Kobie Serie Anejo, nº 16: 41-50
Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia
Bilbao - 2017
ISSN 0214-7971

NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE ARTE RUPESTRE

New perspectives in rock art recording

José Manuel Pereira Uzal

Palabras clave: Fotografía. Digitalización. Imagen Digital. Documentación. Arte Rupestre. Fotogrametría.
Keywords: Photography. Digitization. Digital Imaging. Recording. Rock Art. Photogrammetry.
Hitz gakoak: Argazkigintza. Digitalizazioa. Irudi Digitala. Dokumentazioa. Labar artea. Fotogrametria.

RESUMEN:

En la actualidad la imagen digital nos ofrece una serie de posibilidades que trascienden en gran medida a las técnicas fotográficas tradicionales. Sin embargo la enorme popularización de la imagen digital nos ha llevado a abordar las tareas de documentación del patrimonio cultural con una escasa pertinencia. A lo largo de este artículo se abordan los principales conceptos, posibilidades y derivados de la imagen digital.

ABSTRACT:

Currently the digital image offers us a number of possibilities that go beyond traditional photographic techniques. However the huge popularity of digital imaging has led us to tackle the tasks of documentation of cultural heritage with little pertinence. Throughout this paper the main concepts, possibilities and derived from the digital image are addressed.

LABURPENA:

Gaur egun, irudi digitalak aukera ugari eskaintzen dizkigu, argazkilaritza teknika tradizionalak neurri handi batean gainditzen dituztenak. Hala ere, irudi digitalaren jendarteratze izugarriak, kultur ondarearen dokumentazioari buruzko zereginak egokitasun gutxirekin egitera bideratu gaitu. Artikulu honetan, irudi digitalaren kontzeptu, aukera eta deribatu nagusiak lantzen dira.

1. INTRODUCCIÓN.

La documentación gráfica en el ámbito del estudio de bienes arqueológicos ha sido una tarea intrínseca al estudio de los mismos. De igual forma, la preocupación por la pertinencia de dichas técnicas ha estado presente de forma recurrente entre el discurso de historiadores, arqueólogos y conservadores, evolucionando con cierta distancia a los avances tecnológicos acontecidos en cada época. Ya, a principios de la década de los 80, autores como M. R. Rip (Rip 1983 y 1989) comienzan a plantearse el potencial de las herramientas digitales para la documentación y estudio del arte rupestre. Pero será, quizás, R. Bednarik (Bednarik 1994) quién se aproxime con más persistencia a la cuestión de la imagen digital desde un punto de vista científico, dentro de la documentación del arte rupestre. Dentro de nuestras fronteras, autores como I. Domingo y E. Lopez (Domingo y Lopez 2002) comenzarán a plantearse ciertas pautas de procesamiento de imagen digital con herramientas emergentes como Adobe Photoshop, e incluso podemos encontrarnos trabajos fundamentados en los principios de la teledetección, como los de Juan Vicent (Vicent 1999) o R. Candelera (Candelera 2007).

Sin embargo, con el importante auge de la democratización tecnológica ocurrida de la mano de las herramientas y dispositivos digitales, a lo largo de la última década, nos hemos encontrado con un discurso ampliamente centrado en las posibilidades de las herramientas frente el método o contexto de uso de las mismas.

Aún así, dentro de una sociedad completamente sumergida en un contexto digital, es común intentar dotar de comprensión a la tecnología contemporánea a través de metodologías e inquietudes forjadas en un contexto tecnológico pasado. Así por ejemplo, somos capaces de hablar de "calco digital" por la analogía en los resultados y objetivos, a un proceso ampliamente distante tanto en el tiempo como en su ejecución.

Esta situación ha abierto una importante "brecha digital" entre las posibilidades de la actual imagen digital y las metodologías en las que esta se aplica.

A lo largo de este artículo, intentaremos profundizar en las posibilidades y diversidad metodológica de la imagen digital actual.

2. METODOLOGÍA.

2.1. Fundamentos.

Antes de adentrarnos en aspectos más tecnológicos, es necesario establecer el alcance de la imagen digital como herramienta de documentación.

