

Documentación sistémica del arte rupestre mediante el análisis espectral del escaneado 3D de las estaciones pintadas en Aragón, El caso concreto del abrigo de La Vacada (Castellote, Teruel) y el covacho del Plano del Pulido (Caspe, Zaragoza). España.

María Sebastián López ¹, Antonio Uriarte González ², Jorge Angás Pajas y Martínez-Bea, Manuel.

¹ Departamento de Ciencias de la Antigüedad. Área de Prehistoria. Universidad de Zaragoza. España.

² Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Grupo de Investigación de prehistoria social y económica. España.

Resumen

El trabajo que se presenta a continuación, es una muestra de las utilidades de la herramienta de escáner láser 3D para los estudios sistemáticos de arte rupestre. Consiguiendo un modelado tridimensional de los paneles en el que se localizan las pinturas rupestres y analizando la variable intensidad emitida por el escáner (verde o rojo según instrumento utilizado). Éste análisis permite discriminar manchas de pigmento (pinturas rupestres), con alteraciones del panel. Lo que nos admite obtener, como es el caso, una mayor nitidez de los elementos compositivos que disponen la estación rupestre e incluso detectar figuras no visibles en la actualidad debido al deterioro. Suponiendo por tanto, un gran método de documentación sistémica del arte rupestre y promoviendo la recuperación de archivos de arte perdidos en la actualidad.

Palabras Clave: ARTE RUPESTRE, ESCÁNER LÁSER 3D, INTENSIDAD Y DOCUMENTACIÓN SISTÉMICA.

Abstract

The work that follows is a sample of the tool of 3D laser scanner for the systematic study of rock art. Getting a three-dimensional modeling of the panels that are located in the cave paintings and analyzing variable intensity emitted by the scanner (green or red depending on instrument used). This analysis allows us pigment spots (cave paintings), with alterations of the panel. What allows us to obtain, as is the case, greater sharpness of the compositional elements that have the rock station and detecting non-visible figures at present due to deterioration. Assuming therefore a method of systemic documentation of rock art and promoting the recovery of lost art today.

Key words: ROCK ART, 3D LASER SCANNER, INTENSITY AND SYSTEM DOCUMENTATION.

1. Introducción

Desde finales del siglo XIX y, sobre todo, en el siglo XX los estudios de arte rupestre han experimentado un sistemático desarrollo, generando un acuerdo universal para garantizar la transmisión de esta parte del patrimonio arqueológico a las futuras generaciones. Pero esta evolución no ha sido equitativa en todos los campos, a pesar del respeto que se le ha tenido a la interpretación y al estudio del significado de los motivos pintados, y del esfuerzo realizado por los investigadores que han afrontado la problemática rupestre en los últimos cien años, muy poco se ha hablado sobre el registro de estos paneles, entendiéndose en este caso registro como la suma de la recogida de información de una estación pintada en soportes gráficos y escritos (documentación), junto con la elaboración de la copia del original (calco).

En este trabajo, el objetivo principal que se persigue para crear esta base documental es el de establecer criterios uniformes a la hora de recoger información y evitar, por tanto, que cada arqueólogo cubra sus fichas según criterios variables, puesto que a nuestro parecer, la falta de criterios uniformes impide en cierto modo, el intercambio de información sistemática entre arqueólogos.

2. Área de implementación de escáner láser 3D

Los abrigos pintados seleccionados para una primera puesta en práctica de la metodología que se expone a continuación se inscriben en la Comunidad Autónoma de Aragón pero en dos ámbitos geográficos dispares, Zaragoza y Teruel respectivamente.

El *covacho del Plano del Pulido (Caspe)* se sitúa en el lateral SW de uno de los cordones de arenisca calcárea que se manifiestan en la zona. Concretamente las pinturas se encuentran en una concavidad generada bajo un pequeño resalte que forma la pared lateral del paleocanal.

