

ANÁLISIS DE IMAGEN DE PINTURAS RUPESTRES DEL YACIMIENTO DE FAIA (PARQUE ARQUEOLÓGICO DE VILA NOVA DE FOZ CÔA, GUARDA, PORTUGAL)

IMAGE ANALYSIS OF ROCK PAINTINGS OF FAIA SITE (PARQUE ARQUEOLÓGICO DE VILA NOVA DE FOZ CÔA, GUARDA, PORTUGAL)

Miguel Ángel Rogerio Candeleria (1) / Sofia Soares de Figueiredo (2) / Pedro Guimarães (3) / António Martinho Baptista (4)

(1) Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

(2) Unidade de Arqueologia da Universidade do Minho. Centro de Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória

(3) 4See Photographers

(4) Parque Arqueológico do Vale do Côa

RESUMEN: El yacimiento rupestre de Faia se inscribe en un estrecho cañón granítico excavado por el río Côa. Sus manifestaciones rupestres constituyen el mayor conjunto de pinturas paleolíticas y postpaleolíticas del ciclo rupestre del Valle del Côa. Se trata de una serie de motivos pintados en diferentes rocas expuestas a la acción directa de los elementos. En este trabajo se estudian mediante técnicas de descorrelación de imágenes digitales dos manifestaciones de la Roca 1 de difícil visualización, lo que se traduce en una dificultad añadida para elaborar su calco, ya que el tono rojizo de la roca soporte enmascara las áreas pintadas, además del ocultamiento parcial de las pinturas que produce la proliferación de líquenes y biofilms fototróficos en la superficie de la roca. Las bandas obtenidas mediante análisis de Componentes Principales permitieron diferenciar las diferentes cubiertas mediante su utilización en imágenes en falso color. La utilización de estas técnicas permite la elaboración de calcos ajustados sin necesidad de contacto con los paneles pictóricos, así como cartografiar los distintos elementos relacionados con su conservación, abaratando sensiblemente en términos de tiempo la documentación de paneles rupestres sin afcción de ningún tipo a los bienes culturales documentados.

SUMMARY: Faia rock art site is located in a narrow granitic canyon dug by the river Côa. Rock art representations of this site constitute the major set of palaeolithic and postpalaeolithic paintings of Côa Valley rupestral cycle. The site is composed by several motifs painted on exposed rocks. The two studied panels are of problematic visualization, which difficult tracing as the reddish tone of the supporting rock mask the areas in which the pigment was applied, and also the partial hiding of the paintings by the proliferation of lichens and phototrophic biofilms on the rock surface. The digital images, highly correlated, were digitally decorrelated by means of Principal Components Analysis to improve visualization, allowing the differentiation of the pixels corresponding to different coverages by means of false-colour images. The implementation of these techniques sensibly reduces time employed in documentation, avoiding the risk of affection of the documented cultural assets.

PALABRAS CLAVE: Arte rupestre, Faia, Valle del Côa, análisis de Componentes Principales, análisis de imagen.

KEY WORDS: Rock art, Faia, Côa Valley, principal Components Analysis, image Analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La aplicación de técnicas de análisis digital de imágenes a diferentes áreas científicas tales como las ciencias biomédicas, la prospección geológica o la teledetección espacial es en la actualidad una importante herramienta para la obtención, gestión y explotación de datos analíticos que encuentra campos de aplicación cada vez más extensos. Con respecto al arte rupestre, a pesar de que el uso de estas técnicas puede constituir una importante fuente de obtención de datos explotables tanto desde el punto de vista estricta-

mente arqueológico como desde puntos de vista más patrimonialistas, interesados en los aspectos relativos a la conservación, no se han hecho prácticamente aplicaciones que superen el umbral del retoque fotográfico, fundamentalmente con herramientas informáticas basadas en o similares a el software Adobe Photoshop. Las potencialidades del análisis digital de imagen son, no obstante, muchas, como hemos puesto de relieve en otros lugares (Rogerio-Candeleria 2009a;b), tanto para la obtención de datos analíticos como para la elaboración de calcos ajustados a la realidad, una tarea que, cuando se efectúa con métodos tradicionales

consume por lo general mucho tiempo y, en muchos casos, no está exenta de subjetividad además de constituir una fuente de riesgos para la integridad del bien (Carrera Ramírez 2002; Rogerio-Canclera 2009c).

Una de las posibilidades del análisis digital de imagen aplicado a motivos de arte rupestre consiste en la mejora de la visualización en motivos poco visibles a simple vista por medio de la aplicación de algoritmos de descorrelación digital de imágenes (Gillespie *et al.* 1986; Mark y Billo 2006; Vicent García *et al.* 1996). Para estos fines, el análisis de Componentes Principales (*Principal Components Analysis*, PCA) es una herramienta de primer orden, puesto que, sin pérdida de información con respecto a los datos de las imágenes originales, permite la explicación de cantidades progresivamente menores de varianza en cada una de las bandas resultantes.

