ocho posiciones en el eje rotatorio de la plataforma (una foto cada  $45^\circ$ ), así como tres posiciones a partir de la altura e inclinación generada por el trípode ( $0^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $80^\circ$  aproximadamente).

Puesto que una zona del hueso estaba siendo sujeta (un porcentaje menor del 50% del total del hueso), estas 24 fotos sólo correspondían a la parte descubierta y no tapada por las pinzas de sujeción. Realizadas ambas partes (proximal y distal) por separado y uniéndolas en el procesado posterior, el total de fotos mínimo para un hueso sumarían 48.

Una vez que se tomaron las fotos, manteniendo una iluminación correcta, todas las imágenes fueron retocadas en el programa Agisoft Photoscan para eliminar, a partir de la creación de máscaras, el exceso de información que ocupaba en todas las imágenes el fondo negro, así como las pinzas y la plataforma rotatoria. Dicho proceso, aunque tedioso evita un consumo innecesario de recursos informáticos, así como un proceso posterior de «limpieza» de los modelos, puesto que, al ser un fondo tan neutro, los programas para dicho fin suelen confundir los puntos de alineación, creando alrededor de los huesos una «nube de ruido» que afecta enormemente a la calidad final del objeto.

El modelo se fue generando con las máximas calidades de resolución posible, para poder utilizarlo en los programas posteriores de morfología geométrica.

Sin embargo, aunque éste fue el proceso elegido para la realización de los modelos tridimensionales

por su eficacia, en este trabajo queremos comparar el modelo final con el resultado que se obtendría a partir de las mismas fotos si se hubieran descontado algunas, si se hubieran utilizado sin eliminar el fondo con la máscara, y si se hubiera generado a partir de los mínimos de calidad en los distintos procesos de generación de puntos y de malla.

Se realizaron en total cuatro modelos tridimensionales a partir del mismo conjunto fotográfico, perteneciente a la parte proximal de un metacarpiano y se procedió a la comparación entre ellos.

Los modelos se caracterizaron por a) no utilizar máscara en el proceso, b) uso de un número de fotos escaso, c) uso de un proceso de baja calidad y e) un uso de todos los procesos a su máxima precisión.

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos a partir de las comparaciones se exponen en la siguiente tabla explicativa (Fig. 1), en donde se pueden observar las características de cada modelo, así como el número de puntos generados en la nube, el número de vértices y el número de caras. La evidencia gráfica está recogida en la siguiente figura (Fig. 2).

A partir de los datos expuestos, y descartando al modelo denominado sin máscaras por su extrema inexactitud, se procedió a la alineación de los tres

Denominación del modelo	Máscara	Nº fotos	Procesos	Nº Puntos	Nº Caras
a) Sin Máscaras	No	52	Medio	2.256.244	150.415
b) Baja calidad	Si	52	Minima	46.676	18.334
c) Escaso nº fotos	Si	18	Alta	2.547.372	485.046
d) Alta resolución	Si	52	Alta	3.163.773	593.079

Figura 1. Especificaciones técnicas y resultados a partir de los distintos modelos utilizados para la comparación.

restantes tipos en el programa Agisoft Photoscan, utilizando diferentes colores de malla para conocer las desviaciones de los puntos con respecto a los otros modelos generados (Fig. 3).

### 4. Discusión

Uno de los primeros aspectos que llaman la atención sobre esta comparación es la extrema inexactitud del modelo en el que no se utilizaron máscaras de recorte en las imágenes. Sin embargo, teniendo en cuenta los principios teóricos en los que se basa dicho sistema de identificación de patrones, que posteriormente generará la nube de puntos de enlace, es comprensible. Así pues, el no realizar máscaras en los modelos antes de proceder al alineamiento de las fotografías, debería únicamente utilizarse en aquellos casos en los que el modelo objeto de estudio no cambie de posición. Como en nuestro procedimiento se utilizó una plataforma que giraba unos 45° sobre su

