

# ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 29 • 2021

ACTAS DO XIII CONGRESSO IBÉRICO DE ARQUEOMETRIA  
(Faro, 2019)



**Editores Científicos: Célia Gonçalves, Daniel García Rivero, M.<sup>a</sup> Isabel Dias,  
Nuno Bicho, Ruth Taylor, Manuel García-Heras, João Luís Cardoso**

INTERDISCIPLINARY CENTER FOR ARCHAEOLOGY AND EVOLUTION  
OF HUMAN BEHAVIOUR, UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
DEPARTAMENTO DE PREHISTORIA Y ARQUEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR,  
UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA  
INSTITUTO DE HISTORIA, CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
SOCIEDAD DE ARQUEOMETRÍA APLICADA AL PATRIMONIO CULTURAL  
CENTRO DE ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DO CONCELHO DE OEIRAS /  
CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS

2021

**ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS**

Volume 29 • 2021      ISSN: 0872-6086

- DESENHO E FOTOGRAFIA – Autores ou fontes assinaladas  
PRODUÇÃO – Gabinete de Comunicação / CMO  
CORRESPONDÊNCIA – Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras  
Fábrica da Pólvora de Barcarena  
Estrada das Fontainhas  
2745-615 BARCARENA

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos Autores.  
É expressamente proibida a reprodução de quaisquer imagens sobre as quais existam direitos de autor sem o prévio consentimento dos signatários dos artigos respectivos.

Aceita-se permuta  
*On prie l'échange*  
*Exchange wanted*  
*Tauschverkehr erwünscht*

ORIENTAÇÃO GRÁFICA E

REVISÃO DE PROVAS – Editores

PAGINAÇÃO – César Antunes

IMPRESSÃO E ACABAMENTO – Graficamares, Lda. - Amares - Tel. 253 992 735

DEPÓSITO LEGAL: 97312/96

## **ANÁLISIS DE IMAGEN PARA LA DETECCIÓN DE PIGMENTOS Y GRABADOS. CUEVA DE LAS VENTANAS (PIÑAR, GRANADA)**

### ***DIGITAL IMAGE PROCESSING FOR PIGMENTS AND ENGRAVINGS DETECTION. LAS VENTANAS CAVE (PIÑAR, GRANADA)***

Rubén Parrilla-Giráldez<sup>1</sup>, María D. Simón Vallejo<sup>2</sup>, Lydia Calle Román<sup>2</sup>, Miguel Cortés Sánchez<sup>2</sup> & José Antonio Riquelme Cantal<sup>3</sup>

#### **Abstract**

The south of the Iberian Peninsula preserves an important group of sites with paleolithic art. Recently, the case of Las Ventanas Cave (Piñar, Granada) has been published. An interdisciplinary research has allowed to link the engravings with the Cantabrian cornice, corroborating a pre-solutrean chronology. These engravings, in which the so-called “trilineal deer” appear, have also been dated on 37 897-30 913 cal BP.

Within this study the work of Image Analysis has been a keystone. The documentation of the approximately 765 engravings was done using Structure from Motion software, which allowed the three-dimensional documentation of the objects of interest. In addition, Image Analysis focused on Principal Components of bands RGB color space detected the presence of pigments linked to the engravings.

The Image Analysis processes are confirmed of great importance in the study of heritage elements. They allow us to access new data that goes beyond what we can perceive with the naked eye, helping to detect areas of special interest on which to deep with other types of analytics that can yield physical-chemical data.

*Keywords:* Paleolithic engravings, Structure from Motion, Image Analysis, Pigments segmentation, Multivariate Analysis.

## **1 – INTRODUCCIÓN**

La Cueva de las Ventanas se sitúa en el sur de la Península Ibérica (lat. 37° 26' 30"N, long. 3° 25' 42"W), cerca del municipio de Piñar, en la provincia de Granada (España). Se ubica a una altitud aproximada de 1015 m sobre el nivel del mar en las estribaciones de Sierra Harana. La cueva tiene un desarrollo de unos 1200 m y un desnivel total de 37,5 m. La cavidad toma su nombre por las tres entradas alineadas de las que dispone.

