

# La ingeniería al servicio de la historia: imágenes invisibles del Paleolítico

## Engineering at the service of history: Paleolithic invisible images

Aroa Gutiérrez Alonso<sup>1</sup>, Mercedes Farjas Abadía<sup>2</sup>, José Antonio Domínguez Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctoranda Universidad Politécnica de Madrid, <sup>2</sup>Universidad Politécnica de Madrid, <sup>3</sup>Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

---

### Resumen

*El presente artículo pretende describir el desarrollo de una nueva metodología no invasiva de documentación digital de petroglifos y pinturas rupestres pertenecientes al paleolítico, a través de técnicas y herramientas del tratamiento digital de imágenes para optimizar materiales y tiempos en la obtención de información gráfica, representativa y de precisión*

**Palabras Clave:** PETROGLIFO, ALGORITMOS, TRATAMIENTO DE IMÁGENES

---

### Abstract

*This article aims to describe the development of a new non-invasive methodology, through techniques and tools of digital image processing to optimize materials and time in obtaining graphical representative and accurate information from petroglyphs and rock paintings belonging to Paleolithic.*

**Keywords:** PETROGLYPH, ALGORITHMS, IMAGE PROCESSING

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La documentación del patrimonio, siempre ha sido una de las preocupaciones de los arqueólogos en el estudio de pinturas paleolíticas, yacimientos, etc.; y es esta la razón por la que se han utilizado innumerables técnicas con objeto de analizarlas de forma gráfica.

Hasta ahora, la documentación del arte rupestre se realizaba con tres métodos: dibujos, calco y fotografías. (John Fryer et al, 2005). Con la aparición de la informática y la fotografía digital, y el acercamiento de estas técnicas a los investigadores, se empiezan a realizar otro tipo

de tratamientos digitales de la imagen, que en un principio sólo se utilizaban para el procesado digital de imágenes, es así que a principios del siglo XXI, se empieza a estudiar el papel de la imagen en el registro arqueológico (Mark y Billo, 2002), basándose en la capacidad del ojo humano para discriminar mejor las diferencias cromáticas que las diferencia en tonos de gris (Ruiz, 1994), para lo que se comienza a utilizar la relación de imágenes en falso color.

En 1999, la universidad de Durham desarrolló una metodología de registro de arte rupestre mediante el tratamiento digital de imágenes utilizando la escala de grises (NADRAP). La

metodología consistía en varias etapas de aplicación de filtros para mejorar la nitidez, eliminar ruido, y eliminar las sombras, así como para mejorar la iluminación; bajo la hipótesis de que la naturaleza del arte rupestre es tal, que cada imagen es única y tiene sus problemas específicos (Phill Clog, 1999). Los problemas que presentaba aquella metodología era que los filtros no selectivos también ponen en relieve información no requerida, dando lugar a errores, sin poder discernir en la pintura el fondo o roca de la pintura, y sin obtener un registro preciso de la densidad de la pintura. En este trabajo ya se señala la necesidad futura de un método para registrar la perspectiva de los objetos.

El tratamiento digital de imágenes surgió como un procedimiento matemático que servía para corregir fotografías y mejorar su interpretación. Existen diferentes libros sobre esta disciplina PDI, destacando “Tratamiento digital de imágenes” (Rafael C. González et al, 1992), *Digital Image processing*, etc). Los cambios de la era digital hacen que “desde hace unos años se han incorporado un conjunto de técnicas muy variadas y sofisticadas a las investigaciones arqueológicas, surgiendo una nueva área de conocimiento interdisciplinar” (José Jacobo Storch de Gracia et al, 1985). Y surge la necesidad de crear metodologías específicas que atiendan al uso concreto del procesado digital de imágenes con un objetivo científico a demostrar, como por ejemplo un tratamiento digital de imágenes para escenificar el deterioro de un monumento (F. Rodríguez et al, 95).

Las ventajas que abren este tipo de técnicas son la rapidez de documentación, la metodología no invasiva de la fotografía, y la facilidad de conservación, así como la posible eliminación de otras técnicas más agresivas como el calco por frotación calco directo, etc. Ejemplos de la utilización de la fotografía digital en sus investigaciones son (Robson et al. 2001; Díaz-Andreu et al. 2006; Rütther, 2007; Cassen y Robin, 2010; Ortiz et al. 2010; Domingo et al. 2013.), existiendo estudios de documentación integral del arte rupestre (Miguel Ángel Rogerio Candelera, CSIC)

Uno de los últimos métodos que cuenta con una gran aceptación en la comunidad científica, es la utilización del Dstretch, método que fue aplicado por el Dr. Harman (2006, 2007, 2010, 2011) en imágenes digitales para el rescate de motivos rupestres.

