



# NUEVAS INVESTIGACIONES EN LA CUEVA DE LA GRIEGA (PEDRAZA, SEGOVIA, ESPAÑA). APORTACIONES DE LAS GEOTECNOLOGÍAS AL ESTUDIO DEL ARTE PALEOLÍTICO

New research studies in the cave of La Griega  
(Pedraza, Segovia, Spain). Contribution of geotechnologies  
to the study of palaeolithic art

M.<sup>a</sup> Soledad Corchón<sup>1</sup>, Paula Ortega<sup>1</sup>, Diego González Aguilera<sup>2</sup>, Ángel Muñoz<sup>2</sup>,  
Pablo Rodríguez<sup>2</sup>, Diego Gárate<sup>3</sup> y Olivia Rivero<sup>3</sup>

Recibido el 8 de marzo de 2013. Aceptado el 4 de julio de 2013.

**Resumen.** *La cueva de La Griega (Pedraza, Segovia, España) se erige como un importante yacimiento para el desarrollo del conocimiento de las sociedades prehistóricas y romanas, con más de 400 grabados conservados en su interior y una ocupación que se extiende en el tiempo desde el Solutrense hasta el s I D.C. La ubicación de la cavidad, a medio camino entre las cuevas y abrigos de la costa cantábrica y la zona del Mediterráneo, se refleja en los grabados paleolíticos, ya que muestran diferentes influencias estilísticas. En los últimos años, como parte de un proyecto interdisciplinar, se han llevado a cabo nuevos estudios contribuyendo a alcanzar nuevos interesantes datos, tanto a nivel geológico como arqueológico. Por otra parte, la aplicación de las nuevas geotecnologías —escáner láser en tres dimensiones (3D) y restitución en tres dimensiones— y la realización de un recorrido virtual nos han permitido mejorar sustancialmente la documentación del arte prehistórico, así como llevar a cabo análisis del entorno y gestión del patrimonio arqueológico.*

**Palabras clave:** *La Griega, Solutrense, geotecnologías, recorrido virtual, restitución 3D.*

**Abstrac.** *The cave of La Griega (Pedraza, Segovia, Spain) is an important site for gaining further knowledge of prehistoric and Roman societies, with more than 400 engravings preserved inside it. They range in time from the Solutrean to the 1st Century A.D. The location of the cavity, halfway between the caves and shelters of the Cantabrian coast and the Mediterranean area, is reflected in the Palaeolithic engravings themselves, as they show different stylistic influences. In the last few years, as part of an interdisciplinary project, new research studies have been carried out in this cave, contributing interesting new knowledge, both on the geological and the archaeological levels. Furthermore, the application of new geotechnologies —three dimensions (3D) Laser Scanner and three dimensions (3D) Restitution— and the performance of a virtual flight have allowed us to improve substantially the documenting of prehistoric art, analysis of the surroundings and the management of archaeological heritage.*

**Keywords:** *La Griega, Solutrean, geotechnologies, virtual flight, 3D restitution.*

(<sup>1</sup>) Departamento de Prehistoria, H. Antigua y Arqueología. Universidad de Salamanca. C/Cervantes s/n E-37002 Salamanca. scorchon@usal.es, ortegap@usal.es.

(<sup>2</sup>) TIDOP Group. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Universidad de Salamanca. Calle de los Hornos Caleros, 50. E-05003 Ávila. daguilera@usal.es.

(<sup>3</sup>) CREAP Cartailhac – TRACES UMR 5608. Université de Toulouse-le-Mirail II. dieogarate@harpea.org, oliviariver@hotmail.com

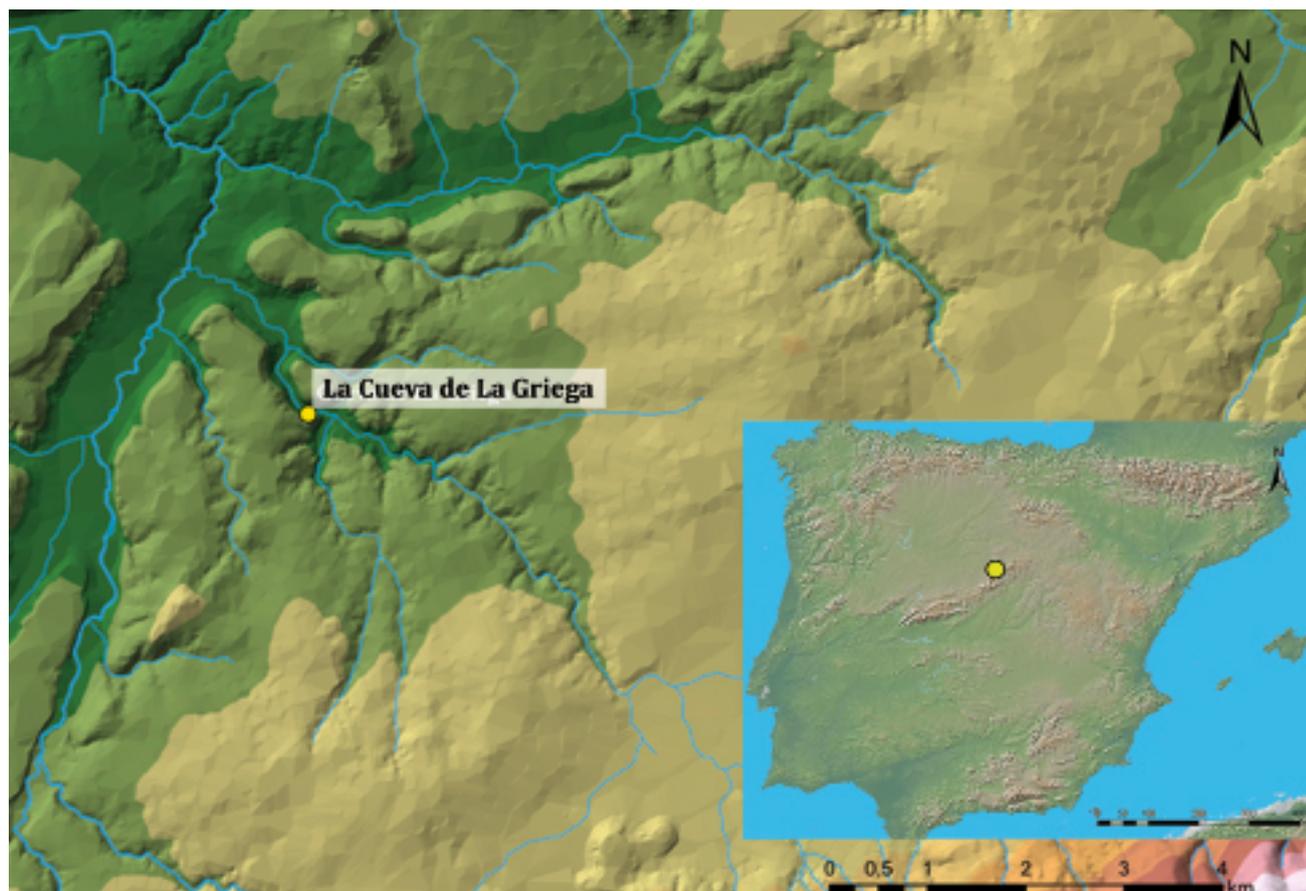
## 1. INTRODUCCIÓN. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La cueva de La Griega se encuentra situada en un paisaje agreste de escarpes y profundos valles, a la entrada del cañón del río Vadillo y en su margen izquierda, a unos 2 km de su confluencia con el río Cega aguas abajo. Este acceso actual se abre a unos 50 m del lecho del río y a una cota media de 16,465 m sobre el nivel estival de las aguas. Las coordenadas UTM son: X: 43.1737 m; Y: 4.553.344 m (WGS84, H: 30), a 1.020 m de altitud (Fig. 1).