Las primeras referencias a inspecciones arqueológicas en Ventanas son atribuidas a H. Obermaier, quien visitó la cueva e identificó restos neolíticos. En 1954, J. Sphani realizó sondeos en busca de restos paleolíticos, no encontrándolos y comenzando sus excavaciones en la cercana Carigüela. En 1996 se decide abrir la cavidad al turismo, apareciendo en los trabajos de acondicionamiento distintos artefactos en una secuencia que abarca

---

<sup>1</sup> Servicio de Microanálisis. CITIUS. Universidad de Sevilla

Avda Reina Mercedes s/n. CITIUS Celestino Mutis, Servicio de Microanálisis. 41012 Sevilla. España. rparrilla@us.es

<sup>2</sup> Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Sevilla. España.

<sup>3</sup> Departamento de Filosofía y Letras. Universidad de Córdoba. España.

Paleolítico Superior, Prehistoria Reciente, Edad Media y Edad Contemporánea. Recientemente, en una inspección de la cueva se encontraron los grabados paleolíticos atribuidos a un periodo presolutrense (CORTÉS *et al.*, 2018).

En el sur de la Península Ibérica la secuencia cronocultural del Pleistoceno Superior se definía como una larga pervivencia del Paleolítico Medio con una llegada tardía de los tecnocomplejos del Paleolítico Superior Inicial (CORTÉS, 2010). Recientemente, la aparición de vestigios de esta cronología en distintos lugares (BICHO *et al.*, 2010; CORTÉS, 2007; CORTÉS *et al.*, 2010, 2013, 2019; AURA *et al.*, 2010) nos han llevado a reconsiderar la existencia de un horizonte atribuible al Paleolítico Superior Inicial en el extremo sur de Iberia (CANTALEJO *et al.*, 2006; CORTÉS *et al.*, 2015, 2016; FORTEA, 2015; VILLAVARDE, 1994, 2009).

Dadas las implicaciones de este proyecto, se decidió llevar a cabo una investigación interdisciplinar que abarcara cronología absoluta, caracterización de pigmentos, estudios de tipología lítica y caracterización mineralógica de pátinas así como la documentación y análisis mediante técnicas de Análisis Digital de Imagen (CORTÉS *et al.*, 2018).

Las técnicas de imagen digital son cada vez más frecuentes en los estudios sobre arte prehistórico, principalmente en el caso de pigmentos (ver p.e: GÁRATE *et al.*, 2019; QUESADA & HARMAN, 2019; SALAZAR *et al.*, 2019), aunque también se exploran sus posibilidades en el análisis de grabados (RIVERO *et al.*, 2019; RUIZ *et al.*, 2019). En el caso de Las Ventanas se decidió integrar una metodología digital de análisis 2D y 3D ya que se identificaron restos de pigmentos junto con los más de 765 grabados que se catalogaron en este estudio.

## 2 - METODOLOGÍA

La adquisición de imágenes se realizó con cámara fotográfica Nikon D750 con objetivos Nikon AF-S Nikkor 50 mm f/1.8G y Nikon AF-S Micro Nikkor 105 mm f/2.8G IF-ED VR. Dada la situación de los grabados al exterior de la cueva, no fue necesario el uso de iluminación específica.

Las fotografías se obtuvieron en formato RAW para su posterior revelado. La planificación se centró en la toma de imágenes a modo de cuadrícula buscando un solapamiento mínimo del 30% con el objetivo de 50 mm. Los zoomorfos detectados fueron documentados posteriormente con el objetivo de 105 mm.

El primer paso consistió en el revelado de los archivos RAW para realizar correcciones de blanco así como distintas correcciones de lente con el software DarkTable (<https://www.darktable.org/>). Tras obtener las imágenes definitivas se procedió a crear los modelos tridimensionales y fotografías panorámicas mediante fotogrametría digital (*Structure from Motion*).