De esta forma, las técnicas y tecnologías derivadas de la imagen digital e imagen computacional nos adentran, en primera instancia, en un terreno eminentemente numérico, que nos aporta una lectura más allá del contenido icónico o formal de una fotografía. Esto nos permite una dimensión adicional en cuanto al almacenamiento e interpretación de la información contenida en un documento gráfico.

Así, un conjunto de pixeles contiene tanto información de radiancia, o cantidad de luz reflejada o transmitida por una superficie, como información espacial capaz de describir un rasgo morfológico de dicho objeto para un instante en el tiempo. De esta forma, en una imagen digital podemos almacenar tanto información que describe la forma o morfología de un objeto o escena, como información relativa a la naturaleza de dicha superficie, como puede ser el color o textura, y todo ello referido a un instante en la historia o vida de un objeto, escena o evento.

Desde el punto de vista que somos capaces de describir un instante de una escena en un documento descrito en términos numéricos, cabe plantearse la proximidad de dicho documento a la escena. Es decir, la imagen digital como representación de la realidad, y no como una vaga reproducción o aproximación a la misma (Robledano 2014).

En la construcción de un discurso científico, todo dato debe estar construido en torno a un método científico. En ciencia, un dato no es válido por el mero hecho de estar contextualizado en un discurso científico, sino que éste debe provenir de un proceso igualmente sujeto a un método correctamente justificado y probado (Pereira 2013a).

De esta forma, la imagen digital puede articularse en torno a dos fines bien distintos:

A- La imagen digital como herramienta de divulgación, destinada a mostrar una determinada escena, objeto o evento a un determinado público, a través de la visión de un profesional dado (fotógrafo, editor, diseñador, museólogo, etc)

B.- La imagen digital como evidencia de una determinada escena, objeto o evento destinada a constituirse como un dato dentro de un discurso científico.

Desde el momento que una imagen digital aspira a convertirse en un dato científico, es necesario que dicha imagen se construya sobre un método correctamente justificado y probado a su vez. Así, la pertinencia de una imagen digital no reside en la propia imagen o contenido icónico de la misma, sino en el método bajo la cual fue formada.

En esta línea, el control de calidad[1] durante la producción de imágenes digitales en proyectos de digitalización del patrimonio cultural, aunque un concepto relativamente ajeno a muchos profesionales de la fotografía y el patrimonio, es tremendamente común a casi cualquier ámbito de la industria o servicios, etc. El control de calidad se propone como un proceso fundamental en todo trabajo de documentación o digitalización del patrimonio, y debe estar encaminado a asegurar simplemente la pertinencia de un determinado flujo de trabajo. El control de calidad y normalización de éste en el ámbito de la digitalización del patrimonio, viene siendo abordado desde diferentes proyectos, especialmente consistentes como el Metamorfoze de los Paises Bajos, iniciado en 1997 y que desde 2007 dispone de unas solidas recomendaciones en materia de control de calidad (Metamorfoze 2007). O en la misma linea desde 2010 tenemos las recomendaciones Federal Agencies Digitization emitidas desde USA.

1 Según la ISO 8402, como calidad se entiende "Conjunto de propiedades o características de un producto o servicio que le confieren aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas"

En general, si recurrimos a la bibliografía específica relacionada con la digitalización del patrimonio, ya sean los trabajos de Juan Vicent en nuestro país o Roy Berns en Rochester (Berns 1992 y 2001) o del propio Bednarik, ya desde la década de los años 90, podemos encontrar una importante inquietud por plantear la digitalización y estudio del patrimonio a través de la imagen digital como un problema científico, y no una mera especialización dentro del ámbito de la fotografía.

2.2. Atributos de una escena.

Una escena natural puede ser descrita por los siguientes aspectos:

2.2.1. Reproducción del color:

El color es una de las cualidades esenciales en la percepción que tenemos de un bien cultural, obra de arte, etc. A través de éste no solo podemos acceder a los aspectos icónicos o formales de una escena u objeto, sino que también a técnicas de elaboración o aspectos patológicos del estado de conservación de éste (Ruiz *et al.* 2016).

El color es un estímulo que se forma dentro de un sistema de visión motivado por la relación de la energía reflejada o transmitida por un cuerpo a lo largo de las diferentes bandas, o longitudes de onda del espectro visible. Es decir, a más o menos energía reflejada o transmitida para una longitud de onda dada, la percepción del color, o estímulo, que tendremos será diferente.