En este trabajo se aplica una estrategia que implica la descorrelación de los niveles digitales de fotografías convencionales RGB y la elaboración de imágenes en falso color a partir de las bandas resultantes para mejorar la visualización de varios paneles rupestres.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de Muestreo

El núcleo de arte rupestre de Faia (Cidade, Portugal) se encuadra entre las manifestaciones parietales al aire libre declaradas Monumento Nacional e inscritas en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO en 1998 como "Arte Rupestre del valle del Côa". Nuestro lugar de estudio se inscribe en un contexto geográfico dominado por macizos graníticos que, cortados por el río, forman un cañón profundo y estrecho. En este corredor, y particularmente a partir del inicio de su estrangulamiento, en el sentido Norte-Sur, se sitúan las rocas al aire libre en las que se emplazan las manifestaciones parietales (Figura 1). El acceso es difícil y condicionado por el nivel de las aguas del río Côa, haciéndose casi imposible en inviernos lluviosos. Sin excepción, todas las representacio-

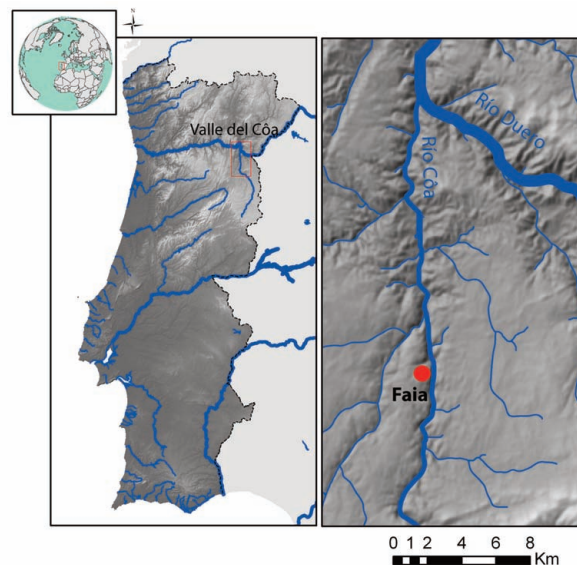


Fig. 1. Situación del núcleo de arte rupestre de Faia.

nes parietales de este núcleo se sitúan en la margen izquierda del río.

A diferencia del resto de las manifestaciones rupestres del Côa, grabadas en su gran mayoría, la técnica de realización de los paneles de Faia es la pintura con ocre rojo. Los paneles que constituyen el objeto de este trabajo se sitúan en la Roca 1. Se trata de un panel con dos bóvidos seminaturalistas y otro con una figura antropomorfa semiesquemática (Figura 2). La contextualización cronológica de los motivos postpaleolíticos pintados de Faia es bastante discutible. A los calcos realizados en los años noventa del siglo pasado, han seguido pocos estudios interesados en comprender mejor estas manifestaciones artísticas. Diferentes estilísticamente del conjunto dominante, los paneles aquí tratados presentan, de acuerdo con Sanches (2003: 160), características propias del arte de las poblaciones del Mesolítico/Neolítico peninsular. Para otros autores, tanto el panel de los bóvidos como la figura antropomorfa se encuadrarían en el "Estilo V", entrando así en cronologías holocenas relacionadas culturalmente con modos de producción epipaleolíticos (Bueno Ramírez *et al.* 2007). Otras interpretaciones destacan la semejanza entre los bóvidos seminaturalistas y la figura antropomórfica semiesquemática con los modelos de la pintura levantina, situándolos cronológicamente en una fase antigua del Neolítico (Carvalho 1999: 66). Las interpretaciones más re-



Fig. 2. (A) Panel de los bóvidos. (B) Figura antropomorfa. Fotografías de P. Guimarães.

cientes de dos de los autores de este trabajo (Baptista 1999; 2009; Figueiredo 2009) apuntan también a un período correspondiente al Neolítico antiguo. Futuros estudios centrados en el arte esquemático del nordeste portugués permitirán obtener otros datos que sin duda acudirán en apoyo de nuevas interpretaciones para las pinturas postpaleolíticas de Faia.

Análisis de imagen

A partir de imágenes digitales convencionales de tres bandas (espacio de color RGB) captadas con una cámara reflex digital Canon EOS 5D colocada en posición normal a los motivos rupestres y con iluminación natural, se calcularon las Componentes Principales (CP) por el método de la matriz de covarianzas. Utilizando las CP minoritarias (segunda y tercera) como bandas RGB se elaboraron imágenes en falso color para permitir la mejora de la visualización de los motivos. Para el cálculo de

las CP y la elaboración de imágenes en falso color se utilizó el software *HyperCube* (Army Geospatial Center, Estados Unidos). A partir de las bandas de CP más apropiadas y de las imágenes en falso color, convertidas a escala de grises, se elaboraron imágenes binarias utilizando el software *ImageJ* (National Institutes of Health, Estados Unidos). Los resultados se vectorizaron utilizando *CorelDRAW Graphic Suite X3* (Corel Corporation, Canadá). El resultado de la vectorización se exportó en formato .dwg para asegurar su compatibilidad con software CAD. La Figura 3 resume los protocolos de trabajo utilizados, producto de la optimización de los empleados en un trabajo anterior (Rogerio-Candelera *et al.* 2009a).