La fotogrametría digital es una herramienta de Visión Artificial ampliamente usada en el mundo del patrimonio y, especialmente, en el arte rupestre (ver p.e: CASTAGNETI *et al.*, 2018; DAVIS *et al.*, 2017; GÁRATE *et al.*, 2019; QUESADA & HARMAN, 2019; SALAZAR *et al.*, 2019). Su funcionamiento se centra en la detección de puntos comunes entre imágenes. Dada la naturaleza de matriz matemática de las imágenes digitales, distintos algoritmos como SIFT (*Scale Invariant Feature Transformation*) (LOWE, 2004) o SURF (*Speeded up Robust Features*) (BAY *et al.*, 2008) buscan clústeres de píxeles similares. Una vez detectados y teniendo en cuenta la distancia focal de la cámara se procede a la triangulación de estos puntos mediante un proceso de *Bundle Adjustment* (TRIGGS *et al.*, 1999). Esto permite la generación de nubes de puntos que definen un modelo de coordenadas tridimensionales sobre el objeto de estudio. El error de la representación varía según la calidad de las imágenes, la cantidad de puntos comunes y el solapamiento entre fotografías. Procesados

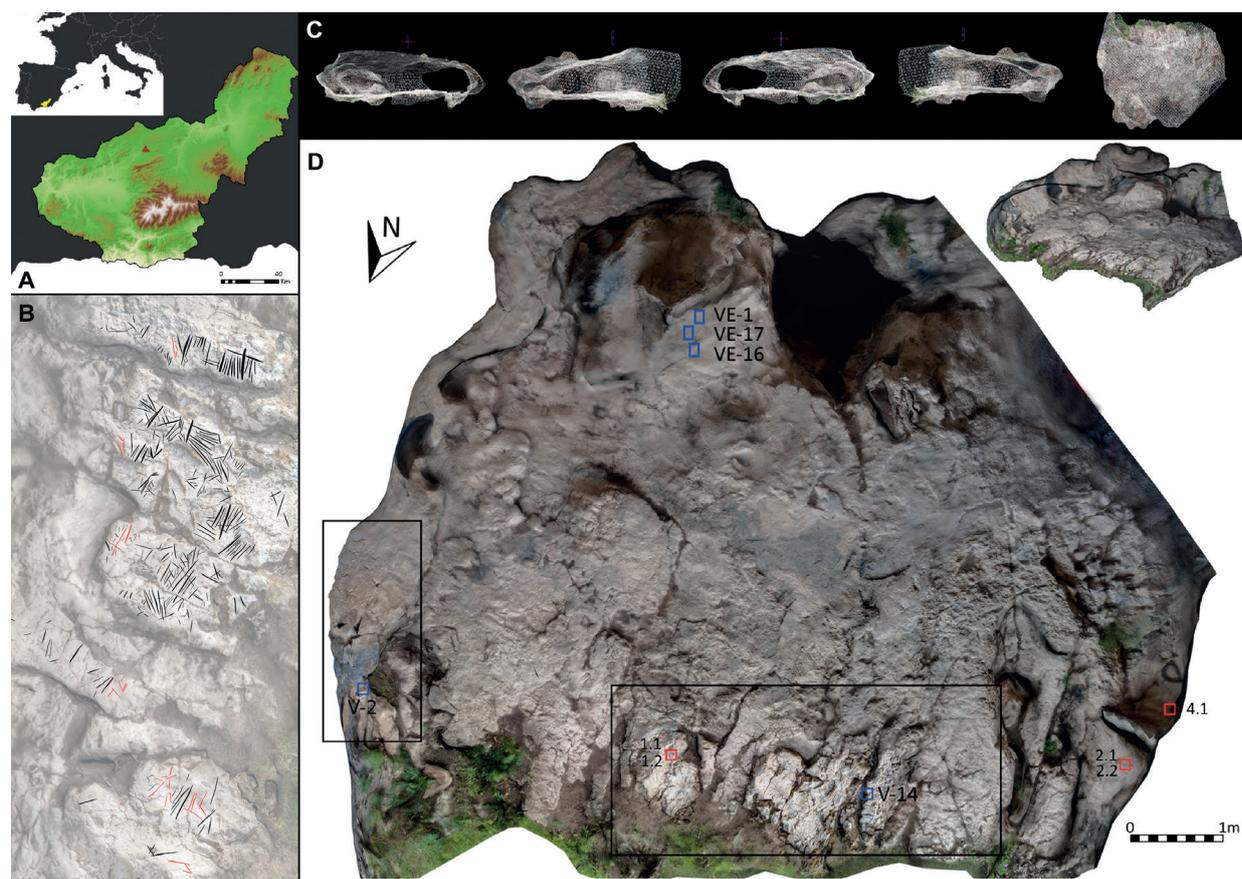
posteriores, como la generación de superficies por algoritmos como Poisson (KAZHDAN *et al.*, 2006) permiten el acercamiento a una reconstrucción volumétrica además de posibilitar el texturizado del objeto a través de mapas UV. La utilidad de los distintos software de *Structure from Motion*, así como su facilidad de uso han permitido su generalización en distintos tipos de estudios. En el caso de Las Ventanas se utilizó VisualSFM (<http://ccwu.me/vsfm/>).