Dstretch es una técnica de descorrelación utilizada en el campo de la teledetección con el fin de mejorar el color de una imagen produciendo una imagen en falso color. Con posterioridad, este software ha contado con numerosos casos de aplicación Cueva de Camila (Gutiérrez Calvache et al, 2009), en el abrigo Riquelme (Francisco Javier Martínez Collado et al, 2010).

En esta investigación, se propone el estudio de algoritmos utilizados en varias bandas de la imagen en teledetección, aplicándolos a imágenes RGB, y en concreto a imágenes obtenidas de la industria lítica. El objetivo del trabajo es la extracción y realce de los elementos de interés arqueológico, con procesos de tratamiento y edición semi-automáticos.

Esta investigación se ha ensayado en laboratorio, y posteriormente ha sido aplicada a fotografías proporcionadas por el Dr. Martí Mas Cornellá, del Departamento de Prehistoria de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Actualmente se está preparando una campaña de campo final en noviembre de este año, en colaboración con el Departamento de Antigüedades del Emirato de Sharjah, bajo la dirección del Dr. Sabah Jasim. Sobre los petroglifos de Kalba y con imágenes propias se realizará la validación experimental de la metodología de tratamiento digital que se propone en este trabajo. El objetivo de esta investigación es el desarrollo de una metodología arqueológica de análisis morfométrico, no invasiva, a través de técnicas y herramientas del tratamiento digital de imágenes, con el fin de optimizar recursos y tiempos en la obtención de información gráfica representativa y de precisión, a partir de imágenes RGB de bajo coste. Esta metodología, se implementa en representaciones sobre roca de yacimientos arqueológicos experimentales, con diferentes tipologías de conservación.

## 2. METODOLOGÍA

### A. Datos disponibles al inicio del estudio

Previamente, para crear esta metodología no invasiva, se llevó a cabo una fase de entrenamiento, consistiendo esta fase en realizar un ensayo de laboratorio a partir de un molde de piedra caliza microgranular de color ocre, denominada comúnmente “piedra lasca”, procedente del piedemonte bajo-aragonés perteneciente a la estructura terciaria de relleno de la depresión del Ebro; soporte en el que se talló un ciervo, con el objetivo de poder analizar cada una de sus morfologías utilizando diferentes algoritmos y procedimientos, hasta conseguir una metodología propia.

La primera aplicación en campo de la metodología que se presenta en este trabajo, para demostrar la adquisición de información 2D y 3D en estudios reales, se llevó a cabo a partir de imágenes de petroglifos del yacimiento arqueológico del Valle de Tamanart (Marruecos), proporcionadas por el equipo de investigación dirigido por el Dr. Martí Mas Cornellá, del Departamento de Prehistoria de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.

### B. Estrategia de adquisición de información

La principal estrategia de extracción de información de las imágenes es la toma de las fotografías *in situ* con diferentes luminiscencias y alternando la posición de la toma. Instantáneas a diferentes horas del día, con diferentes tipos de iluminación: solar, focos de luz, y diferentes ángulos de visión del objeto a estudiar. Las fotografías fueron tomadas con la cámara Canon EOS 5D Mark II.

En segundo lugar, se realiza una selección de fotografías para su posterior tratamiento y análisis, fase en la que se aplicarán filtros y algoritmos que permitan obtener la representación de grabados y pinturas.

Los filtros y algoritmos se basarán en el proceso de convolución y en sus propiedades respecto a

la transformada de Fourier. El primer algoritmo que se realiza es un filtro de convolución (Figura 1), que utiliza la matriz de transformación y la aplica a los píxeles vecinos para provocar un realce de información. Dicha matriz, se desplaza por la imagen de tal forma que el elemento central de la matriz de convolución coincida con cada uno de los píxeles de la imagen y el píxel de la imagen, que coincide con el elemento central de la matriz de convolución, es sustituido por la suma de los productos.