III. RESULTADOS

Grupo de los bóvidos

La aplicación del protocolo descrito a foto-

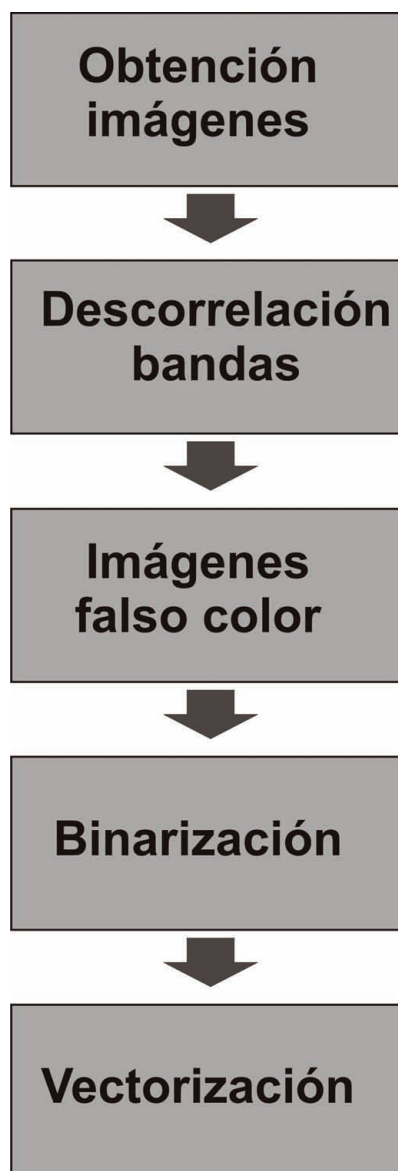


Fig. 3. Protocolo empleado para el análisis de imagen en este trabajo.

grafías digitales del panel de los bóvidos de la Roca 1 de Faia permitió elaborar, como resultado final, un calco vectorial detallado de las dos representaciones. El análisis de Componentes Principales mostró que la imagen original estaba altamente correlacionada, lo que se traduce en que la mayor parte de la información se recoge en la banda correspondiente a la Componente Principal 1 (96,37%), mientras que las Componentes Principales minoritarias explican, respectivamente un 3,44 y un 0,19% de la información (Tabla 1). Visualmente, las bandas producto del Análisis de Componentes Principales muestran que la tercera CP es la que separa mejor la cubierta pictórica,

aunque la señal reflejada por algunos líquenes foliáceos del centro de la imagen aparece codificada en niveles de gris semejantes a los de las figuras pintadas (Figura 4). Por el contrario, la respuesta espectral en la segunda Componente Principal ayuda a distinguir claramente entre pintura y líquenes, ya que los niveles de gris que corresponden a las áreas pintadas se distribuyen entre 160-180, mientras que en las zonas correspondientes a los líquenes, los niveles de gris varían entre 0 y 110. Para elaborar el calco, minimizando la información redundante que impide una correcta visualización, pareció aconsejable utilizar las dos componentes minoritarias, con las que se elaboró una imagen en falso color utilizando dos veces la banda que definía mejor la pintura (CP3).

| Componente Principal | Autovalor | Covarianza explicada (%) |
|----------------------|-----------|--------------------------|
| 1 | 2,59E+08 | 96,37 |
| 2 | 9,24E+06 | 3,44 |
| 3 | 5,24E+05 | 0,19 |
| Total | 2,69E+08 | 100 |

Tabla 1. Autovalores obtenidos al calcular las Componentes Principales de la imagen del panel de los bóvidos.

La imagen resultante (Figura 5) permite definir, con tan sólo el 3,63% de la información recogida en la imagen original, de un lado la pintura y, de otro, las diferentes comunidades liquénicas que proliferan sobre la roca, afectando no sólo al soporte sino también al panel pictórico. El resto de la información contenida en la imagen original se relaciona con el microrelieve y el tono general de la roca soporte. A partir de este punto, la elaboración del calco fue relativamente sencilla, y consistió en la conversión a escala de grises de la imagen en falso color y la binarización a partir de la selección de los intervalos de gris pertinentes para separar las manifestaciones pintadas de las diferentes cubiertas bióticas. El resultado se almacenó en imágenes binarias diferentes.