También se usaron en modelo tridimensional otros programas como CloudCompare (<http://www.cloudcompare.org/>) para el procesado de la nube de puntos y la generación de modelo de malla, Hugin (<http://hugin.sourceforge.net/>) para la creación de fotomosaicos o Blender (<https://www.blender.org/>) para el texturizado.

Este preprocesado permite generar imágenes de gran calidad y resolución sobre las que realizar las tareas de análisis y segmentación.

El flujo de trabajo de análisis de imagen fue programado en Python (<https://www.python.org/>). Este se centró en el análisis de Componentes Principales sobre las bandas RGB de la imagen y en diversas operaciones aritméticas para facilitar la segmentación de las áreas pigmentadas.

El método estadístico multivariante de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés de *Principal Components Analysis*) (PEARSON 1901) describe un conjunto de datos en términos de nuevas variables (componentes) que se ordenan según la cantidad de varianza original que describen. En otras palabras, es un método que organiza la información según su importancia. El PCA es de los métodos más utilizados en



**Fig. 1** – A) Situación de la Cueva de Las Ventanas. B) Zona principal de grabados sobre modelado 3D. C) Estructura de la zona principal de grabados. D) Principales áreas de interés.

quimiometría y en ciencia de datos en general (ver p.e: BOLLEN *et al.*, 2009; NAVAS *et al.*, 2008; GRANATO *et al.*, 2018) ya que permite una reducción dimensional eliminando variables que aportan escasa información. Al aplicarse sobre las bandas RGB de una imagen se consiguen otras nuevas tres bandas (PC1, PC2 y PC3) que organizan la información según la cantidad de variabilidad que contienen. De esta forma y en términos hipotéticos, la PC1 puede representar alrededor del 70% de la información total, la PC2 el 25% y la PC3 el 5%. La nueva disposición de la información facilita la detección de elementos que pueden ser difíciles de observar a simple vista. Además, al permitir aplicar mecanismos de *clustering* (organización de la información por grupos) y crear imágenes en 8 bits, admiten una segmentación de las áreas de interés más eficaz que otros procedimientos que suelen emplearse en el estudio informático del arte rupestre.

Tras la delimitación de los objetos de interés se procedió a la segmentación de máscaras mediante *K-medias* para crear imágenes visualmente descriptivas de los pigmentos y grabados.

### 3 - RESULTADOS

En total se identificaron 765 grabados en forma de V en distintas zonas del suelo y paredes. En las áreas de grabado se puede constatar la presencia de restos de pigmentos. La hipótesis contemplada en la creación de los grabados es: 1) pulido de superficie de la roca; 2) Coloreado de algunas zonas de la superficie con ocre