La caverna se desarrolla en las calizas del Cretácico superior del piedemonte de la Sierra de Guadarrama, en una formación semicircular de dirección NO-SE, de unos 11 km de longitud y 2 km de anchura. En concreto, la cueva se encuentra en el tramo inferior de un estrecho paquete de calizas arenosas de tonalidad amarillenta, fuertemente karsificadas, atribuidas al Cenomanense. Se accede al interior desde el fondo de un abrigo, y de un vestíbulo de 7 x 1,40 m, actualmente vaciados de depósitos. Un paso angosto de

1,5 m de ancho por 1 m de altura, parcialmente cegado por bloques y derrubios (el laminador), conduce a la galería de entrada, de recorrido descendente y perpendicular a la principal. Esta galería de entrada alberga los primeros grabados paleolíticos y post-paleolíticos, localizados a partir de unos 15 m de la boca de acceso actual<sup>1</sup>.

El desarrollo espeleométrico conocido de la cavidad es de unos 340 m topografiados, si bien su longitud total sería mayor ya que algunas gateras, muy angostas, no han podido ser exploradas en su totalidad. Y lo mismo sucede con algunas zonas altas de la galería, de muy difícil acceso. La galería de entrada profundiza unos 60 metros en dirección 185° Sur, hasta el sector que alberga los grabados más numerosos (Sector III). A partir de aquí, se prolonga otros 45 m en dirección SW hasta el acceso al sector VII, todo ello como galería única. En estas dos zonas la galería se desarrolla en dos niveles, el superior a unos 3 m en el sector VII, y a más de 12 m de altura sobre el suelo actual de la galería en el salón principal o sector III. Para su estudio se dividió en X sectores, desde el inicio (boca actual) o Sector I, hasta la salita final o Sector X.



▲ FIGURA 1. Localización de la cavidad en el entorno.

(1) Esta entrada (el laminador) no correspondería a los accesos primitivos. Los trabajos actuales, en curso, han localizado otra abertura al exterior, angosta y actualmente colmatada por derrubios, cerca de la entrada actual. Y también otra amplia boca de posible edad paleolítica, que estaría situada a mayor altura sobre el valle. Cegada interiormente, y no visible su abertura exterior por los depósitos de ladera que la cubren, actualmente se trabaja en su localización exacta.

Con el fin de realizar un estudio "mesoespacial" de la cavidad que posibilitara la identificación en el exterior de otros accesos primitivos, en el transcurso de las últimas investigaciones se procedió a la representación de la cavidad en el entorno. Así, se superpusieron el plano de la cavidad y el mapa topográfico 1:25000 sobre la ortofoto. A partir de estas referencias, se realizó una prospección intensiva del entorno, con resultados positivos, en curso de estudio (Fig. 2).

## 2. LAS CAVIDADES DEL ENTORNO DE LA GRIEGA, EN PEDRAZA, Y SU DESCUBRIMIENTO

La Cueva de La Griega es una de las numerosas cavidades existentes en las inmediaciones de Pedraza (Llorente 1898), que se abren en ambos márgenes del cañón del río Vadillo. Fueron exploradas desde mediados del siglo XIX, en el marco de estudios de carácter paleontológico y etnográfico. La historiografía del siglo XIX denomina a este Arroyo

Griego (Areitio y Quiroga, 1874), y todavía existe actualmente la Fuente de La Griega, lo que explica el topónimo popular de Cueva de La Griega.

Tomás Llorente exploró en 1898 una decena de cavidades en Pedraza, entre ellas la Primera cueva (la actual Cueva de La Griega), no advirtiendo en ella restos arqueológicos o grabados rupestres, sino únicamente letreros modernos y restos de vasijas de aspecto reciente. Años más tarde, J. Cabré (1915: 50) alude la gruta como cueva de La Griega, mencionando la existencia de "restos animales" —probablemente recientes, ya que el lugar era utilizado como encerradero de ganado—, pero no de grabados. De forma imprecisa, se citan restos humanos asociados a toscos fragmentos cerámicos (Areitio y Quiroga 1874), así como fauna pleistocena brechificada adherida a los muros laterales y techos "de las cuevas localizadas junto a la villa medieval de Pedraza" (de Prado 1864; de Cortázar 1891: 105; Tomas y Llorente 1898: 366-367)<sup>2</sup>. Todas estas cavidades fueron exploradas por nuestro equipo en los primeros trabajos (Corchón *et al.* 1997), confirmando estos extremos. Concretamente, existe fauna pleistocénica brechificada en las



▲ FIGURA 2. Representación de la cavidad en su entorno próximo. Superposición del plano de la cueva sobre la ortofoto (PNOA) y el mapa topográfico (1:25.000).

(<sup>2</sup>) Aunque las referencias son imprecisas, los restos humanos —un cráneo casi completo— seguramente proceden de la Segunda Cueva de T. Llorente (probablemente, la conocida actualmente como Cueva de los Huesos: Corchón 1997: n.º 3 en el mapa: 34, y nota 2:175).

cuevas 3 y 5 de Tomás y Llorente, situadas en la misma margen a unos 60 y 200 m de distancia aguas arriba; la última contenía restos del *Ursus deningeri* mindeliano, identificado por T. Torres en 1988. Este dato tiene gran interés, porque los más antiguos grabados solutrenses de La Griega, cubren antiguos zarpazos de un oso de gran talla (más de 2 m) en el sector II, y existen otros similares en zonas profundas del sector V, que pudieran pertenecer a dicha especie.

El descubrimiento del arte parietal de la cueva se debe a E. Ballesteros y J. Herrera, de la Sección Espeleológica de la Sociedad Deportivo-Excursionista de Madrid, autores del hallazgo en 1970, a unos 50 m de la boca, de un caballo grabado en el estrato arcilloso que, cerca del techo, recorre la galería. La autenticación del mismo la realizó Martín Almagro (1971), que lo atribuye al Paleolítico. El primer estudio de conjunto del arte parietal lo realizan G. y S. Sauvet (1983, 1985), descubriendo nuevos grabados en 1980 y 1981. La temática, particularmente los équidos, han sido objeto de estudios pormenorizados (Apellániz 1985). Por su parte, un equipo de la USAL realizó la primera prospección de la cueva en 1985-1986<sup>3</sup>, apreciando la existencia de nuevos paneles con grabados paleolíticos en zonas profundas y en la parte alta de la galería, juntamente con otros esquemáticos holocenos y epigrafía latina. Su estudio se abordó en el marco de otro proyecto de investigación interuniversitario (Universidades de Salamanca, Autónoma Madrid, León, Valladolid, Central de Barcelona y Museo Arqueológico de Soria: Corchón *et al.* 1989)<sup>4</sup>. En este proyecto se descubrió otra cueva con grabados holocenos inédita, 150 m al sur de la cueva principal y apenas a una decena de metros sobre el cauce actual, que denominamos La Griega II (Corchón *et al.* 1997: 35). Recientemente, se han retomado las investigaciones en la cueva de La Griega en el marco de un nuevo proyecto<sup>5</sup>, centrado en la aplicación de nuevas geotecnologías al estudio y conservación del Arte prehistórico, particularmente en cavidades no visitables, como en este caso por la fragilidad de las calizas arenosas y arcillas que sirven de soporte a los grabados prehistóricos y epigrafía histórica que alberga.

### 3. LA CUEVA DE LA GRIEGA EN ÉPOCAS PREHISTÓRICAS E HISTÓRICAS

Una característica notable de La Griega es la reiterada utilización de la cavidad por grupos sociales muy diversos,

desde el Paleolítico hasta épocas históricas recientes. Ello se traduce en la existencia de numerosos paneles y oquedades en paredes y techos, cubiertos de grabados prehistóricos y epigrafía latina en superposición. Esta circunstancia proporciona una valiosa información acerca de la secuencia diacrónica de los grabados de la cueva (Fig. 3).

El conjunto epigráfico romano, en primer lugar, constituye un documento clave para comprender la romanización y la penetración de la escritura en la Meseta Norte (Abásolo y Mayer, en Corchón *et al.* 1997: 256). Se trata de un *corpus* de 107 inscripciones, que se estima fue realizado de forma continuada a lo largo de tres siglos, desde mediado el siglo I hasta época visigótica, con mayor intensidad entre las épocas flavia y severiana. Los testimonios epigráficos, mayoritariamente antropónimos, incluyen inscripciones alusivas a cultos privados y públicos, menciones a divinidades indígenas<sup>6</sup>, y otras de tipo lúdico y anecdótico. Como norma general, estas grafías respetan las imágenes preexistentes de caballos paleolíticos, integrando éstos, en muchos casos, en el propio discurso semántico o votivo. Estos datos invitan a pensar en una larga tradición de la gruta como espacio rupestre sacralizado, lo que es frecuente en el mundo romano, hundiéndose sus raíces en épocas prehistóricas.