La densidad es la métrica que nos ayuda a describir la cantidad de luz reflejada o transmitida por un cuerpo o superficie (Jacobson 1978). Su relación con la intensidad de pixel, viene descrita por la función de conversión opto-electrónica (Opto-electronic Conversion Function, OECF) de forma que podemos establecer relaciones directas entre la cantidad de luz reflejada o transmitida y la formación de la imagen en términos de intensidad de pixel (Murphy 2005).

La reproducción tonal descrita por la OECF, guarda no solo una relación con las características de nuestro equipo, sino que también guarda una importante relación con la exposición de nuestra cámara. La relación entre exposición, densidad e intensidad de pixel esta descrita por la sensitometría.

De esta forma, una imagen RGB, formada por tres canales monocromáticos, relacionados con la radiancia en las bandas del Rojo, Verde y Azul, y ubicadas en el modelo de tricromaticidad del sistema de visión humano. Y que debe ser descrita en un espacio de color para ser comprendida por el ser humano, para hacerlo independiente del dispositivo que lo ha generado (Ruiz y Pereira 2014), habitualmente el espacio de color CIE Lab. De este tipo de conversiones, representaciones y en definitiva la comunicación del color entre escena y dispositivos de forma pertinente, se ocupan las tareas de gestión del color (Giorgianni 2008; Pereira 2013).

La gestión del color no solo se encarga del momento de captura, o del procesado de la imagen, sino que también de la percepción y de como se comunica en general el color entre dispositivos (Ruiz y Pereira 2014). Es decir, aún disponiendo de una imagen capturada y procesada de forma pertinente esta puede ser visualizada y transmitida a otros profesionales de forma incoherente.

2.2.2. Reproducción de la morfología:

Los aspectos morfológicos de la escena están encaminados a describir sus formas en términos de pixeles. Esto implica una organización espacial de los mismos así como una relación de contraste entre estos.

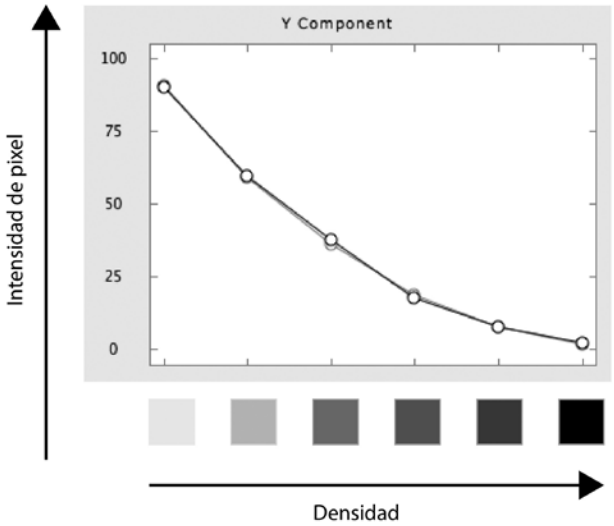

Figura 1. Gráfico de la OECF que representa la relación entre densidad, o cantidad de luz de entrada, y la intensidad de pixel resultante.

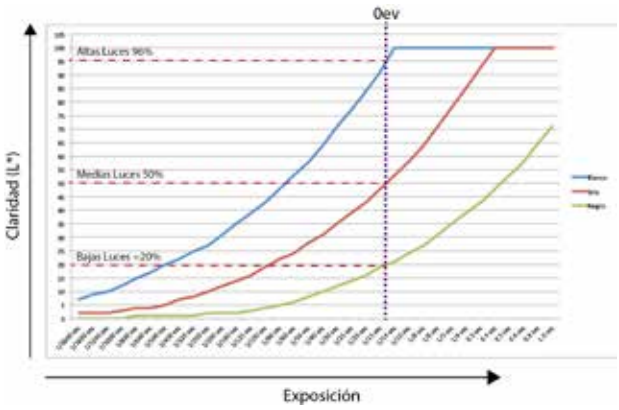

Figura 2. Gráfico sensitométrico que representa la relación entre la exposición, y la intensidad de pixel. Donde se puede observar el punto (EV0) donde la exposición es correcta.