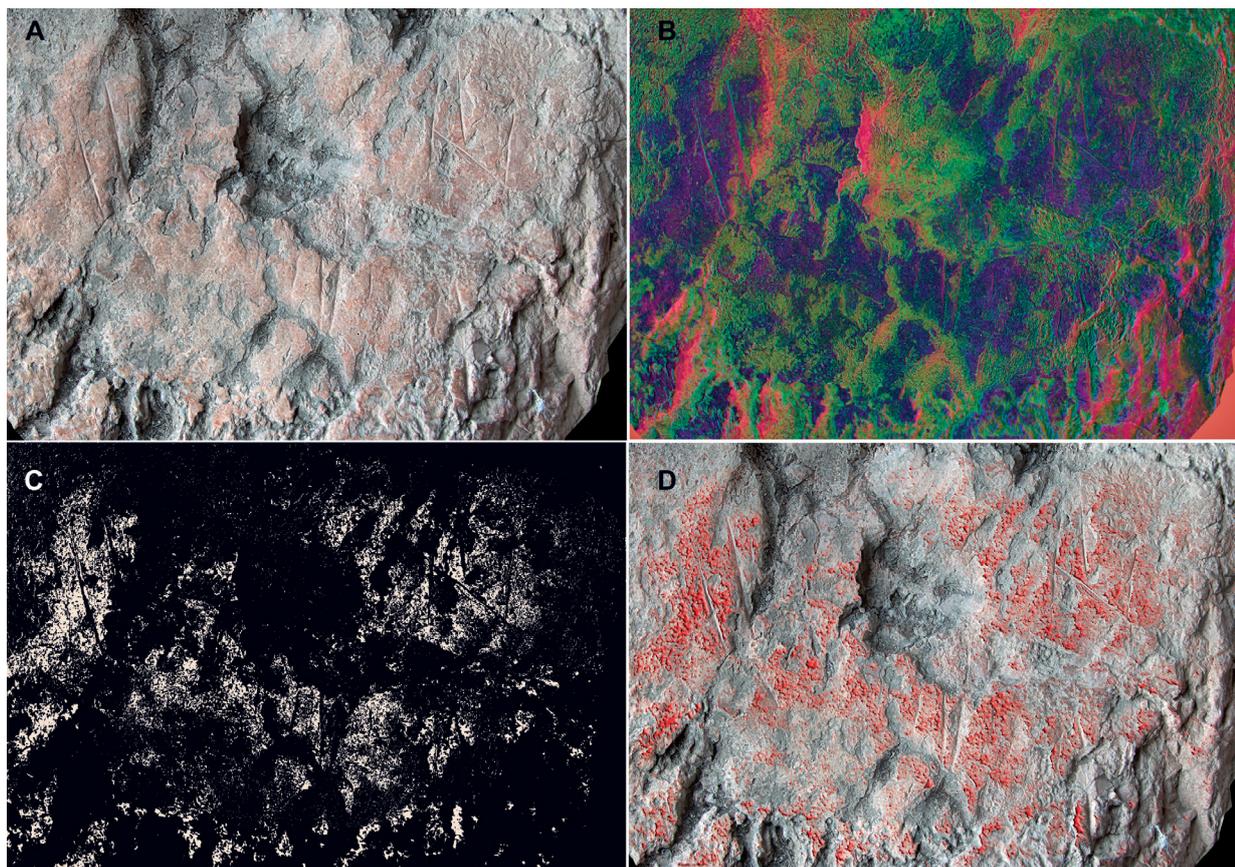


Fig. 2 – A) Imagen original. B) Imagen de Componentes Principales. C) Máscara de segmentación de pigmentos. D) Máscara de segmentación sobre fotografía original.

procesado en forma más o menos líquida; 3) Creación de grabados usando herramientas líticas (CORTES *et al.*, 2018).

Por su parte, la documentación 3D del entorno de los grabados facilitó su catalogación y observación desde un punto de vista que pusiese los distintos vestigios en común, el análisis de Componentes Principales reveló su asociación con pigmentos. Estos pigmentos fueron posteriormente identificados como goethita mediante espectroscopía Raman (CORTÉS *et al.*, 2018).

A través del análisis de imagen se han podido detectar dos densidades de pigmentos. Algunas líneas o puntos con mayor concentración y áreas extensas con pigmento más disperso. No pudiendo atribuir esta circunstancia a una única hipótesis se barajan las siguientes ideas: 1) Las distintas intensidades son debidas al deterioro del pigmento/superficie a lo largo del tiempo; 2) Son causa de una aplicación desigual; 3) La preparación del pigmento carecía de homogeneidad. Aún dadas estas circunstancias, la gran dispersión de restos por todas las áreas de grabados confirman que la superficie estuvo pintada, al menos, en su mayor parte.