Las imágenes binarias obtenidas constituyen la base para la vectorización de las diferentes cubiertas incluidas en el calco. La vectorización separada de las mismas permite la creación de cubiertas gestionables con sistemas de información

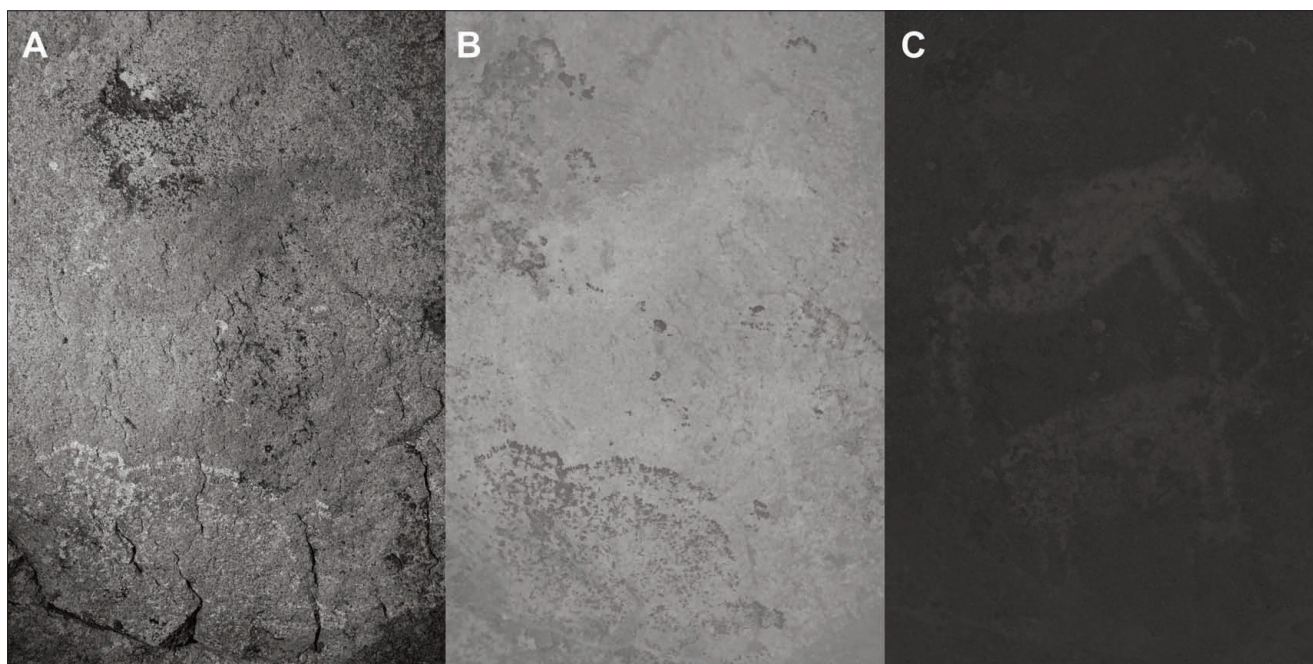


Fig. 4. Bandas producto del análisis de Componentes Principales de una imagen del panel de los bóvidos. (A) CP1, (B) CP2, (C) CP3.

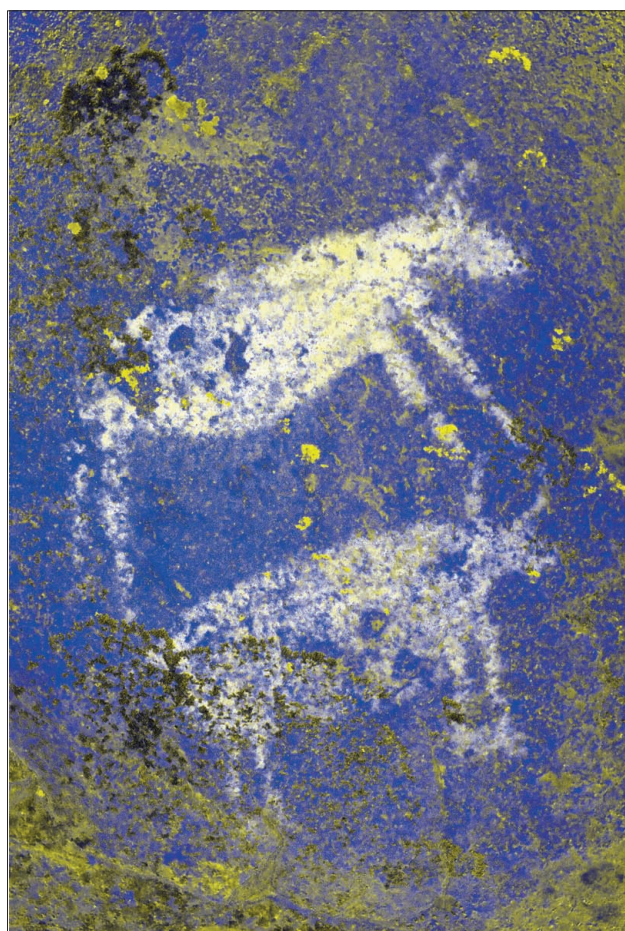


Fig. 5. Imagen en falso color del grupo de los bóvidos elaborada a partir de las CP minoritarias (CP3, CP3, CP2).

geográfica o entornos CAD, permitiendo bien el trabajo con cada una de las diferentes cubiertas por separado (Figura 6), bien la elaboración del equivalente a los mapas temáticos del sistema en el que se incluyen las manifestaciones rupestres.