En cuanto a los grabados prehistóricos holocenos, se conservan 311 motivos agrupados en 108 conjuntos, además de marañas y numerosos trazos sueltos. Estas últimas, en dos Grandes Techos (s. VI y X) cubren toda la superficie disponible y constituyen el estrato más reciente de grabado. En total, los conjuntos esquemáticos superan las 400 realizaciones, distribuidas en tres fases de ejecución superpuestas entre sí, sobre los grabados paleolíticos, y a su vez cubiertas por epigrafía romana. Las superposiciones observadas, y su relación con paralelos cerámicos y rupestres, permiten postular que la ejecución de estos motivos esquemáticos se realiza a partir del Calcolítico y Bronce Medio (Fases I y II), y durante el Bronce final-Hierro I (Fase III). Por último, la cueva conserva numerosas inscripciones e ideogramas de los siglos XIII a XVIII, asimismo catalogadas aunque permanecen inéditas.

### 4. LAS GRAFÍAS PALEOLÍTICAS

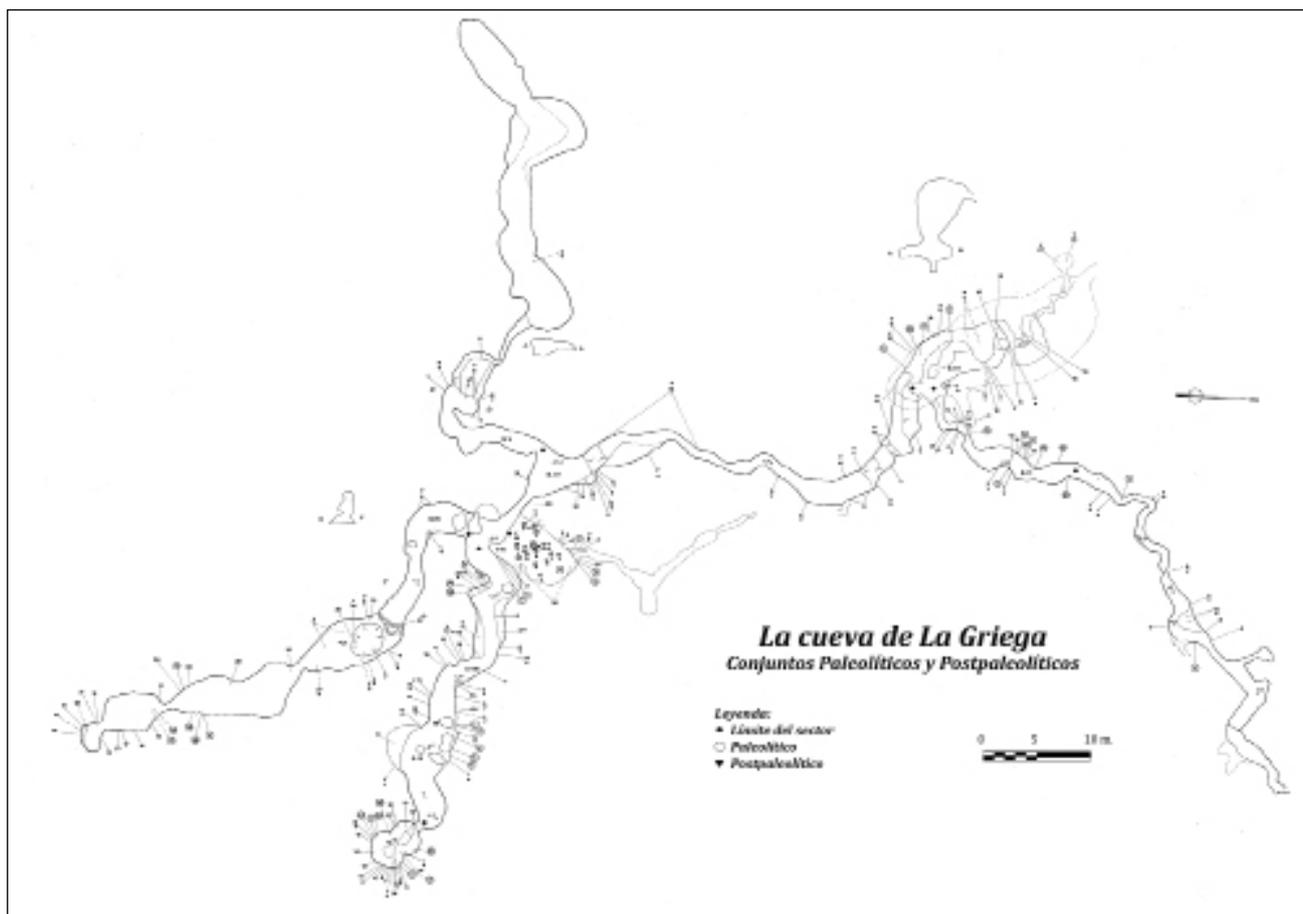
Por lo que se refiere al espacio topográfico utilizado a finales del Pleistoceno, los grabados paleolíticos ocupan zonas de fácil acceso, en la galería de entrada y en la principal. No

(3) Proyecto de investigación: "Bases para el estudio del poblamiento paleolítico de la Meseta Norte, 1985-1988", financiado por la Junta de Castilla y León (Investigador Principal: S. Corchón).

(4) Proyecto de investigación: "Inventario, estudio y conservación del Arte rupestre prehistórico en Castilla y León", financiado por la Junta de Castilla y León y el Ministerio de Cultura, entre 1989-1993 y en 1995-1996 (I.P.: M.ª S. Corchón).

(5) Proyecto SA014A10-1 (2010-2012). Colaboran la USAL-EPS Ávila, el CREAP-Univ.Toulouse, y la Universidad de La Rioja.

(6) *Nemedus*, pervivencia de una divinidad celta que, en una ocasión, lleva el epíteto *Augustus* que lo incorpora, al menos oficiosamente, al culto imperial. También es probable que se aluda otras divinidades, *Deva* y *Monidus* o *Monedus*. En todo caso, las indicaciones de *votum solvit* o *praemia* serían suficientes para probar el carácter cultural o votivo de la cueva (Abásolo y Mayer, *loc cit.*: 255).



▲ FIGURA 3. Mapa general de la Cueva de la Griega: grabados paleolíticos, postpaleolíticos y Epigrafía romana.

se conocen graffias paleolíticas en los niveles altos (excepto en el Sector VII), aunque sí alguno en divertículos angostos de la galería principal, en los cuales abundan, en cambio, grabados holocenos y trazados sobre arcilla, digitales y también otros realizados con cañas. Los trazados digitales son, en general, difíciles de datar, pero en ocasiones están cubiertos por epigrafía romana (Abásolo y Mayer, *loc.cit.*)