## 4 - DISCUSIÓN

Las técnicas de Análisis Digital de Imagen y Visión Artificial se han convertido en herramientas muy utilizadas, especialmente en los casos de arte rupestre. Su importancia viene dada por la posibilidad de análisis sin afectar directamente al objeto de estudio así como en la facilidad de divulgación de los resultados.

En el caso de la Cueva de Las Ventanas la aplicación de estas técnicas ha sido esencial a la hora de analizar una gran cantidad de grabados que, por su situación, eran difíciles de estudiar a simple vista. Además, el estudio de Componentes Principales de las bandas RGB ha permitido catalogar y segmentar los pigmentos que hasta el comienzo de este estudio habían pasado totalmente desapercibidos.

La principal diferencia entre la aplicación de análisis estadísticos multivariantes y el uso de otros procedimientos más comunes (ver p.e: CASTAGNETI *et al.*, 2018; DAVIS *et al.*, 2017; GÁRATE *et al.*, 2019; QUESADA & HARMAN, 2019; SALAZAR *et al.*, 2019) es la posibilidad que estos ofrecen para desarrollar procesos posteriores. Algunos ejemplos son segmentación, *clustering* o clasificación automática.

Este estudio demuestra la necesidad de desarrollar investigaciones interdisciplinares, que obtengan datos a través de diversas técnicas como datación, análisis tipológico, análisis informático y caracterización físico-química. Siendo de dificultad en determinados proyectos, los métodos exclusivos de análisis de imagen pueden llevar a identificar elementos que sólo se correspondan con la interpretación de los datos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por HAR2016-77789-P (Ministerio de Economía y Competitividad de España) y 1943/PI/14 (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España) y el proyecto US-1264079 (I+D+i FEDER Andalucía 2014-2020). Para el trabajo de campo se obtuvo el permiso del Departamento de Cultura de la Junta de Andalucía. También se tuvo el apoyo logístico del Ayuntamiento de Píñar (Granada). Este trabajo fue financiado por el grupo de investigación RNM-349 “Proyecto de restauración y conservación del yacimiento arqueológico “Cueva de las Ventanas”, Departamento de Cultura, Junta de Andalucía (Expediente: BC.01.146/94), “Análisis polínico y datación para Carbono 14 de huesos y coprolitos de hienas provenientes de la Cueva de las Ventanas depositados en el Museo Arqueológico y Etnológico de Granada” Departamento

de Cultura, Junta de Andalucía (Expediente: BC.03/46/09). Recibimos también el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad, número CGL2015-68604.