Figura 1. Detalle molde de laboratorio, después de realizar el filtro de convolución (13x13)

Se procede a la aplicación de filtros de texturas (Figura 2) con la hipótesis de que contribuyen a mejorar la información de los grabados o pinturas, pudiendo obtenerse valores de rugosidad, suavizado y regularidad.



Figura 2. Detalle molde de laboratorio, después de realizar el filtro de texturas.

Por último, se aplica un algoritmo propio MixBand, realizando un estudio previo de las bandas RGB de la imagen y la coloración de la misma. Este algoritmo, utiliza métodos estadísticos, estructurales y espectrales, basados en el espectro de Fourier y se utilizan para detectar la periodicidad de la imagen. Este filtro,

lleva a cabo un análisis de resultados discriminando las bandas RGB de la fotografía y obteniendo imágenes de varianzas, entropía, covarianzas, etc.

Es posible, en algunos casos la utilización de filtros de paso bajo para suavizar la imagen, ya que atenúan los componentes de alta frecuencia (bordes y transiciones bruscas), precisamente lo buscado en la imagen.

En el caso de fotografías con mucho ruido, se les aplicará el filtro Gamma, empleado en técnicas de teledetección para reducir el Speckle en imágenes de satélite.

### C. Software and hardware & more

El hardware utilizado para el tratamiento digital de las fotografías es un Intel Core i5, de 4GB de RAM, y 500GB de disco duro. Respecto al software utilizado, el sistema operativo es Windows 7, y las aplicaciones en la que se realizan los tratamientos digitales de imágenes son ENVI 4.8, ERDAS, Visor de imágenes, etc.

## 3. RESULTADOS

Esta nueva metodología y los algoritmos dotan al elemento patrimonial de información gráfica, representativa y de precisión, no accesibles con métodos de inspección visual. A continuación, se muestran ejemplos de los resultados obtenidos.

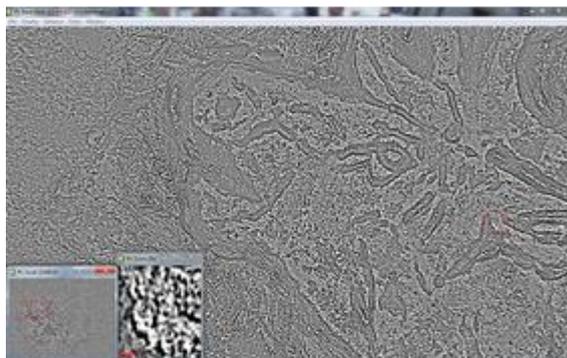


Figura 3. Detalle molde de laboratorio, donde se observa la cabeza del ciervo tallada.

## 4. DISCUSIONES

Lo que se pretende demostrar con esta metodología es que es posible llevar a cabo la extracción de la morfología de grabados en piedra de forma semi-automática, así como la obtención y el análisis de nuevos grabados que resultan invisibles al ojo humano.

Con la metodología propuesta se obtiene una forma de representación gráfica 2D, que permite agilizar los tiempos de trabajo en campo, y que a la vez consigue una alta definición del petroglifo, con la gran ventaja de evitar trabajos invasivos en campo, como pueden ser la realización de calcos directos, por frotación etc. En la figura 3, se aprecia el detalle del procesado MixBand que llegó a obtenerse en el molde de piedra lasca de laboratorio utilizado en las primeras pruebas experimentales, soporte en el que se talló un ciervo para análisis de morfometrías previas a las tomas de campo. En esta fotografía, una vez que ha sido procesada con los algoritmos mencionados, se pueden observar con detalle los tallados de la roca, dejando visible la representación 2D del animal.

En una primera imagen perteneciente al yacimiento arqueológico de Tamanart (zona arqueológica de Marruecos sobre la que se está ensayando esta metodología) una vez aplicado el tratamiento digital descrito, se observa el tallado del animal desconocido hasta el momento, formas que no se distinguían en la fotografía original. En la imagen resultante se aprecia lo que parece ser un equino y además se encuentran elementos representativos de un segundo animal, que no se observaban a simple vista: los cuernos, lo que parece ser una lengua, las patas, etc.