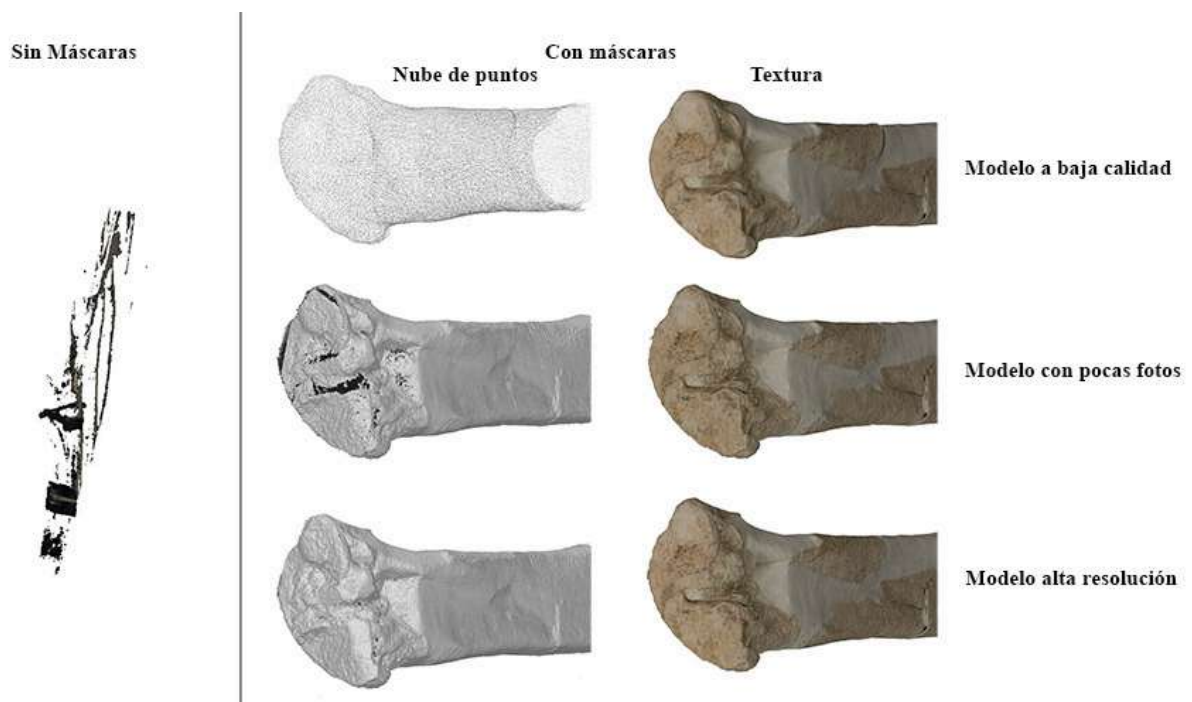


Figura 2. Representación gráfica de los distintos modelos utilizados en la comparación: sin máscaras, con máscaras, y distintas representaciones: nube de puntos y textura.

eje por cada foto realizada, sumado al uso de un fondo negro, las posibilidades de alineamiento se vieron enormemente afectadas. Pero no hemos de olvidar, que el modelo, aunque erróneamente alineado, puede llegar a presentar un número de puntos en la nube densa muy elevado, superior a dos millones.

Con respecto a los otros tres modelos, en los cuales sí se utilizaron máscaras para el proceso de alineamiento, cabe destacar que el siguiente factor que más afecta a la resolución del modelo es utilizar un procesado de baja calidad. Es decir, a medida que se vayan generando las nubes de puntos y mallas ir seleccionando un número bajo como límite. Es decir, aun habiendo obtenido fotografías correctas, si el procesado no es el óptimo, la resolución final del modelo será muy baja. En donde se aprecia mayor desventaja es en el número tan reducido de puntos y caras, lo que proporciona una morfología de la superficie real extremadamente modificada, a pesar de que la textura no presente un cambio tan dramático, ya que la información de la que parte sigue siendo de buena calidad.

El siguiente factor que afectaría a la precisión de los modelos sería el número de fotografías utilizadas. Definir un número exacto suele ser a menudo una tarea casi imposible, teniendo en cuenta que cada hueso presenta unas características diferentes, ya sea por su morfología original o por sus modificaciones tafonómicas exteriores.

Como se puede ver en la tabla 1, las diferencias en cuanto a número de caras no son excesivas con respecto al modelo de alta resolución, pero el número de puntos de la nube densa dista en más de 500 000. En este caso, como se aprecia en la figura 1, las mayores diferencias se encuentran en la epífisis distal, en donde incluso existe una ausencia de puntos. Que exista dicha falta de información, lleva a pensar en una información deficiente no ya sólo para la zona vacía, sino para la zona circundante. Concretamente en el caso de estudio morfométrico destinado a los huesos de la colección del yacimiento de Venta Micena, la precisión en la zona afectada motivó la búsqueda de un modelo de alta precisión como el presentado líneas arriba, aunque ello supusiera un mayor número de fotos.