Figura antropomorfa

La estrategia de análisis de imagen para la figura antropomorfa fue en esencia la misma que para el panel de los bóvidos. Se optó, no obstante, por trabajar sólo con la parte de la imagen en la que presuponíamos la existencia de pintura puesto que la presencia de una grieta profunda en el soporte, producía tonos muy oscuros que distorsionaban el resultado final. Siguiendo este enfoque, la tercera CP se mostró como la más relevante para destacar la presencia de pintura (Figura 7). Como muestra la Tabla 2, esta CP reflejaba un 0,08% de la información presente en el área de la selección efectuada, contra un 98,3% de la primera y un 1,62% de la segunda. Las imágenes en falso color construidas como en el caso de los bóvidos, permitían una buena apreciación de la pintura, si bien, para la elaboración del calco vectorial se utilizó tan sólo la imagen correspondiente a la tercera CP, ya



Fig. 6. Cubierta vectorial de la capa pictórica sobre microtopografía del fondo del panel de los bóvidos.

| Componente Principal | Autovalor | Covarianza explicada (%) |
|----------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 2,62E+08 | 98,3 |
| 2 | 4,32E+06 | 1,62 |
| 3 | 2,22E+05 | 0,08 |
| Total | 2,67E+08 | 100 |

Tabla 2. Autovalores obtenidos al calcular las Componentes Principales de la imagen del panel del antropomorfo.

que la pintura aparecía suficientemente contrastada. En el caso de esta figura, aunque existe colonización líquénica, la superficie que ocupa es mucho menor que en el caso de los bóvidos. La segunda Componente Principal es la que permite una detección más certera, si bien con alguna información topográfica que se confunde con el gris más oscuro de los líquenes. La imagen en falso color elaborada con las tres CP aclara la cuestión, de-

jando en tonos azulados las sombras producto de la microtopografía del soporte y en tonos rosados la señal correspondiente a la colonización líquénica (Figura 8).

IV. DISCUSIÓN

La cuestión de lo que debe o no reflejar un calco permanece abierta. En buena lógica, la información recogida en un calco debe resultar de utilidad para alcanzar los objetivos del trabajo que se lleve a cabo. En muchas ocasiones, los calcos son el medio casi exclusivo de publicar el arte rupestre, por lo que la información recogida en ellos debería ser lo más exhaustiva posible. Tradicionalmente, el calco se entiende como una reproducción lo suficientemente fiable de los motivos rupestres, elaborada para el conocimiento del mismo y la comparación con otros motivos. En este tipo de calcos, que podríamos llamar clásicos a pesar de que las soluciones adoptadas son casi tan amplias como el número de investigadores que se han dedicado al arte rupestre, casi sólo tiene cabida la reproducción de los motivos, que aparecen en muchas ocasiones descontextualizados de su entorno físico. La roca soporte se representa en algunos casos como un mero fondo en el que situar las manifestaciones, a veces complicando su lectura. Enfoques recientes hacen hincapié en la necesidad de representar las líneas estructurales más relevantes del soporte (así, por ejemplo, Domingo Sanz y López Montalvo 2002), con lo que se aporta una información adicional importante cuando se trata de elaborar estrategias de conservación o explicar los procesos tafonómicos que han tenido lugar (Rogerio-Candelera 2009b). Sin embargo, otro tipo de información relevante, como es la presencia de elementos de carácter biótico susceptibles de producir el biodeterioro de las manifestaciones rupestres, brilla por su ausencia en los calcos.

El concepto de *calco integral* que hemos defendido en otros lugares (Rogerio-Candelera 2008¹; 2009a) parte de considerar las representa-

¹ ROGERIO-CANDELERERA, M.A. (2008). *Una propuesta no invasiva para la documentación integral del arte rupestre*. Trabajo de Investigación, Universidad de Sevilla.