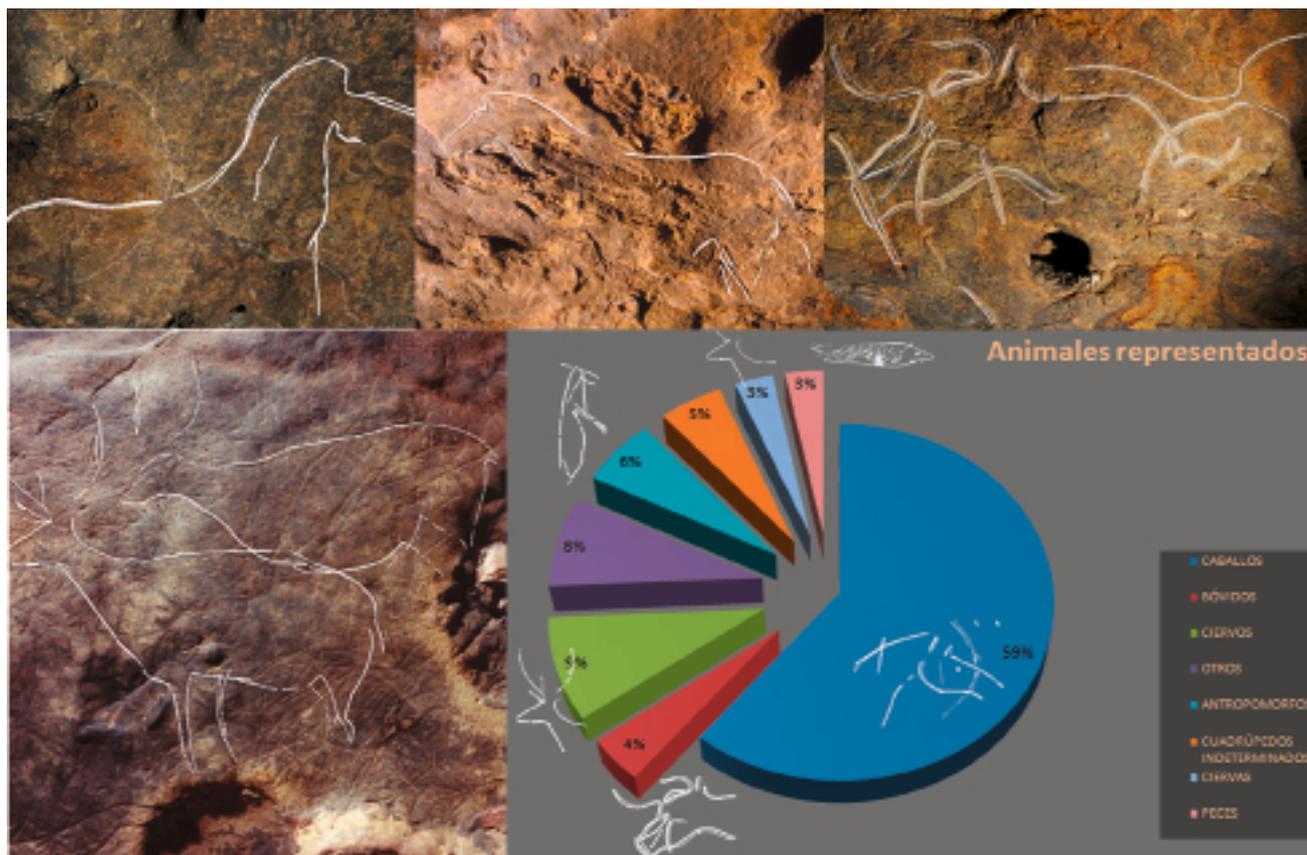
Recientemente, se ha localizado una de las posibles entradas primitivas utilizadas en el Pleistoceno, cerca del techo de la Gran Sala del sector III, a unos 20 m de altura sobre el suelo actual.

Se han conservado 90 motivos figurativos y 29 signos paleolíticos, agrupados en 39 conjuntos distribuidos en otros tantos puntos topográficos. En lo relativo a la secuencia del grabado paleolítico, la superposición de sucesivos horizontes, esquemas estilísticos y compositivos en los grandes paneles, sustenta la división del proceso de ejecución de los grabados en IV fases. De ellas, las tres primeras ofrecen una gran homogeneidad estilística, pero también variaciones sustanciales en la temática reproducida. Todo ello sugiere que algunos esquemas gráficos fueron mantenidos y utilizados por los grupos sociales que, de forma intermitente, frecuentan la cueva, dentro de unas tradiciones culturales relativamente homogéneas. Finalmente, existe

una corta serie de zoomorfos de tendencia esquemática, asociados a motivos lineales, que se sitúan en los márgenes de un gran panel paleolítico y en dos techos bajos (sectores III y VIII). En aquél, cortan a los grabados paleolíticos, y en éstos subyacen a motivos holocenos. Estas realizaciones recuerdan a otros motivos magdaleno-aziliense de Cueva Palomera, y signos del arte mueble aziliense, pudiendo indicar una fase más tardía que el resto de grabados pleistocenos (Fig. 4).

## 5. SUPERPOSICIÓN DE LOS GRABADOS Y FASES DE EJECUCIÓN

Las figuras grabadas en primer lugar, infrapuestas al resto, son contornos equinos, raramente otras especies como un jabalí y una cierva, ejecutadas con trazo profundo continuo. Son perfiles simplificados, carentes de detalles corporales como ojos, orejas o colas, ápodos o con la mano simplemente esbozada, con morros alargados y cortas crineras en escalón vertical. Exhiben formas incipientes de animación —la cabeza proyectada hacia arriba, las extremidades orientadas inversamente o bien plegadas—, y sencillos modelados interiores como listados y, despieces de crine-



▲ FIGURA 4. Porcentaje de animales representados en cronologías paleolíticas. Detalle de un caballo del sector VII (conjunto 25), otro caballo del sector III (conjunto 10), un uro del sector VII (conjunto 29) y una pareja de ciervos del sector III (conjunto 13).

ras. Las combinaciones temáticas, igualmente sencillas, son parejas equinas y caballo-reticulado. Sobre ellos, dentro de una estrecha continuidad estilística y temática, se grabaron otros zoomorfos que muestran una mayor modulación de los contornos, a veces ejecutados con trazo múltiple de contorno (Fase II). Por otra parte, en los grandes paneles se agregan nuevas figuras a las existentes, frecuentemente en contraposición simétrica, y la utilización de los espacios topográficos de la cueva es mayor. Además, se grabaron otras figuras adosadas o superpuestas a figuras anteriores, con las cuales se construye una temática asociativa y unos esquemas gráficos específicos de esta fase. Se trata de caballos con antropomorfos, documentados en tres paneles y sectores distintos de la cueva. Otro esquema típico son los caballos y un ciervo opuestos por las grupas a caballos anteriores. En tercer lugar, caracterizan este horizonte las siluetas de caballos incompletos de diseño irreal, caricaturesco: cabezas picudas o sinuosas, hocicos globulares y crineras marcadas por una inflexión de la frente. Este esquema gráfico no es muy diferente del aplicado a las cabezas bestiales de los antropomorfos. Por último, abundan los esquemas gráficos simplificados: frente-crinera, perfiles cérvico-dorsales, la

mayoría de équidos aunque también alguno de úrsido o cánido. Como en la fase anterior, los signos que acompañan a los zoomorfos son escasos y poco variados: triángulos, óvalos, ángulos, reticulados.

En los mismos grandes paneles y techos, sobre los anteriores, se encuentra la serie de grabados más extensa de La Griega, agrupados en la fase III. Son 42 nuevas grafías, 32 de las cuales son figurativas —la mayoría équidos, alguno acéfalo, cuatro ciervos y representaciones únicas de uro y pez—, y el resto signos. Se agrupan en 18 conjuntos distribuidos por la galería, las salas principales y también se encuentran, por primera vez, en el nivel superior (sector VII) y en un acceso a otro (sector III). En suma, representan la utilización más extensa del espacio paleolítico de la cueva. Habitualmente, los sujetos están agrupados por parejas (caballos, ciervos, caballo-ciervo, caballo-uro y caballo-pezu), ocupando los grandes paneles y techos de los sectores II, III y VI a X<sup>7</sup>, pero también se han ubicado en el interior de cúpulas de erosión en el techo (sector VII).

Las características formales de los sujetos incluyen, por una parte, caballos, ciervos y un uro de trazado digital, de cuerpo grácil y perfil matizado —los équidos con quijada pro-

(<sup>7</sup>) Ejemplos característicos, en Corchón *et al.* 1997: Figs. 4:11 y 2-3; Fig. 5:12-13 y 15-17

nunciada, cabeza puntiaguda y un característico remate oblicuo de la crinera, inclinada a modo de visera sobre la frente—. Con ellos, otros caballos gruesos y pesados se caracterizan por una gran cabeza rectangular, hocico plano y crinera rematada en escalón abrupto. Asimismo, abundan los prótomos y los perfiles cérvico-dorsales equinos, en ocasiones entrecruzados.

En cuanto a los esquemas compositivos, se han grabado grupos binarios en hilera vertical, opuestos por las grupas, y también parejas de caballo con ciervo o pez cuyos ejes de simetría se cruzan en aspa, se contraponen-superponen, o bien están afrontados con superposición de las cabezas.

En último lugar, sobre los grabados anteriores en los grandes paneles se grabó una serie muy corta de figuras de gran tamaño, con modelados interiores, que constituyen la fase IV. En un uro y dos carnívoros (*Pantera leo spelaea*; *Linx pardina*), la masa corporal es destacada mediante la integración del volumen y largos trazos de pelaje, y orificios naturales marcan el orificio nasal.