Tal y como se observa en la fotografía, el panel ha sido elaborado en un *taffoni* cuyas medidas son de 81 cms. (anchura), 49 de alto y 39 de profundidad. En él encontramos hasta seis figuraciones, de las que cuatro se corresponderían con cérvidos y una con un antropomorfo

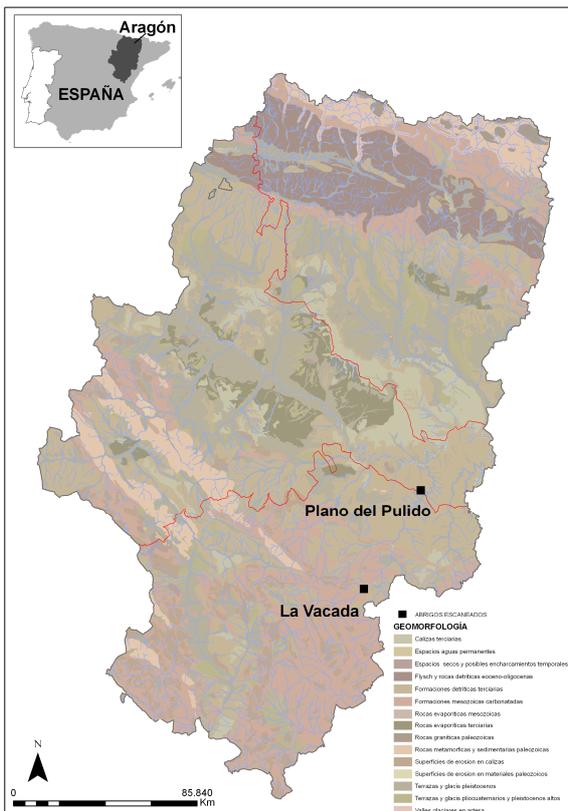


Figura 1. Mapa geomorfológico de localización general de las dos áreas de implementación de escaneado.

Por otro lado, el *abrigo de La Vacada*, se encuentra localizado sobre una roca caliza cuyas dimensiones mayores que en el caso anterior, constan de 7,5m de anchura y 3,4m de profundidad (máxima de todo el abrigo). Contiene en su interior alrededor de 72 figuras, con una escena central de un rebaño de bóvidos, una quincena de arqueros, cuatro cabras, dos ciervos, un asno, un équido, un posible felino y una mujer. El conjunto además presenta dos interesantes toros pintados primero en rojo violáceo y repintado en rojo carmín y una cabeza del mismo animal vista de frente y sin cuerpo, con los cuernos formando casi un semicírculo en forma de lira.



Figura 2. Localización del panel del Plano del Pulido. Véase el *taffoni*, concavidad de la roca generada por los procesos de meteorización en arenisca.



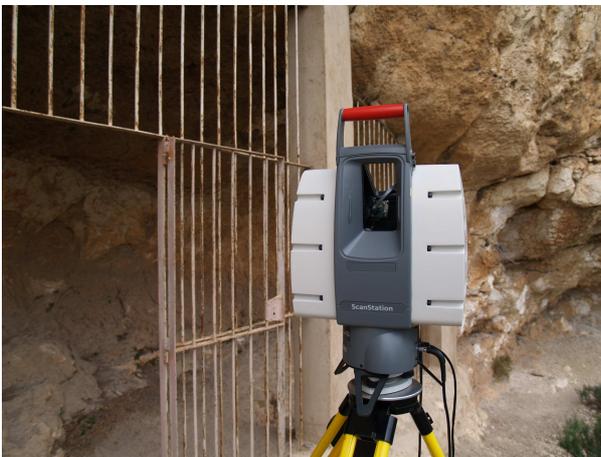
Figura 3. Vista del encerramiento del abrigo de La Vacada. Obsérvese las dimensiones del abrigo dentro del cual se localizan las pinturas rupestres

3. Material y método

El trabajo realizado fue planificado en tres grupos de actividades experimentales, asociados a los procesos de documentación, análisis y difusión, para obtener de este modo una visión completa de las posibilidades de la herramienta escáner láser en este tipo de trabajos. A continuación, se describen los aspectos básicos de la metodología seguida, explicando de modo individualizado las características técnicas de cada uno de los equipos utilizados. Posteriormente se hace hincapié en la funcionalidad de los datos obtenidos tras el análisis de sus principales variables.