## REFERENCIAS

- AURA, J. E.; JORDÁ, J. F.; PÉREZ, M.; BADAL, E.; MORALES, J. V.; AVEZUELA, B.; TIFFAGOM, M. & GINER, P. J. (2010) – Treinta años de investigación sobre el Paleolítico Superior en Andalucía: la Cueva de Nerja (Málaga, España). In MANGADO, X. (ed.), *El Paleolítico Superior peninsular. Novedades del siglo XXI. Homenaje a Javier Fortea*. Barcelona: Universidad de Barcelona, p. 149-172.
- BAY, H.; ESS, A.; TUYTELAARS, T. & VAN GOOL, L. (2008) – SURF: Speeded Up Robust Features. In LEONARDIS A.; BISCHOF H., PINZ A. (eds.), *Computer Vision – ECCV 2006. ECCV 2006. Lecture Notes in Computer Science*. 3951, p. 346-359.
- BICHO, N.; MANNE, T.; CASCALHEIRA, C.; MENDONÇA, C.; ÉVORA, M.; GIBAJA, J. F. & PEREIRA, T. (2010) – Paleolítico Superior do sudoeste da Península Ibérica: o caso do Algarve. In MANGADO, X. (ed.), *El Paleolítico Superior peninsular. Novedades del siglo XXI. Homenaje a Javier Fortea*. Barcelona: Universidad de Barcelona, p. 219-238.
- BOLLEN, J.; VAN DE SOMPEL, H.; HAGBERG, A. & CHUTE, R. (2009) – A principal component analysis of 39 scientific impact measures. *PLoSOne*. 4(6), e6022.
- CANTALEJO, P.; MAURA, R.; ESPEJO, M. M.; RAMOS, J.; MEDIANERO, J.; ARANDA, A. & DURÁN, J. J. (2006) – *La Cueva de Ardales: Arte prehistórico y ocupación en el Paleolítico Superior: Estudios 1985-2005*. Málaga: Servicio de Publicaciones, Centro de Diputación de Málaga.
- CASTAGNETTI, C.; ROSSI, P. & CAPRA, A. (2018) – 3D Reconstruction of rock paintings: a cost-effective approach based on modern photogrammetry for rapidly mapping archaeological findings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 364, 012020.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M. (2007) – *El Paleolítico Medio y Superior en el sector central de Andalucía (Córdoba y Málaga)*. Madrid: Monografías Museo de Altamira 22. Ministerio de Cultura.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M. (2010) – El Paleolítico Superior en el sur de la Península Ibérica. Un punto de partida a comienzos del siglo XXI. In MANGADO, X. (ed.), *El Paleolítico Superior peninsular. Novedades del siglo XXI. Homenaje a Javier Fortea*. Barcelona: Universidad de Barcelona, p. 173-198.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M.; JIMÉNEZ-ESPEJO, F. J.; SIMÓN-VALLEJO, M. D.; STRINGER, C.; LOZANO FRANCISCO, M. C.; GARCÍA-ALIX, A.; VERA PELÁEZ, J. L.; ODRIOZOLA, C. P.; RIQUELME-CANTAL, J. A.; PARRILLA GIRÁLDEZ, R.; GONZÁLEZ, A. M.; OHKOUCHI, N. & MORALES-MUÑIZ, A. (2019) – An early Aurignacian arrival in southwestern Europe. *Nature Ecology & Evolution*. 3, p. 207-212.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M.; MARREIROS, J. M.; SIMÓN-VALLEJO, M. D.; GIBAJA-BAO, J. F.; & BICHO, N. (2013) – Reevaluación del Gravetiense en el sur de Iberia. In DE LAS HERAS, P. (ed.), *Pensando el Gravetiense: nuevos datos para la región cantábrica en su contexto peninsular y pirenaico*. Madrid: Monografías Museo de Altamira 23. Ministerio de Cultura, p. 73-85.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M.; RIQUELME-CANTAL, J. A.; SIMÓN-VALLEJO, M. D.; PARRILLA GIRÁLDEZ, R.; ODRIOZOLA, C.; CALLE ROMÁN, L.; CARRIÓN, J. S.; MONGE GÓMEZ, G.; RODRÍGUEZ VIDAL, J.; MOYANO CAMPOS, J. J.; DELADO, F. R.; NIETO JULIÁN, J. E.; GARCÍA, D. A.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, M. A.; BARREDO,