## 6. REFLEXIONES SOBRE EL CONTEXTO Y LA DATACIÓN DE LOS GRABADOS

La presencia de jabalí (*Sus scropha*), una especie de apetencias templadas, entre los grabados más antiguos permite relacionar la Fase I con la ocupación del valle en un breve episodio menos frío del Tardiglacial (GS-2b). La cronología de estos episodios, comprendida entre 18000-17000 cal BC, nos sitúa en contextos de referencia como el Solutreo-gravetiense levantino, con explícitos paralelos mobiliarios y parietales, o en el Solutrense final portugués<sup>8</sup> que muestra puntas de pedúnculo y aletas, pedunculadas de retoque plano y de muesca con retoque abrupto, análogas a las ibéricas. Respecto de éste último, la cueva de Escoural, que conservaba en superficie indicios de Solutrense superior (Lejeune 1996), muestra unguados de construcción comparable y équidos rellenos de trazos lineales desmañados.

En cuanto a la cronología de la Fase II, el grueso de las realizaciones se grabaron acopladas a una iconografía previa, sugiriendo una estrecha continuidad en el uso de la cueva, en el citado episodio de relativa moderación o en el frío siguiente. La estrecha relación estilística entre los grabados de ambas fases apunta también a su consideración como un horizonte artístico unitario, con connotaciones mediterráneas derivadas, quizá, de contactos entre ambas mesetas y con los territorios portugueses durante el Solutrense final / Solútneo-gravetiense / inicios del Magdaleniense.

Una de las manifestaciones más características de la Fase II —el tema de los humanos o semihumanos con herbívoros, la mayoría caballos y uros—, abunda en el arte parietal de las cavidades de la Meseta española (Los Casares, El Reguerillo), y en la Cornisa cantábrica (Altamira, Hornos de la Peña, Candamo), atribuidos al segmento cronológico comprendido entre el final del Solutrense y el Magdaleniense inferior. Entre las estaciones al aire libre del centro-oeste peninsular, Ribera de Piscos, en el valle del Còa, muestra un antropomorfo itifálico grabado sobre un contorno equino y un uro, relleno de finos trazos múltiples, y el esbozo de otro (Rocas 2, 24: Baptista y Varela 1998). Y en el cercano valle del Águeda, en el mismo sistema fluvial del Duero, Siega Verde muestra un antropomorfo grabado sobre un cuadrúpedo de cola larga, posiblemente un uro<sup>9</sup>. En los territorios cantábricos, el tema de los humanos es típico del arte mueble del Magdaleniense inferior (Entrefoces B: 15430 ± 250 cal BC), medio (Las Caldas: ca. 14600-13700 cal BC) y, aisladamente, del superior (Abauntz; Las Caldas III: 13540 ± 180 cal BC).

Respecto de la Fase III, en la cual ya estaría configurado el santuario en sus aspectos fundamentales, el sujeto predominante es el caballo, representado aislado, en grupos binarios, o jalonando el trayecto con algunos ciervos y un uro. Esta estructura temática es coherente con un entorno abierto, estepario con manchas de arbolado, propio del final del riguroso GS 2. Este episodio ha sido reconocido en niveles de ocupación de los Abrigos de Deza, en Soria: uno Magdaleniense inferior (Alejandre, niv. IIIb: 16029 + 193 cal BC), y otro Magdaleniense inferior tardío (Vergara, niv. d2: 14550 ± 403 cal BC) (Utrilla y Blanco 2000). Asimismo, la datación de una antorcha asociadas a huellas de pisadas (galería de las Huellas, Ojo Guareña: 16284 ± 304 cal BC), también documenta la frecuentación de la Meseta Norte en aquel estadio (Corchón *et al*, 2006). En el ámbito mediterráneo, paralelamente, la larga pervivencia del Solútneo-gravetiense puede explicar las relaciones estilísticas percibidas entre los diferentes territorios peninsulares comentados.

En cuanto a los modelados y técnicas volumétricas que exhiben los grabados de la Fase IV, superpuestos a aquéllos, se relacionan con el Magdaleniense medio e inicios del superior, fechados en el Arte mueble y por datación directa de las pinturas ca. 14600-13000 cal BC. Este segmento temporal abarca el final del GS 2 y el inicio de la dulcificación climática interestadial (GI-1e), en la cual las condiciones medioambientales serían similares a las actuales (Álvarez y Jöris 1998). Este parece ser el contexto que reproducen estos

<sup>(8)</sup> Rasgos mediterráneos de la Fase I serían la escasez de signos, las extremidades plegadas, el diseño de las extremidades puntiagudas-divergentes y los trazos horizontales de relleno de contornos. El Parpalló, La Pileta o Trinidad de Ardales muestran ejemplos típicos, atribuidos al Solutrense pleno y al Solútneo-gravetiense (Villaverde 1994; Sanchidrián 2000). Este último, fechado en 17390 ± 490 y 17290 ± 470 cal BC en Cova Beneito B2 y Cova Ambrosio II, respectivamente (Corchón y Cardoso 2005)

<sup>(9)</sup> Parte inferior del Panel 14, según calco de Balbín, R. y Alcolea J. 2001: 221.



▲ FIGURA 5. Escaneado láser tridimensional. Toma de datos con el escáner Faro Photón 80.

grabados, que incluyen especies de apertencias templadas (Altuna 1995), como el león (*Pantera leo spelaea*), el lince mediterráneo (*Linx pardina*) y, posiblemente, el gato montés (*Felis silvestris*). Todas ellas, juntamente con otras euritermas (*Rupicapra rupicapra*, *Ursus arctos*, *Cuon Bourreti zhalpinus?*), caracterizan la fauna de los yacimientos magdalenenses de Oña (Schollosser 1923), y también se encuentran en el Pleistoceno final de Portugal (Cardoso 1993). Así pues, el núcleo de asentamientos de Oña —dos cuevas, tres abrigos con niveles del Magdaleniense superior y los grabados de la cueva de Penches—, son una referencia arqueológica verosímil para aquella fase, a comienzos del Magdaleniense superior (ca. 13500 - 12800 cal BC).

## 7. GEOTECNOLOGÍAS NO-DESTRUCTIVAS APLICADAS AL ARTE PARIETAL

El desarrollo tecnológico, en los últimos años, ha favorecido la aplicación de nuevas técnicas informáticas y fotogramétricas no-destructivas al estudio del arte paleolítico (Beraldin *et al.* 2011). Estas técnicas aportan la posibilidad

de digitalizar y preservar de forma remota nuestro legado más preciado, permitiendo la generación de modelos tridimensionales a escala que incorporan como valor adicional la propia textura fotográfica real del objeto.

La restitución 3D actual se basa en la creación de un modelo tridimensional totalmente automático de idénticas características al original y con propiedades métricas. La creación de estos modelos en el campo de la Arqueología, particularmente en el arte prehistórico, se fundamenta en estructuras u objetos del registro material, con el fin de obtener una figuración digital idéntica al original (Azéma *et al.* 2012). Por su parte, el recorrido virtual mediante imágenes panorámicas, desarrollado en el presente proyecto, es un producto capaz de visualizar una serie de datos gráficos de una forma ordenada y visualmente muy potente, en la que el usuario puede interactuar con los distintos elementos, simulando una visita real (Rodríguez-González *et al.* 2012).

Existen distintos métodos para la creación de modelos virtuales. Sin embargo, el modelado tridimensional texturizado es el más adecuado puesto que presenta una visualización interactiva sin limitaciones, permitiendo gran versatilidad en la visualización y manejo.

## 7.1 Restitución tridimensional

La restitución tridimensional se basa en la transformación de un elemento o soporte real en un formato virtual para lo que es preciso llevar a cabo una toma de datos de alta calidad y precisión.

La adquisición de datos en la cueva de La Griega se realizó en dos niveles: por un lado, utilizando el escáner láser terrestre Faro Photon 80, que permite obtener datos tridimensionales; y por otro, mediante la toma de imágenes digitales de alta resolución que permite crear texturas y dotar de color a los soportes.