El material técnico con el que se ha contado para el proceso de documentación tanto del panel pintado como del conjunto geomorfológico en el que se encuentra ha sido el siguiente:

1. **LÁSER ESCÁNER** (*Scanstation*). Utilizado para el trabajo realizado en La Vacada.
2. **ESCÁNER DE DIFERENCIA DE FASE** (*Modelo Leica 6100 HDS*) con el que se documentó el covacho del Plano del Pulido.
3. **ESTACIÓN TOTAL** (*Modelo TCRP1203*) sobre cuyas bases topográficas se apoyan los diferentes barridos del láser. Además de realizarse con ella un levantamiento topográfico del propio abrigo rupestre y de toda la zona colindante.
4. **CÁMARA MÉTRICA** (*cuyo objetivo se encuentra calibrado con ZMap*) para la optimización de los resultados RGB de la “nube de puntos”, acoplándole la textura real.



Figuras 4 y 5. Ejemplo de los dos tipos de escáner utilizados para la documentación de los dos casos de estudio. En la imagen inferior puede apreciarse el haz de luz roja que emite.

Tras esta primera fase de documentación en el campo y su posterior tratamiento en laboratorio para la obtención de una base coherente en su contenido y su forma, se procedió al análisis de la información obtenida en la “nube de puntos”. Siendo conscientes de las posibilidades analíticas que tiene dicha información.

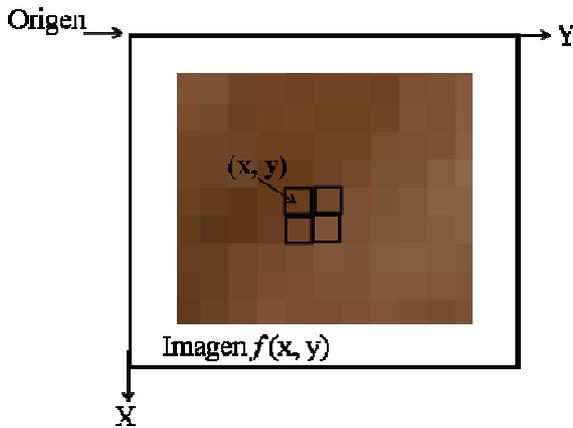
Number of Points	285964
Minimum Intensity	0.3817
Maximum Intensity	0.6114
Bad Face Min Depth Change	0.100 m
Bad Face Max Incidence Angle	87.000 deg
Bad Face Normal Angle Consistency	5.000 deg
Color	[0, 255, 0]

Tabla 1. Ejemplo de información obtenida para cada uno de los puntos que configuran el escaneado. En gris información empleada en el análisis de los datos (intensidad y color).

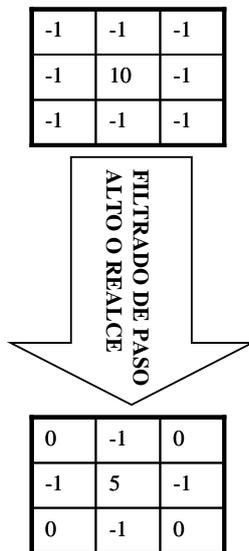
Tal y como queda señalado en la tabla 1 los datos desprendidos de este tipo de intervenciones proporcionan mayor información que un archivo documental del arte rupestre. Ya que se desprenden valores de color e intensidades de la superficie rocosa escaneada

Dichas variables fueron analizadas de acuerdo al siguiente protocolo:

- **NIVELES DIGITALES** entendidos éstos como cada uno de los píxeles que configuran la imagen. Tienen un valor numérico entero o real, que corresponde al nivel digital (ND) los cuales se traduce en valores de color en la pantalla o niveles visuales (NV).
- **INTENSIDAD** nos indica el nivel de gris que poseen los píxeles de una imagen, es decir, es el valor de $f(x,y)$ en cada punto de la imagen. Datos elevados de intensidad representan tonos claros, mientras que valores bajos representan tonos oscuros.
- **REALCES Y MEJORAS VISUALES** realizados para detectar rasgos específicos de las imágenes resultantes, mejorar la calidad de los productos (moteados, saturación...) y perfeccionar la componente cartográfica de los resultados finales. Dichas mejoras se sintetizan principalmente en dos análisis:
 - De frecuencia espacial para aislar los componentes de interés, en este caso la superficie pintada, del resto de superficie rocosa analizada.
 - Reforzar los contrastes espaciales, remarcando las diferencias entre píxeles contiguos. Realizando un filtro de paso alto para destacar los componentes de alta frecuencia, agudizando los contrastes entre ND y los píxeles contiguos.