El procesado Band Math realizado en este caso es un algoritmo de aritmética simple, que viene expresado por la siguiente formulación matemática:

$$\text{Imágen Band Math} = \frac{B2 - B1}{(B2 + B1)}$$

Donde B2= banda del verde; B1= Banda del Azul

Este tipo de metodología ha demostrado su enorme potencial para documentar petroglifos y estudiar su deterioro con el paso de los años. En el caso de las fotografías sobre las que se está estudiando, las rocas están expuestas a la intemperie desde hace miles de años, por tanto están expuestas a un deterioro y un desgaste importante dada su datación. Los desgastes pueden estar producidos por diversos factores, ya sea el clima, las variación de temperaturas, etc por lo que la visibilidad de grabados a ojo desnudo, en ocasiones, no es fácil.

La metodología propuesta, como se ha comentado, se está experimentado en numerosos yacimientos del paleolítico, tanto en pinturas rupestres como en petroglifos, y en todos los casos está demostrando la efectividad de la técnica para extraer grabados y pinturas invisibles al ojo humano. Tras la futura campaña de campo de noviembre, en los grabados y

pinturas del yacimiento de Kalba y en otros emplazamientos del Emirato de Sharjah, se presentarán los resultados finales de esta investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto I+D: HAR2012-36549 (Segeda y la Serranía Celtibérica: de la Investigación Interdisciplinar al Desarrollo de un Territorio), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y los fondos FEDER; y del Proyecto “Prospección y Documentación de Yacimientos de Arte Rupestre del Valle de Tamanart (Provincia de Tata, región de Guelmin Smara, Marruecos), financiado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

## REFERENCES

- ACEVEDO, A. (2004): *Aplicación del Dstreb-ImageJ a imágenes digitales del arte rupestre de Patagonia (Argentina)* Comeduingonia virtual, revista electrónica de Arqueología, 2012 vol VI nº2:152-175, Argentina.
- CLOGG, P et al. (1999): *Digital Image Processing and the Recording of Rock Art*. Journal of Archaeological Science (2000) 27, pp. 837–843. U.K
- FRYER, J. et al (2005): *Spatial Modelling an aboriginal cave painting: Easy with modern technology*. Annual Colloquium of the spatial information Research Centre University of Otago, Dunedin, New Zealand.
- GONZÁLEZ, R.C., WOODS, R.E. (1992): *Tratamiento digital de imágenes* ISBN: 0-201-62576-8, Estados Unidos.
- GUTIÉRREZ CALVACHE, Divaldo A. et al. (2014): *Primera aplicación de Dstreb-ImageJ. Mejora automatizada de imagen digital en el arte rupestre*. Grupo Cubano de Investigaciones del Arte Rupestre, Cuba.



HERNÁNDEZ PÉREZ MAURO S. et al. (2014): “*Pinturas Rupestres en el Barranc de Carbonera (Beniatjar, Valencia) Nuevas lecturas de un yacimiento excepcional*”, *Recerques del museu d’ Alcoi*, 22-23 ISSN: 1135-2663.

MARK, R.; BILLO, E. (2002): *A Stitch in Time: Digital Panoramas and Mosaics*. American Indian Rock Art, vol 25. Steven M. Freers, Editor. American Rock Art Research Association 1999 pp. 155-168.

MARTINEZ COLLADO, F.J. et al.(2011): “*Aplicación del plugin Dstrech para el programa ImageJ al estudio de las manifestaciones pictóricas del abrigo Riquelme (Murcia)*” ISSN 1699-0889 Cuadernos de Arte Rupestre.

NADRAP (nd). Northumberland and Durham Rock Art Project. <http://www.northumberland.gov.uk/default.aspx?page=1634> (visitado el 15-09-2014)

RODRIGUEZ I. et al. (1995): *Evaluación por tratamiento digital de imágenes del deterioro de monumentos. Metodología*. Revista CSIC, 95. Materiales de Construcción vol. 45 n° 240.

ROGERIO CANDELERA, M.A. *Análisis de imagen y documentación integral del arte rupestre: una propuesta de futuro*. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla CSIC.

ROGERIO CANDELERA, M.A. (2008): *Análisis de la imagen de paneles rupestres: mucho más que la elaboración de calcos digitales*. Instituto de Prehistoria y Arqueología “Sautuola”. Santander.

STORCH DE GRACIA, J.J. et al. (1985): *El proceso digital de imagen en la investigación arqueológica*. Anales de prehistoria y arqueología, 1, pp. 91-102. Secretariado de publicaciones, Universidad de Murcia.