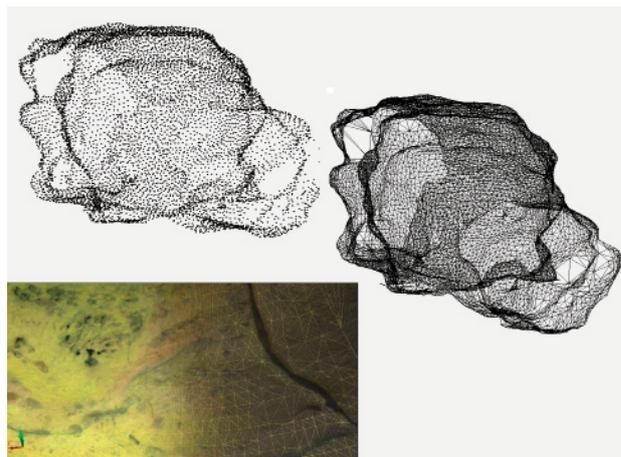
Los datos tridimensionales se resumen, finalmente, en coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) creando una densa nube de puntos. Los datos radiométricos de los puntos georeferenciados se toman directamente de la documentación procedente de las imágenes.

El escáner láser terrestre basa su tecnología geomática en la diferencia de fase, permitiendo medir el desfase entre dos puntos, y por tanto determinar la distancia y coordenadas tridimensionales de los puntos objeto de estudio (Fig. 5).

Este proceso se repite con una velocidad que oscila entre 122.000 y 976.000 puntos/seg. Este tipo de equipamiento permite una alta resolución, con una separación entre los puntos de 3 mm y un error máximo de  $\pm 2$ mm en la medida de distancias y  $0.009^\circ$  en la medida de ángulos (horizontales y verticales). Como resultado del escaneo, se consigue un total de unos 500 millones de puntos en bruto para el caso de La Griega, que ha permitido obtener una definición geométrica del interior de la cavidad. La elección de la resolución adecuada viene condicionada por el nivel de detalle, el tipo de escáner y el tamaño del arte paleolítico (González-Aguilera *et al.* 2011:124).

La cabeza rotatoria y los espejos internos que posee el escáner permiten que el proceso de obtención de datos tome el formato de una escena panorámica abarcando un total de  $360^\circ$ . Dada la complejidad topográfica de la cavidad, con numerosas oclusiones y pasillos angostos, fue necesaria la toma de un total de 24 estacionamientos y panorámicas para cubrir el 90% del espacio total de la cavidad, quedando fuera del escaneo los pasillos estrechos, de menor interés patrimonial. El número de tomas depende en gran medida de la resolución, así como de la orografía de la cavidad y el grado de oclusión de la misma (González-Aguilera *et al.* 2011:124).

La toma de datos radiométricos se ha llevado a cabo con una cámara réflex de alta resolución con objetivo "ojo de pez" acoplada al láser escáner. Gracias a la cabeza rotatoria, esta cámara fotográfica toma panorámicas en forma de 10 fotogramas por estacionamiento, con una iluminación homogénea. Este procedimiento permite obtener texturas y colores de alta resolución que complementa la toma geométrica (X, Y, Z) de datos láser.



▲ FIGURA 6. Secuencia del tratamiento de datos procedentes del escaneo láser. Obtención de una nube de puntos, triangulación de la misma en una malla tridimensional, superposición de una textura radiométrica.

De los más de 500 millones de puntos obtenidos del escaneo, muchos han de ser depurados eliminando todos los datos erróneos.

Las nubes de puntos correspondientes a cada cavidad o grabado independiente son trianguladas a través de una estrategia de triangulación de Delaunay (Bourke 1989). Esta estructura soporta, a modo de topografía tridimensional de la cavidad, las texturas y colores obtenidos de la aplicación fotográfica. Esta técnica se basa en el fusión de dos tipos de datos distintos: por un lado, la textura de alta resolución procedente de la cámara digital que proporciona la apariencia del objeto; y por otro, las nubes de puntos procesadas por el escáner láser que proporcionan la base geométrica de la triangulación antes reseñada. (González-Aguilera *et al.* 2011:123)(Fig. 6).

## 7.2 Modelado virtual

El modelado virtual permite una escenificación de los panoramas reales en un ambiente digital inmersivo. La aplicación de las nuevas tecnologías permiten recrear escenarios reales, de gran valor patrimonial, en forma de un modelado virtual sobre el que vincular distintos tipos de información técnica, arqueológica y patrimonial (Muñoz-Nieto *et al.* 2011).

La consecución de este modelado parte de la obtención de tomas fotográficas realizadas con una cámara digital Nikon D-80, dotada de un objetivo "ojo de pez", con el fin de obtener panorámicas de los distintos escenarios. La cámara digital se emplaza sobre una rótula giratoria que garantiza la perfecta consecución de los fotogramas, de manera que puedan ser posteriormente montadas a modo de panorama esférico (Fig. 7). Las tomas fotográficas se realizaron desde un total de 28 emplazamientos, dispuestos a lo largo del re-



▲ FIGURA 7. Panorámica obtenida mediante la cámara digital Nikon D-80, dotada de un objetivo “ojo de pez” sobre una cabeza giratoria y montaje de las fotos sobre una esfera que permite una visualización de 360° simulando los movimientos del observador.

corrido natural de la cavidad. Estas estaciones correspondrán con las representadas en el recorrido virtual, realizadas con más de 280 fotografías.

Las imágenes tomadas sobre el terreno son equilibradas radiométricamente mediante correcciones automáticas de brillo y contraste. Basándose en la identificación y superposición de puntos homólogos, las imágenes son unificadas y montadas en forma de imágenes panorámicas. Estas panorámicas son encadenadas creando una sensación de visita virtual, mediante la proyección equirectangular del contenido radiométrico de las imágenes originales sobre una esfera cuyo centro coincide con el punto del observador. Esta proyección permite completar una visión de 360° en torno al observador.

El recorrido virtual presenta gran versatilidad, configurada a modo de interfaces. Se trata de una potente herramienta que permite visualizar una serie de datos gráficos de forma ordenada, recopilado de información, catalogando y visualizando gran cantidad de imágenes en la forma de explorador de imágenes esféricas panorámicas.

El montaje de las imágenes en una forma esférica permite el movimiento de la cámara, de izquierda a derecha y de arriba abajo, mediante movimientos de ratón, simulando los giros de exploración de la cabeza del observador. El programa informático calcula la porción del panorama al que corresponde la dirección del eje de visualización en tiempo real (Fig. 7).

El navegador, con la ayuda de iconos específicos, localiza cada elemento —en este caso, las grafías paleolíticas y postpaleolíticas— en el escenario representado, la cueva de La Griega, permitiendo reconocer el emplazamiento y distribución espacial de las mismas (Fig. 8).