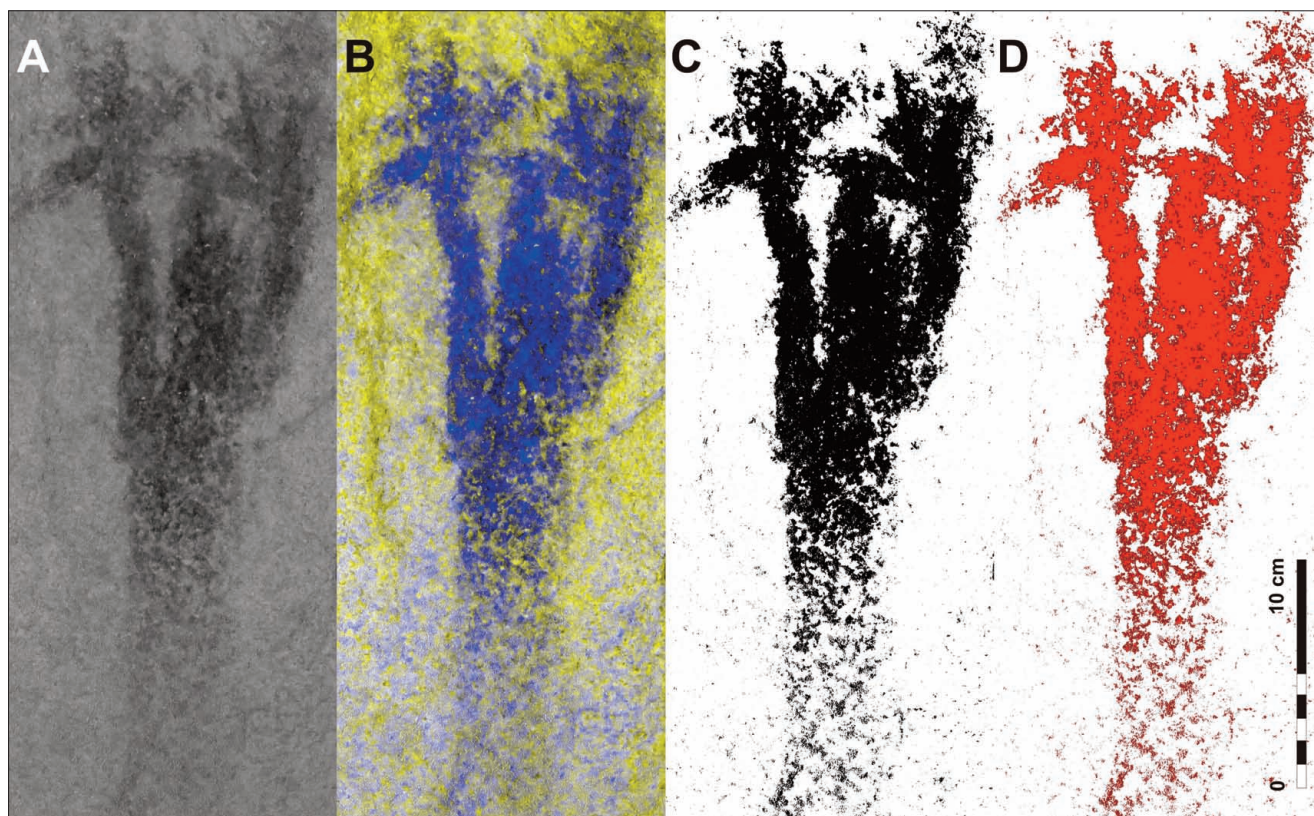


Fig. 7. (A) Tercera CP de la figura antropomorfa, (B) Falso color (CP3, CP3, CP2), (C) Imagen binaria a partir de la CP3, (D) Vectorización de la imagen binaria.

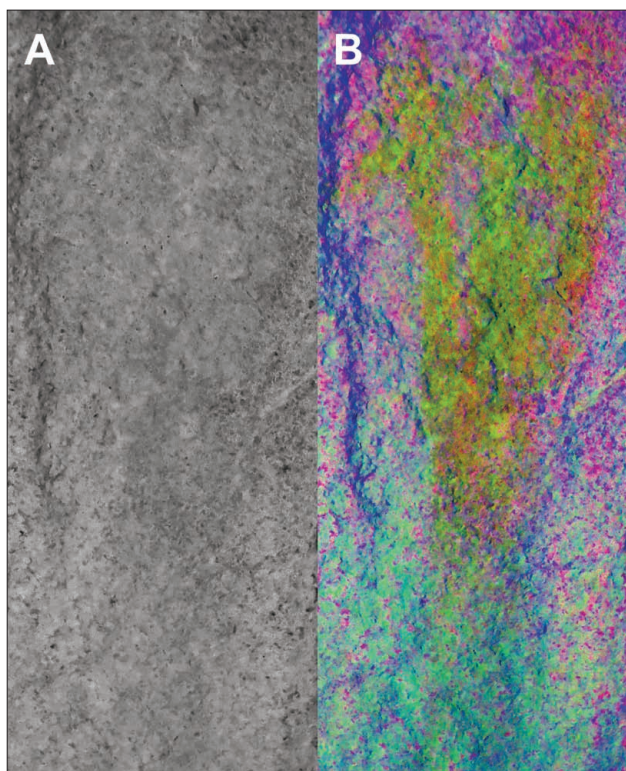


Fig. 8. (A) Segunda CP de la imagen del antropomorfo, (B) Falso color (PC1, PC2, PC3) que muestra, en tonos rosáceos la extensión de la colonización por líquenes.

ciones rupestres como uno más de los elementos abióticos de sistemas naturales complejos. Dentro de la lógica de este enfoque, la representación de uno o dos de los elementos integrantes del sistema carece de sentido, puesto que son muchos los factores representables espacialmente que tienen influencia, por separado o de manera sinérgica, en la homeostasis del mismo o, por el contrario, en su destrucción. La acción de los elementos de un sistema no se lleva a cabo siempre y en todos los lugares, sino que es función de la posición relativa que ocupen en el mismo (Margalef 1982). Por ello, la representación de los elementos que identifiquemos como relevantes para la conservación cobra una importancia crucial.