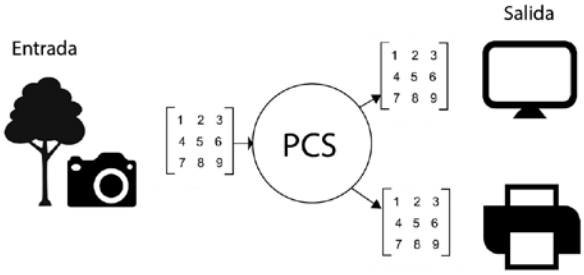

Figura 3. Esquema del concepto de la gestión del color, donde unos perfiles de color, caracterizan equipos de entrada y salida. La conexión entre ellos se realiza a través del PCS (Profile Connection Space).

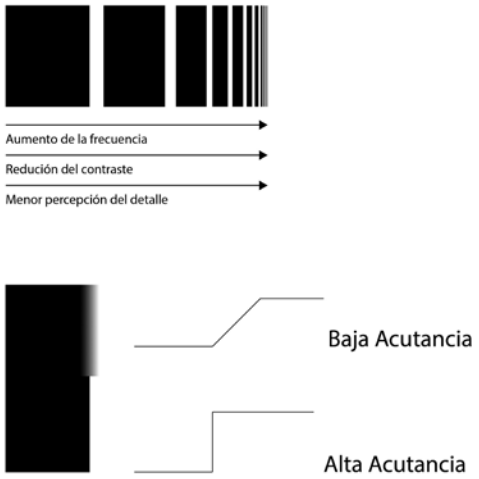

Figura 4. Esquema con el concepto de acutancia, donde podemos ver la relación con las frecuencias, parte superior, y el comportamiento en bordes, parte inferior.

a.- La densidad de fotocaptores[2] presentes en un sensor. Es decir, a más fotocaptores por unidad de superficie, mayor proximidad entre ellos y mejores cualidades para resolver los detalles más finos.

b.- Un contraste suficiente para ser capaces de diferenciar la información contenida en un pixel de los adyacentes. El contraste suele estar relacionado con la construcción y diseño de la óptica de nuestro equipo o con la naturaleza o iluminación de la propia escena u objeto.

c.- El ruido de nuestro equipo. En imagen digital el ruido, suele conocerse como aquella información que no esta presente en la escena, y es introducida por nuestro equipo de captura. La presencia del ruido implica un reducción de contraste que condiciona la reproducción del detalle. El ruido suele estar descrito por la métrica conocida como SNR, o *Signal to Noise Ratio* (González 2002), conocida coloquialmente, como la relación señal-ruido.

d.- Las condiciones del disparo. Aspectos como los fenómenos de trepidación o profundidad de campo pueden afectar a la merma en la reproducción del detalle.

La acutancia puede ser descrita por la métrica conocida como MTF (Modulation Transfer Function) que describe la relación entre frecuencias y detalle, es decir, a más amplitud mayor contraste y a mayor frecuencia, menos contraste y por tanto menos detalle percibido.

A través de técnicas de imagen computacional, y con la ayuda de ópticas de focal larga, o técnicas de fotomacrofotografía podemos descomponer la escena en un mosaico de imágenes con un importante nivel de detalle (Mark y Bilo 1999; Mark y Billo 2011; Williams 2013) que posteriormente deben ser ensambladas mediante técnicas de *stitching*[3] con lo cual se obtiene una única

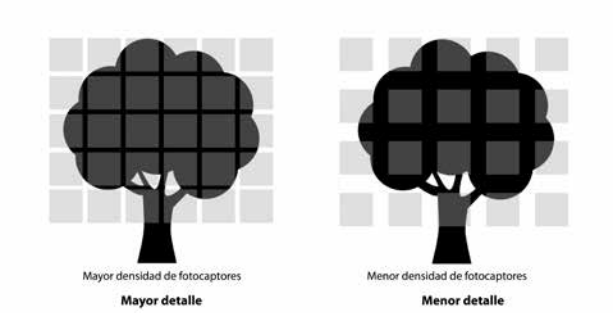

Figura 5. Concepto simplificado de como la densidad de fotocaptores contribuyen a la captura del detalle.