## 5. Conclusiones

A partir de este trabajo se han querido mostrar los problemas principales a los que se enfrenta la fotogrametría, que no sólo se hallan en la toma de las fotografías, sino también en el procesado de las

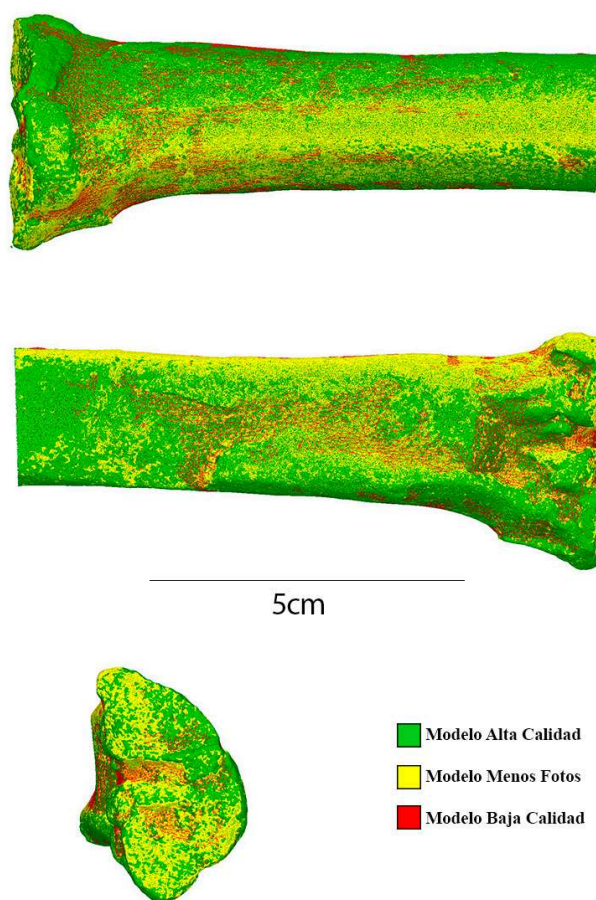


Figura 3. Representación gráfica de las desviaciones entre los tres modelos analizados con máscaras.

mismas. Se ha presentado un protocolo sencillo, atendiendo a los principios básicos de la fotogrametría e identificándose los distintos tipos de afección de los modelos, a la vez que se ha evaluado su importancia. Así pues, se puede resumir que en protocolos donde la toma fotográfica el modelo gira sobre una plataforma, se hace indispensable el uso de máscaras de imagen. Seguidamente, para conseguir un modelo de precisión mínimo se debe recurrir a unos procesos de alineamiento y generación de malla de calidades elevadas. Por último, y como se ha comentado anteriormente, para los estudios morfométricos de precisión, el uso de un número suficiente de fotografías evitará no sólo la pérdida de información fundamental, sino que incrementará la calidad y en consecuencia la resolución de los modelos.

Como idea general, se podría decir que la fotogrametría parte de unas fotos de calidad, realizadas con la estrategia adecuada en la toma, y que puede, a partir de dicho material, procesarse en la calidad que se precise, teniendo como ventaja la repetición del montaje con mejores equipos posteriormente, si

fuera necesario.

Volviendo al título del trabajo, se podría decir que las técnicas por sí mismas no pueden ser mayores de edad, en tanto que no pueden actuar con plena capacidad para generar los modelos tridimensionales. Son los técnicos quienes, con sus conocimientos, aplicarán o no su capacidad para realizar los distintos procesos.

## Referencias

- Katz, D. & Friess, M., 2014. Technical Note: 3D From Standard Digital Photography of Human Crania—A Preliminary Assessment. *American Journal of Physical Anthropology* 154: 152-158.
- Martínez-Navarro, B., Ros-Montoya, S., Espigares, M.P., Palmqvist, P., 2011. Presence of the Asian origin Bovini, *Hemibos* sp. aff. *H. gracilis* and *Bison* sp., at the Early Pleistocene site of Venta Micena (Orce, Spain). *Quaternary International*. 54–60.
- Maté González, M.Á., Yravedra, J., González-Aguilera, D., Palomeque-González, J.F., Domínguez-Rodrigo, M., 2015. Micro-photogrammetric characterization of cut marks on bones. *Journal of Archaeological Science*. 62, 128–142.
- Szeliski, R., 2010. *Computer Vision: Algorithms and Applications*, 1st ed. Springer-Verlag New York, Inc., New York, NY, USA.