Desde este punto de vista conservacionista, no se trata tan sólo de identificar las posibles amenazas, sino de detectar los lugares donde estas pueden estar actuando. Sólo así es posible plantear estrategias tanto reactivas como proactivas de conservación de una manera fundada. La delimitación del área que ocupan los líquenes que proliferan sobre las manifestaciones parietales objeto de nues-

tro estudio debe, por una parte, complementarse con la identificación de la o las especies a las que pertenecen, para poder así valorar la incidencia de esta cubierta biológica. En este sentido, cabe resaltar que, independientemente de los deterioros de tipo estético que la proliferación de líquenes pueda producir, la amplitud del deterioro producido por estos variará en función del tipo de sustrato, las especies presentes y las condiciones ambientales, incluyendo entre estas la contaminación atmosférica o del suelo (Dandridge y Meen 2007). De particular interés para la conservación de las pinturas rupestres es la interacción entre los ácidos excretados por los líquenes, el soporte en el que éstas se encuentran, y la capa pictórica misma, en general de un grosor limitado a unas pocas micras.

La utilización de técnicas de análisis de imagen para la obtención del calco de los motivos pintados en Faia se justifica por la alta correlación visual de los motivos con respecto a la roca soporte. Si bien los procedimientos de aumento del contraste mediante técnicas de retoque fotográfico son suficientemente buenos para mejorar la visualización de figuras poco correlacionadas (así, por ejemplo, Maura y Cantalejo 2004; 2005), no ocurre lo mismo cuando es difícil distinguir la pintura del soporte debido a la semejanza de sus colores. En estos casos, es posible cometer errores de clasificación, ligados a la pérdida de los valores extremos del histograma. Por el contrario, las técnicas de descorrelación visual se erigen en una herramienta básica que permite mayor seguridad en los resultados con un menor coste de tiempo, y con la posibilidad de detectar “anomalías” tales como los repintes o la utilización de diferentes pigmentos (Rogerio-Candelera 2009b; Rogerio-Candelera *et al.* 2009b)

V. CONCLUSIONES

Las herramientas de análisis de imagen que utilizamos en este trabajo se han aplicado de manera escasa a la reproducción, estudio y conservación del arte rupestre. Por el contrario, predominan como herramientas de reproducción el calco directo y últimamente, el empleo de técnicas de retoque fotográfico que producen, en general, resultados mediocres cuando se trata de imágenes con un alto grado de correlación visual.

Como se demuestra en este trabajo, utilizando técnicas de descorrelación de imágenes es posible elaborar calcos digitales de manera rápida y precisa incluso cuando la visualización de las imágenes es difícil.

Por otra parte, el carácter no invasivo de las técnicas de análisis de imagen y la capacidad de estas para representar gráficamente cubiertas, a veces considerablemente extensas, de manera rápida y barata (en términos económicos y de tiempo empleado), las convierte en una herramienta de gran importancia desde el punto de vista de la conservación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos “Aplicación de técnicas de teledetección a la monitorización del biodeterioro y documentación de bienes culturales en ambientes hipogeos” (CSIC PIE 200440E327) y “Programa de investigación en Tecnologías para la Valoración y Conservación del Patrimonio” (CONSOLIDER CSD2007-00058).