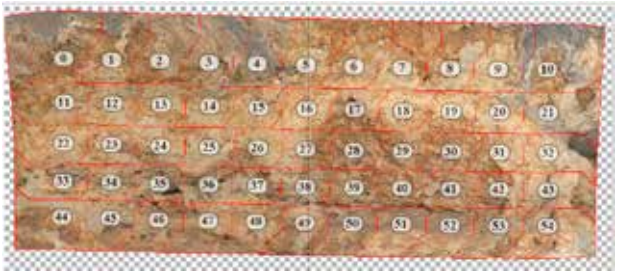

Figura 6. Captura de pantalla de la herramienta ptGUI, donde podemos ver un mosaico formado por 54 imágenes.

imagen con un muy alto nivel de detalle. Estos mosaicos pueden estar tomados desde un único punto de vista (mosaicos azimutales) o desde diferentes puntos de vistas (mosaicos lineales). Estas estrategias de captura y *stitching* de mosaicos, deben ser aplicadas con prudencia, ya que presentan con frecuencia un buen número de distorsiones geométricas motivadas por las propias técnicas de fusión a lo largo del mosaico de imágenes.

Sin embargo, para describir con propiedad una escena u objeto, la información en dos dimensiones aportada por una fotografía, se presenta como insuficiente, ya que no disponemos de información sobre la profundidad.

Para ello debemos recurrir a modelos tridimensionales que sean capaces de describir una escena en todas sus dimensiones.

Un modelo tridimensional, desde el punto de vista de la imagen computacional, se sustenta mayormente en las técnicas inspiradas en la fotogrametría[4], más conocidas hoy en día, en términos computacionales, como Structure from Motion o visión por computadora (Hartley 1998).

El SfM permite acceder a la información de profundidad de una escena, a través del desplazamiento del punto de vista a lo largo de esta. El resultado del modelado[5] de una escena en términos

2 Como fotocaptores, entendemos cada una de las unidades de captación de luz presentes en un sensor CCD o CMOS de una cámara digital, siendo los responsables de transformar la energía lumínica en energía eléctrica.

3 Como *stitching* o "cosido" en castellano, se conoce a aquellas técnicas de fusión entre pares de imágenes a través de sus zonas de superposición. Las técnicas de *stitching* incorporan estratégias de detección de características comunes entre pares de imágenes, normalización del color e intensidad de luz, etc.

4 La fotogrametría es una técnica propuesta por Albrecht Meydenbauer en 1858 encaminada a determinar las propiedades geométricas de los objetos a partir de fotografías.

5 No confundir el concepto de digitalización, realizado a través de un sistema o sensor capaz de transformar una señal contínua (luz) en una discreta (señal digital). Con modelo o aquella estructura numerica capaz de describir una representación espacial de un objeto, escena, etc.

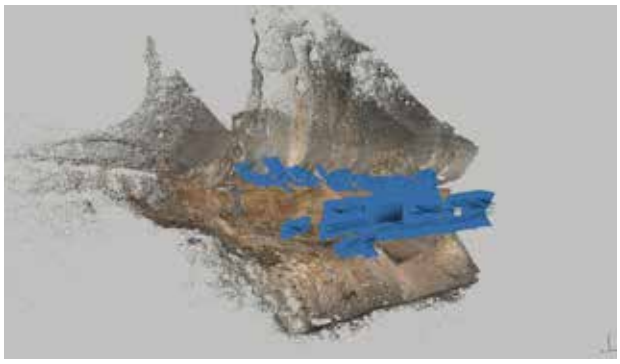

Figura 7. Captura de pantalla de la herramienta Agisoft Photoscan donde se muestra una nube de puntos dispersa y la relación con las cámaras o puntos de vista.

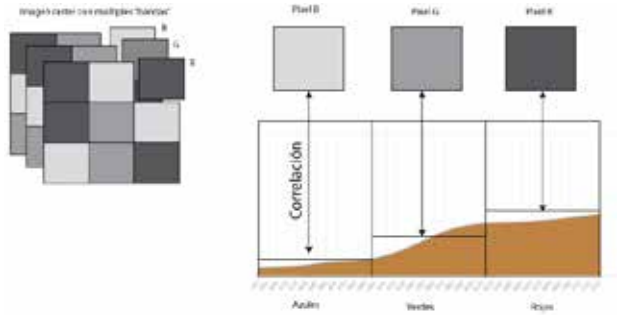

Figura 8. Esquema simplificado de la relación entre intensidades de pixel y firma espectral de un compuesto.