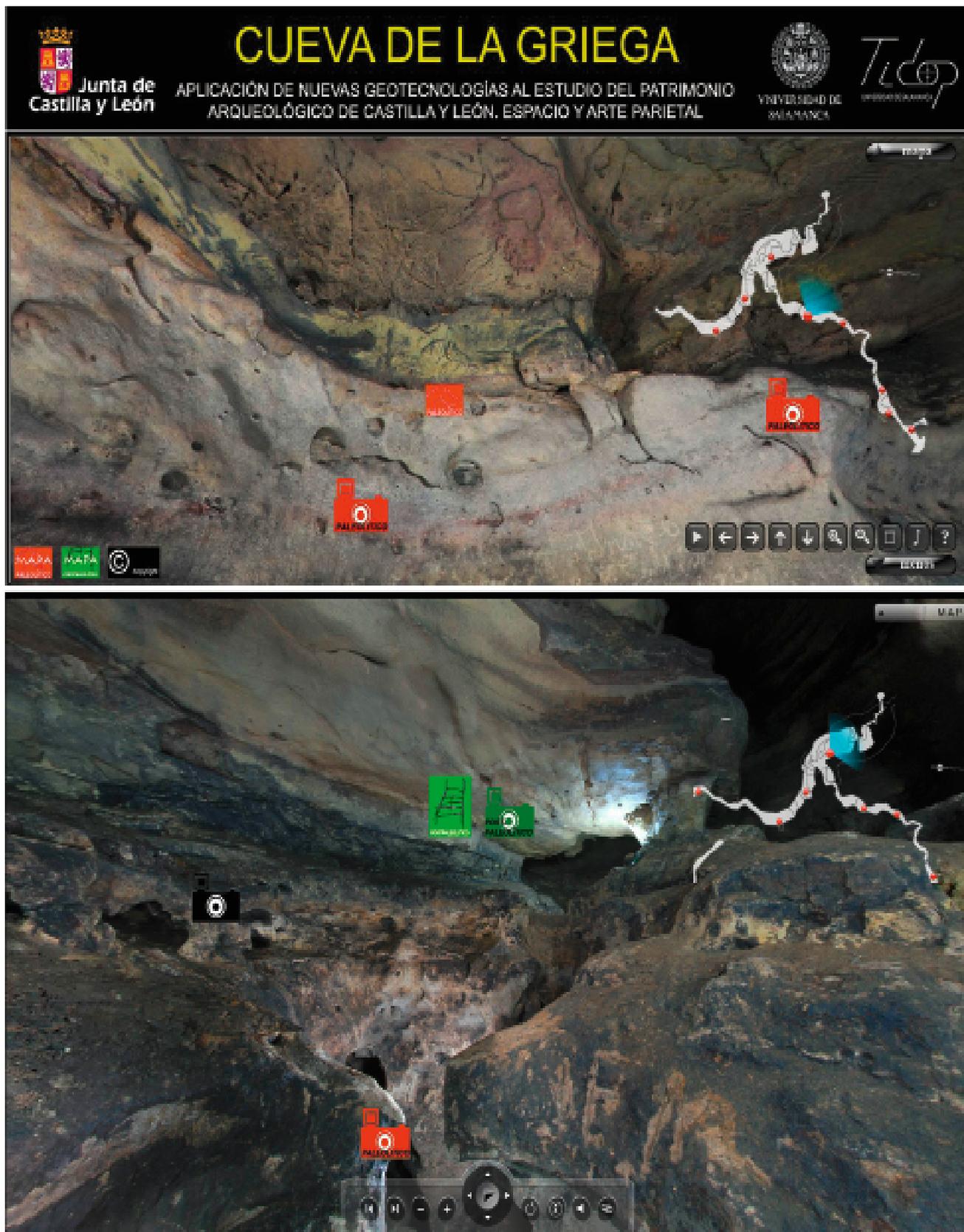
## 8. RESULTADOS

La aplicación de las nuevas geotecnologías al estudio del arte prehistórico permite obtener productos de gran versatilidad e interés científico, con los cuales desarrollar estudios arqueológicos posteriores.

Por un lado, el escaneado tridimensional permite disponer de un modelo 3D texturizado, esto es, un modelo interactivo para navegar y explorar un escenario real. Al mismo tiempo, esta interfaz conserva las propiedades métricas del objeto, permitiendo no sólo una visualización desde distintas perspectivas, sino también una medición directa de los elementos ya que presenta un nivel de detalle en torno a 1 cm. A su vez, este soporte posibilita la creación de planos en papel o calcos de figuras paleolíticas de gran resolución y detalle.

Otro producto derivado de esta tecnología es la creación de ortofotos (Fig. 9). Estas imágenes de gran calidad científica, tomadas con cámaras convencionales, son corregidas con los datos obtenidos del escaneado láser. La corrección se basa en la eliminación de las deformaciones propias de los efectos de perspectiva de las imágenes, permitiendo, de este modo, la creación de un soporte de medición y análisis de las grafías del arte parietal que se reflejan en las mismas.

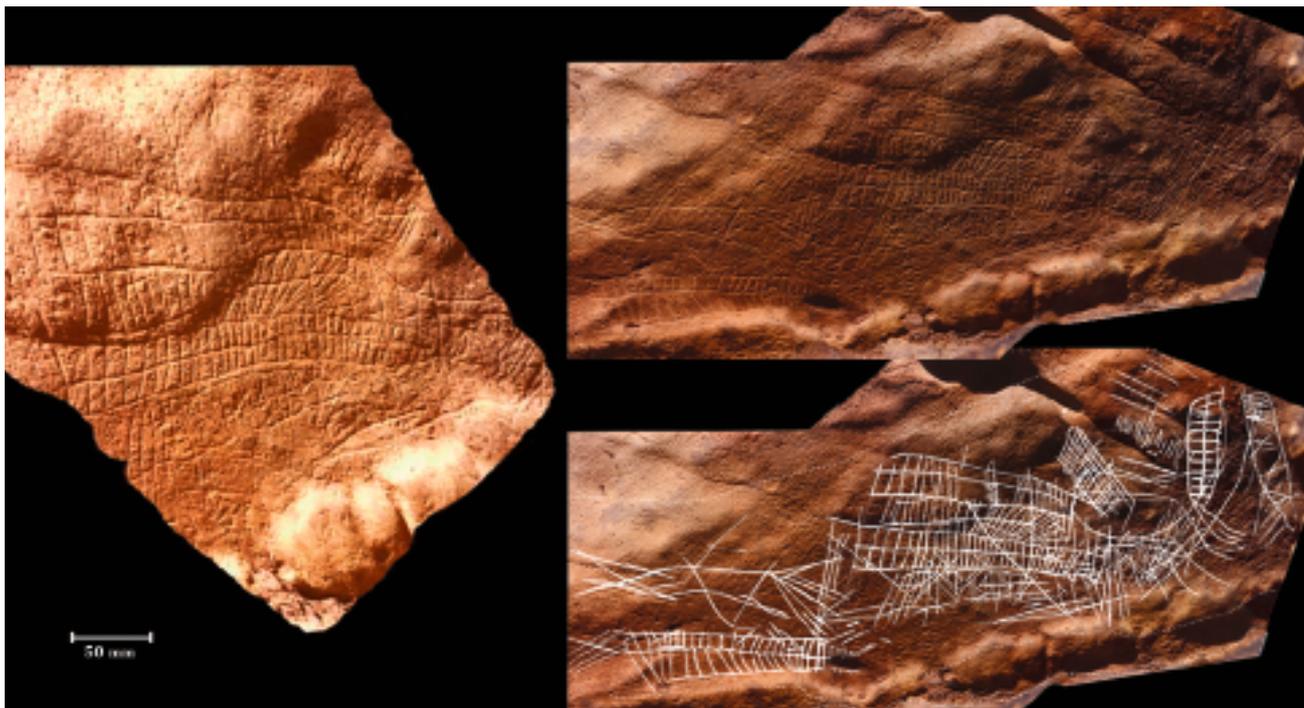
Además, es posible realizar calcos con precisión milimétrica de forma digital, y soslayar la necesidad de realizar mediciones directas que pudieran alterar la integridad del soporte (Fig. 10). El navegador virtual, generado mediante la composición coherente de fotografías panorámicas, permite la simulación interactiva y multimedia por el interior de la cavidad. Los datos gráficos y escritos se insertan a modo de infografías en el recorrido de la misma. En el caso concreto de la cueva de La Griega, se crearon dos recorridos asociados a dos gamas de colores en función de la cronología de las grafías (rojo para el Paleolítico, y verde para los grabados postpaleolíticos) (Fig. 8). Así mismo, se han creado distintos videos de cada conjunto, basados en el modelo 3D. Complementariamente, se incorporó distinta documentación histórico-artística a través de la correspondiente información literal, en forma de narración y textos escritos. Estos textos, accesibles a través de las fichas de cada conjunto de grabados, panel o grafías aisladas, se presentan como documentos tanto especializados como de divulgación y difusión del Arte de la cueva de La Griega. Al



▲ FIGURA 8. Composición de dos escenas del recorrido virtual en el que se observa la interfaz del mismo, donde los iconos rojos corresponden a las grafías paleolíticas y el itinerario verde las grafías postpaleolíticas.



▲ FIGURA 9. Aplicación de Geotecnologías 3D al “caballo del descubrimiento” (S.II-17): Ortofoto (arriba) y PDF 3D de la misma figura, con las herramientas de medición (abajo).



▲ FIGURA 10. Panel de los escaliformes (sector III-5). Ortofoto de detalle del sector izquierdo: grandes escaliformes e ideomorfos.

mismo tiempo, como complemento a la información contenida en la visita virtual, se han generado modelos 3D en formato PDF de las figuras y signos más relevantes, tanto paleolíticos (Fig. 9) con el fin de que puedan ser visualizados por cualquier usuario.