- F. J. & CANTERO-CHINCHILLA, F. N. (2018) – Pre-Solutrean rock art in southernmost Europe: Evidence from Las Ventanas Cave (Andalusia, Spain). *PLoS ONE*. 13(10), e0204651.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M.; SIMÓN VALLEJO, M. D.; MORALES-MUÑIZ, A.; LOZANO FRANCISCO, M. C.; VERA PELÁEZ, J. L. & ODRIÓZOLA LLORET, C. (2016) – La caverna iluminada: una singular lámpara gravetiense arroja luz sobre el arte parietal de la cueva de La Pileta (Benaoján, Málaga). *Trabajos de Prehistoria*. 73(1), p. 115-127.
- CORTÉS-SÁNCHEZ, M.; SIMÓN VALLEJO, M. D.; PARRILLA GIRÁLDEZ, R. & CALLE ROMÁN, L. (2015) – Old panels and new readings. La Pileta and pre-Solutrean graphics in Southern Iberia. In BUENO-RAMIREZ, P. P.; BAHN, P. (eds.), *Prehistoric art as prehistoric culture. Studies in Honour of Rodrigo de Balbín Behrmann*. Oxford, Archaeopress, p. 135-144.
- DAVIS, A.; BELTON, D.; HELMHOLZ, P.; BOURKE, P. & McDONALD, J. (2017) – Pilbara rock art: laser scanning, photogrammetry and 3D photographic reconstruction as heritage management tools. *Heritage Science*. 5, 25.
- FORTEA, F. J. (2015) – Los comienzos del arte paleolítico en Asturias: aportaciones desde una arqueología contextual no postestilística. *Zephyrus*. 53-54, p. 177-216.
- GARATE, D.; RIVERO, O.; RIOS-GARAIZAR, J.; ARRIOLABENGOA, M.; ALCAIDE, M. A.; RUIZ, J.; INTXAURBE A.; IÑAKI, L.; SALAZAR, S. & LIBANO, I. (2020) – The cave of Atxurra: A new major Magdalenian rock art sanctuary in Northern Spain. *Journal of Archaeological Science Reports*. 29, 102120.
- GRANATO, D.; SANTOS, S. J.; ESCHER, G. B.; FERREIRA, B. L. & MAGGIO, R. M. (2018) – Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science & Technology*. 72, p. 83-90.
- KAZHDAN, M. ; BOLITHO, M. & HUGUES, H. ; (2006) – Poisson surface reconstruction. In *Proceedings of the fourth Eurographics symposium on Geometry processing (SGP '06)*. Eurographics Association, Switzerland, p. 61-70.
- LOWE, D. G. (2004) – Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*. 60(2), p. 91-110.
- NAVAS, N.; ROMERO-PASTOR, J.; MANZANO, E. & CARDELL, C. (2008) –Benefits of applying combined diffuse reflectance FTIR spectroscopy and principal component analysis for the study of blue tempera historical painting. *Analytica Chimica Acta*. 630(2), p. 141-149.
- PEARSON, K. (1901) – On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine*. 2(11), p. 559-572.
- QUESADA, E. & HARMAN, J., (2019) – A step further in rock art digital enhancements. DStretch on Gigapixel imaging. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 13, e00098.
- RIVERO, O.; RUIZ, J.; INTXAURBE, A.; SALAZAR, S. & GARATE, D. (2019) – On the limits of 3D capture: A new method to approach the photogrammetric recording of palaeolithic thin incised engravings in Atxurra Cave (northern Spain). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 14, e00106.
- RUIZ, J.; HOYER, C.; REBENTISCH, A.; RÖSCH, A.; HERKERT, K.; HUBER, N. & FLOSS, H. (2019) – Tool mark analyses for the identification of palaeolithic art and modern graffiti. The case of Grottes d'Agneux in Rully (Saône-et-Loire, France). *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 14, e00107.

- SALAZAR, S.; GARATE, D.; INTXAURBE, I.; RIVERO, O. & MORENO, J. (2019) – An unknown “classic cave”: Re-evaluation of El Salitre (Ajanedo, Cantabria, Spain) rock art with 3D digital recording methodologies. *Journal of Archaeological Science Report*. 26, 101921.
- TRIGGS, P.; MCLAUCHLAN, R. & HARTLEY, A. (1999) – BundleAdjustment – A Modern Synthesis. *ICCV '99: Proceedings of the International Workshop on Vision Algorithms*. Springer-Verlag, p. 298-372.
- VILLAVERDE, V., (1994) – *Arte paleolítico de la Cova de Parpalló. Estudio de la colección de plaquetas y cantos grabados y pintados*. Valencia: SIP-Diputación de Valencia.
- VILLAVERDE, V. ; CARDONA, J. & MARTÍNEZ-VALLE, R. (2009) – L'art parietal de la grotte Les Meravelles. Vers une caractérisation de l'art paléolithique pré-magdalénien du versant méditerranéen de la Península Ibérique. *L'Antropologie*. 113(5), p. 762-793.