BIBLIOGRAFÍA

- BAPTISTA, A.M. 1999: *No tempo sem tempo: a arte dos caçadores paleolíticos do Vale do Côa*. Parque Arqueológico do Vale do Côa. Vila Nova de Foz Côa.
- BAPTISTA, A.M. 2009: *O Paradigma Perdido: O Vale do Côa e a Arte Paleolítica em Portugal*. Edições Afrontamento, Parque Arqueológico Vale do Côa. Oporto.
- BUENO RAMÍREZ, P.; DE BALBÍN BEHRMANN, R. y ALCOLEA GONZÁLEZ, J.J. 2007: "Style v dans le bassin du Douro. Tradition et changement dans les graphies des chasseurs du Paléolithique Supérieur européen". *L'Anthropologie* 111: 549-589.
- CARRERA RAMIREZ, F. 2002: "La protección del arte prehistórico ibérico, ¿misión imposible?". *ArqueoWeb* 4(3). [En línea: http://www.ucm.es/info/arqueoweb/numero4_3/articulo4_3_proteccionarte.html consulta 21/09/2006].
- CARVALHO, A.F. 1999: "Os sítios de Quebrada e de Quinta da Torrinha (Vila Nova de Foz Côa) e o Neolítico antigo do Baixo Côa". *Revista Portuguesa de Arqueologia* 2(1): 39-70.
- DANDRIDGE, D.E. y MEEN, J.K. 2007: "Rock art, lichens, and geochemistry". *Coalition* 13: 2-4.
- DOMINGO SANZ, I. y LÓPEZ MONTALVO, E. 2002: "Metodología: el proceso de obtención de calcos o reproducciones". En R. Martínez Valle y V. Villaverde Bonilla (eds.): *La Cova dels Cavalls en el Barranc de la Valltorta*. Museu de la Valltorta (Monografías del Instituto de Arte Rupestre 1). Tirig: 75-81.
- FIGUEIREDO, S.S. 2009: "Anthropomorphic Figures in Post-Paleolithic Paintings from the Northeast of Portugal: Who Are They and What Doing?". *Global Rock Art: Congresso Internacional de Arte Rupestre, 2009, Piauí – Brasil*, Resumos eletrônicos. [En línea: <http://www.globalrockart2009.abarterupestre.org.br/resumos/resumos24.html>].
- GILLESPIE, A.R.; KAHLE, A.B. y WALKER, R.E. 1986: "Color enhancement of highly correlated images. I. Decorrelation and HSI contrast stretches". *Remote Sensing of Environment* 20: 209-235.
- MARGALEF, R. 1982: *Ecología*. Omega. Barcelona.
- MARK, R. y BILLO, E. 2006: "Computer-assisted photographic documentation of rock art". *Coalition* 11: 10-14.
- MAURA, R. y CANTALEJO, P. 2004: "La metodología aplicada en la cueva de Ardales para la documentación del arte prehistórico". *Sociedades recolectoras y primeros productores. Actas de las Jornadas Temáticas Andaluzas de Arqueología. Ronda, 28 al 30 de Octubre de 2003*. Junta de Andalucía. Sevilla: 317-331.
- MAURA, R. y CANTALEJO, P. 2005: "Procesos digitales aplicados a la reproducción gráfica del arte paleolítico". En J.L. Sanchidrián, A.M. Márquez y J.M. Fullola (eds.): *La Cuenca Mediterránea durante el Paleolítico Superior. 38.000 – 10.000 años. IV Simposio de Prehistoria Cueva de Nerja*. Fundación Cueva de Nerja. Málaga: 396-405.
- ROGERIO-CANDELERA, M.A. 2009a: "Análisis de imagen y documentación integral del arte rupestre: una propuesta de futuro". En R. Cruz-Auñón Briones y E. Ferrer Albelda (Eds.): *Estudios de Prehistoria y Arqueología en homenaje a Pilar Acosta Martínez*. Universidad de Sevilla. Sevilla: 171-185.
- 2009b: "Análisis de imagen de paneles rupestres: mucho más que la elaboración de calcos digitales". *Sautuola* XIV: 423-436.
- 2009c: "Los sistemas tradicionales de documentación del arte rupestre. Una revisión de sus ventajas y limitaciones". *Actas de la IV Bienal de Restauración Monumental "25 años de restauración monumental (1975-2000)". Madrid, 22-25 de enero de 2009*. Academia del Partal. Madrid. En prensa.
- ROGERIO-CANDELERA, M.A.; JURADO, V.; LAIZ, L. y SAIZ-JIMENEZ, C. 2009a: "Image analysis of biodeterioration-affected rock and mural paintings". En J.L. Ruvalcaba Sil, J. Reyes T. y A. Velázquez (coords.): *La Ciencia de Materiales y su impacto en Arqueología*, vol. V. Sociedad Mexicana de Ciencia de Materiales A.C. México. En prensa.
- ROGERIO-CANDELERA, M.A.; VANHAECKE, F.; RESANO, M.; MARZO, P.; PORCA, E.; ALLOZA, R. y SAIZ-JIMENEZ, C. 2009b: "Combinación de análisis de imagen y técnicas analíticas para la distinción de diferentes fases en un panel rupestre (La Coquinera II, Obón, Teruel)". En J.A. López Mira, R. Martínez Valle y C. Matamoros de Villa (eds.): *Actas del IV Congreso El Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica. 10 años en la Lista del Patrimonio Mundial de la Unesco, Valencia 3-5 diciembre 2008*. Generalitat Valenciana. Valencia: 327-334.
- SANCHES, M.J. 2003: "Sobre a ocupação do Neolítico inicial no Norte de Portugal". En V.S. Gonçalves (ed.): "Muita Gente, Poucas Antas? Origens, Espaços e Contextos do Megalitismo (Actas do II Colóquio Internacional sobre Megalitismo)". *Trabalhos de Arqueologia* 25: 155-179.
- VICENT GARCIA, J.M.; MONTERO RUIZ, I.; RODRIGUEZ ALCALDE, A.L.; MARTINEZ NAVARRETE, M.I. y CHAPA BRUNET, T. 1996: "Aplicación de la imagen multispectral al estudio y conservación del arte rupestre post-paleolítico". *Trabajos de Prehistoria* 53(2): 19-35