En suma, el recorrido virtual inmersivo realizado en el proyecto SA014A10-1, incluye la totalidad de los motivos de arte prehistórico, figurativos y signos, que superan los 400 grabados. En futuros trabajos, se proyecta complementar la investigación realizada con la incorporación de la epigrafía romana y las inscripciones históricas.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo es una contribución a los proyectos SA014A10-1 "Aplicación de nuevas geotecnologías al estudio del Patrimonio arqueológico de Castilla y León. Espacio y arte parietal de la Cueva de La Griega", financiado por la Junta de Castilla y León; y proyecto DGICYT: "Aplicación de nuevas tecnologías al estudio del Arte paleolítico y su contexto social en el valle del Nalón (Asturias, España): 20000-12000 BP", Ref. HAR2010-17916, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (IP: M.ª Soledad Corchón). •

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMAGRO, M. 1971: "La cueva del Niño (Albacete) y la cueva de La Griega (Segovia): dos yacimientos de arte rupestre recientemente descubiertos en la Península Ibérica". *Trabajos de Prehistoria* 28: 3-56.
- ALTUNA, J. 1995: "Faunas de mamíferos y cambios ambientales durante el Tardiglacial cantábrico". En A. Moure, y C. Gonzalez Sainz, (coords.): *El final del paleolítico cantábrico: transformaciones ambientales y culturales durante el Tardiglacial y comienzos del Holoceno en la Región Cantábrica*. Universidad de Cantabria. Servicio de Publicaciones. Santander: 77-118.
- ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, E. y JÖRIS, O. 1998: "El significado cronológico de algunas especies de fauna fría durante el Tardiglacial en la Península Ibérica". *Zephyrus* 51: 61-86.
- APELLÁNIZ, J. M. 1985: "Los équidos de la cueva de La Griega y el criterio de autoría según Sauvet". *Ars Praehistorica* III: 259-260.
- ARETIO, A. y QUIROGA, F. 1874: "Excursión geológica por la provincia de Segovia". *Anales de la Sociedad española de Historia Natural* III: 333-344.

- AZÉMA M., GÉLY B., BOURRILLON R. y LHOMM D. 2012: "La grotte ornée paléolithique de Baume Latrone (France, Gard): la 3D remonte le temps". En: J. Clottes (dir.): *L'art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world, Actes du Congrès IFRAO (Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010), Symposium «Application des techniques forensiques aux recherches sur l'art pléistocène»*. N° spécial de *Préhistoire, Art et Sociétés. Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées* LXV-LXVI (2010-2011), CD: 1221-1238.
- BALBIN, R. DE y ALCOLEA, J. J. (2001): "L'Art Paléolithique en plein air dans la Péninsule Ibérique: quelques précision sur son contenu, chronologie et signification". *Les premiers hommes modernes de la Péninsule Ibérique. Actes du Colloque de la Commission VIII de la U.I.S.P.P. (Vila Nova de Foz Coã 1998)*. *Trabalhos de Arqueologia* 17: 205-236.
- BAPTISTA, A. M. y GOMES, M. V. (1998): "Arte rupestre". En J. Zilhão (coord.): *Arte rupestre e Pré-historia do Vale do Côa. Trábalos de 1995-1996*, Ministério da Cultura, Lisboa: 213-406.
- BERALDIN, J. A., PICARD, M., BANDIERA, A., VALZANO, V. y NEGRO, F. 2011: "Best practices for the 3D documentation of the Grotta dei Cervi of Porto Badisco, Italy". *Proc. SPIE 7864, Three-Dimensional Imaging, Interaction, and Measurement*.

- BOURKE, P. 1989: "An Algorithm for Interpolating Irregularly-Spaced Data with Applications in Terrain Modelling". *Pan Pacific Computer Conference*, Beijing (China).
- CABRÉ, J. 1915: *El arte rupestre en España (Regiones septentrional y oriental)*. Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas 1. Madrid.
- CARDOSO, J. L. 1993: *Contribuição para o conhecimento dos grandes mamíferos do Plistocénico Superior de Portugal*. Câmara Municipal de Oeiras. Oeiras.
- CORCHÓN, M. S., LUCAS, R., GONZÁLEZ-TABLAS, J. y BÉCARES, J. 1989: "El arte rupestre prehistórico en la región castellano-leonesa (España)". *Zephyrus* XLI-XLII: 7-18.
- CORCHÓN, M. S. 1988-1989: "Datos sobre el Epipaleolítico en la Meseta Norte: la cueva del Nispero (Burgos, España)". *Zephyrus* 41-42: 83-100.
- (coord.) 1997: *La cueva de La Griega de Pedraza (Segovia)*. Memorias. Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura. Zamora.
- CORCHÓN, M. S. y CARDOSO, J.L. 2005: "Reflexiones sobre el Solutrense portugués: a propósito de la industria Paleolítico superior de Correio-Mor (Loures)". *Zephyrus* 58: 89-110.
- CORTÁZAR, D. DE 1891: *Descripción físico-geológica de la provincia de Cuenca*. Madrid.
- GONZÁLEZ-AGUILERA, D., MUÑOZ-NIETO, A., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P. y MENÉNDEZ, M. 2011: "New tools for rock art modelling: automated sensor integration in Pindal Cave" *Journal of Archaeological Science* 38:120-128.
- LEJEUNE, M. 1996: "L'art pariétal de la grotte d'Escoural (Portugal): Analyse critique, comparaisons et problèmes". En M. Otte y A. da Silva (dirs.): *Recherches préhistoriques à la grotte d'Escoural, Portugal*. ERAUL 65. Liège: 137-240.
- LLORENTE, T. 1898: "Datos referentes a diversas cavernas de la provincia de Segovia y particularmente de la conocida con el nombre de Cueva de la Solana de la angostura, en el término de Encinas". *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico, 2ª serie, año V, XXV*: 349-375.
- MUÑOZ-NIETO, A., GONZÁLEZ-AGUILERA, D., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P. y MANCERA TABOADA, J. 2011: "Safeguard plan management in heritage buildings: development of a spatial information system". *DYNA* 78 (170): 90-97.
- PRADO, C. DEL 1864: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta General de Estadística. Impr. Nacional. Madrid.
- RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P., MANCERA-TABOADA, J., GONZÁLEZ-AGUILERA, D., MUÑOZ-NIETO, A. y ARMESTO, J. 2012: "A Hybrid Approach to Create an Archaeological Visualization System of a Palaeolithic Cave". *Archaeometry* 54 (3), 565-580.
- TORRES, T. DE 1988: Osos (Mammalia, Carnivora, Ursidae) del Pleistoceno de la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero* XCIX.
- SANCHIDRIÁN, J. L. 2000: "Panorama actual del Arte Paleolítico en Andalucía". *Actas del 3º Congreso de Arqueología Peninsular. Paleolítico da Península Ibérica* vol. II. Oporto: 541-554.
- SAUVET, G. 1983 : "Les représentations d'equidés paléolithiques de la grotte de La Griega (Pedraza, Segovia). À propos d'une nouvelle découverte". *Ars Praehistorica* 2 : 49-59.
- SAUVET, G. y SAUVET, S. 1983: *Los grabados rupestres prehistóricos de la Cueva de la Griega (Pedraza, Segovia)* ". Corpus Artis Rupestris, I. Paleolithica Ars 2. Universidad de Salamanca.
- SAUVET, G. 1985 : "Les gravures paléolithiques de la grotte de La Griega (Ségovie, Espagne)". *Préhistoire Ariégeoise* XXXX: 141-168.
- SCHLOSSER, M. 1923: "Neue Funde von fossilen Wilbertieren in Spanien". *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*. Stuttgart: 657-662.
- SHEPARD, D. 1968: "A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data". *Proceedings of the ACM National Conference*: 517-524.
- UTRILLA, P. y BLASCO, F. 2000: "Dos asentamientos magdalenenses en Deza, Soria". *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología* LXVI: 9-63.
- VILLAVERDE, V. 1994: *Arte paleolítico de la Cova del Parpalló. Estudio de la colección de plaquetas y cantos con grabados y pinturas*. Tomo I y II. Valencia.