Figuras 6. Esquema explicativo de la vecindad espacial de un píxel sobre la cual se definen las transformaciones de intensidad.



Figuras 7. Ejemplo de proceso del filtrado de los niveles digitales de la "nube de puntos" obtenida tras el escaneo del panel pintado. Mediante este realce se consigue discriminar la superficie pintada de aquella que no lo está.

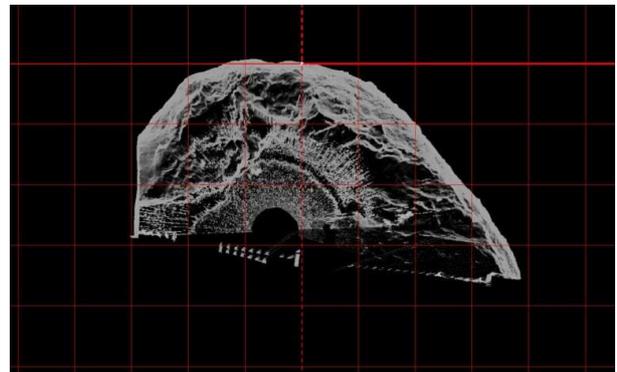
4. Resultados y discusión

El uso del láser escáner 3D nos proporciona un doble resultado metodológico. Por un lado, un modelo 3D milimétrico (de más de 50 millones de puntos) respecto al original tanto de la propia concavidad como del entorno (paredes del abrigo rupestre, geomorfología del barranco, etc), lo que permite realizar un control estructural de la morfología del abrigo, con el fin de conocer periódicamente cualquier alteración o patología de la roca, al mismo tiempo que se consigue documentar la propia textura de la pared y de las pinturas. Pero, por otro lado, nos proporciona una eficiente herramienta de análisis y transformación de los datos obtenidos; ya que podemos realizar transformaciones en los niveles digitales lo que nos ayuda a

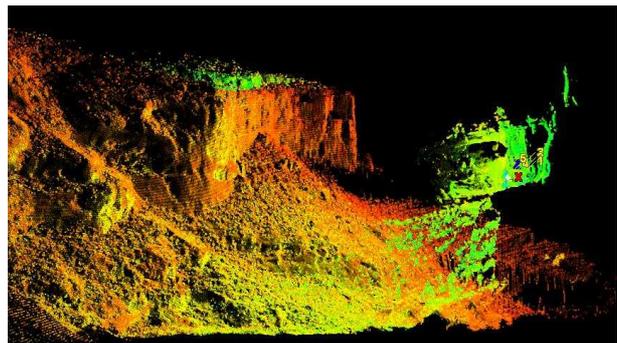
encontrar nuevas figuras pintadas hasta hora inapreciables por el ojo humano o desaparecidos vestigios de pinturas rupestres.



Figuras 8. Resultado visual del escaneo del covacho del Plano del Pulido, en la cual pueden observarse las pinturas realizadas en las "visera" del taffoni no apreciables en fotografía digital.



Figuras 9. Modelado 3D del abrigo en el que se ubican las pinturas de La Vacada, obsérvese el grado de detalle de la topografía.



Figuras 10. Resultado del escaneo del paisaje adyacente al abrigo de La Vacada.

5. CONCLUSIONES

El uso del escáner 3D de alta resolución aplicado al estudio de abrigos con arte rupestre se muestra muy pertinente al conjugarse la fiel reproducción del soporte rocoso en el que se realizan las pinturas, a la vez que se logra una texturización del RGB de cada punto. La minuciosidad en la recogida de datos y la posibilidad de georreferenciar todos los puntos

topográficamente, permite crear por primera vez un verdadero archivo documental geométrico de forma eficaz y sobre todo de manera fiel al elemento; desligado de cualquier tipo de interpretación por parte del técnico. Lo que genera un modelado totalmente reproducible cuantitativa y cualitativamente a cualquier escala, posibilitando un control en la conservación de todo tipo de alteración o patología milimétrica tanto de las pinturas como del soporte (aparición de grietas, exfoliación de la roca, descamación, infiltraciones, etc).

La aplicación del escáner láser 3D presenta pues, unas ventajas que lo hacen revelarse como el método de reproducción del futuro a pesar de sus limitaciones, cuya superación, pasa por

posteriores y frecuentes aplicaciones que lo vayan abaratando y perfeccionando.

Sin duda el calco sobre fotografía digital, la fotogrametría y el escáner láser presentan una ventaja adicional determinante para convertirlos en los métodos más demandados. Además de ser técnicas de carácter documental, son capaces de identificar y caracterizar nuevos aspectos, muy difíciles o imposibles de apreciar por el ojo humano, como pueden ser motivos ocultos, organización compositiva de los paneles y problemas de conservación

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia, institución que financia la beca FPI BES-2006-13892 y el proyecto de investigación adscrito a la misma.

Bibliografía

- ALMAGRO, M.; BELTRÁN, A. Y RIPOLL, E. (1956): *Prehistoria del Bajo Aragón*. Instituto de Estudios Turolenses. Zaragoza.
- BELTRÁN, A. (1968): *Arte Rupestre Levantino*. Monografías Arqueológicas IV. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- BELTRÁN, A. (1993): *Arte prehistórico en Aragón*. Ibercaja. Zaragoza.
- BURILLO, F. Y PICAZO, J. (1981): "Nuevo hallazgo de pinturas levantinas en el barranco del Hocino de Chornas. Obón (Teruel)". *Kalathos*, 1: 75-91. Teruel.
- CAMPANA, S.; FRANCOVICH, R.; (2006): *Laser Scanner e GPS. Paesaggi archeologici e tecnologie digitali 1*. All'Insegna del Giglio. Firenze.
- CALVO, M^a. J. (1993): *El arte rupestre postpaleolítico en Aragón*. Tesis Doctoral (inérita). Universidad de Zaragoza.
- CHAPA BRUNET, T.(2000) :*Nuevas Tendencias en el estudio del Arte Prehistórico* http://www.cuevadelpileta.org/textos_archivos/tendencias.htm
- DUNHAM, P. ; DEBEIR, O ; WARZÉE, N. ; GROENEN, M. Y ROSOUX, J. (2007) : "Numérisation 3D de la grotte d'El Castillo (Puente Viesgo). Documentation of the El Castillo (Puente Viesgo) cave using 3D scanning". En Pre-actas del *Colloque Archéologie & Réalité Virtuelle*: 69. 14, 15 y 16 de noviembre de 2007. Institut Ausonius-Pessac.
- HEINZ AND MARBS, (2001): The potential of non-contact close range laser scanners for Cultural heritage recording. CIPA 2001. Sypos, Potsdam.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (2001): "Trabajos topográficos en la cueva de Altamira". Boletín Informativo, Abril-Junio 2001.
- SCHULZ, T., INGENSAND, H., 2004: "Influencing Variables, Precision and Accuracy of Terrestrial Laser Scanners". En *Proceedings of INGENEO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying, Bratislava, Slovakia, November 11-13, 2004*.
- STAIGER, R., (2005): *The Geometrical Quality of Terrestrial Laser Scanner (TLS)*. *Proceedings of Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8 Cairo, Egypt, April 16-21, 2005*.
- VICENT GARCÍA, J.M., MONTERO RUÍZ, I., RODRÍGUEZ ALCALDE, A.L., MARTÍNEZ NAVARRETE, M.I., CHAPA BRUNET, T. (1996): Aplicación de la imagen multiespectral al estudio y conservación del arte rupestre postpaleolítico. *Trabajos de Prehistoria*. Vol. 53, nº 2. Madrid. pp.19-23
- WASKLEWICZ ET AL. (2002): Terrestrial 3D Laser Scanning: A New Method for Recording Rock Art.