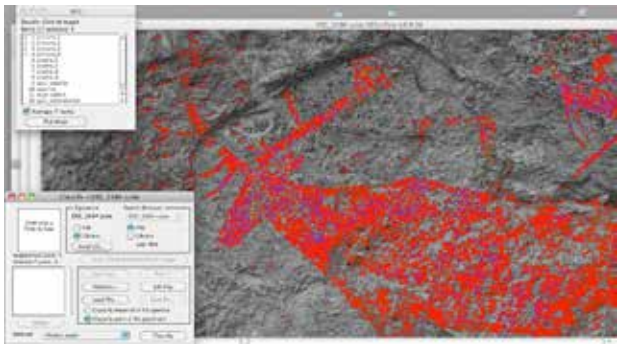

Figura 9. Ejemplo de un análisis por técnicas de teledetección donde se ha realizado una clasificación de materiales, con el fin de aislar pintura de soporte.

tridimensionales da como lugar a una nube de puntos, el cual es modelo constituido por una relación de puntos descritos en términos de coordenadas espaciales XYZ y adicionalmente información colorimétrica en el modelo RGB (Pereira 2013a).

Una nube de puntos puede ser interpretada a través de diversos algoritmos en forma de una superficie, malla, o estructura alámbrica (*wireframe*), sin embargo, cabe recordar, que dichas reconstrucciones, están fundamentadas en interpolaciones que pueden gozar de una mayor o menor precisión respecto a la escena en tanto que estén más próximas en resolución a la nube de puntos, y por tanto deben ser interpretadas con prudencia (Robledano y Pereira 2013).

Una nube de puntos puede ser representada a través de un mapa de profundidad, donde descartando la información del color, cada pixel se ocupa de representar la información espacial XY, y la profundidad o Z a través de la intensidad del mismo.

Finalmente a partir de la información, relativa a la posición de las cámaras ubicadas en los diferentes puntos de vista, y las propias capturas, es posible reconstruir la escena en dos dimensiones pero sin error de perspectiva[6] o relativos a las aberraciones geométricas de lente, es lo que se conoce como una ortofoto o ortoimagen (McDonnald 2006).

Es decir, toda imagen fotográfica esta descrita dentro de una proyección la cual implica un error de perspectiva (perspectiva cónica) y geométrico, motivado por las cualidades ópticas de las lentes usadas en fotografía. Estos errores entre escena e imagen, hacen extremadamente compleja extraer mediciones fiables, por lo que es necesario recurrir a ortoimágenes, las cuales están libres de dichos errores (Robledano y Pereira 2013). A través de una ortoimágen, previamente dotada de una escala o incluida en un sistema de coordenadas, podemos realizar estimaciones espaciales con seguridad, ya que los errores de perspectiva y lente están ampliamente minimizados.

2.2.3. Caracterización de las cualidades físico-químicas:

Todo elemento es capaz de absorber, reflejar y transmitir la luz que incide sobre él. Dicha situación, además de la formación del color, nos permite caracterizar determinadas cualidades en función de la cantidad de energía reflejada, absorbida o transmitida por cada longitud de onda estudiada (Jensen 1996).

A través de las técnicas de análisis de imágenes heredadas o inspiradas en el ámbito de la teledetección[7], podemos realizar aproximaciones a la naturaleza de los compuestos presentes de una escena, a través de su estudio a lo largo del espectro visible y no visible (Ultravioleta e Infrarrojo)

Mientras en la fotografía RGB, nos servimos de tres bandas, en la imagen multiespectral o más propiamente multibanda utilizamos diversas bandas a lo largo de diversas regiones del espectro relevantes.

De esta forma, mientras que en la fotografía convencional, ya sea RGB o monocromática estamos habituados a realizar interpretaciones icónicas o fotointerpretaciones de los elementos presentes en la escena, en el ámbito de la teledetección fundamentada en la imagen multibanda, la interpretación se realiza a través del análisis conjunto de las diferentes bandas, extrayendo y organizando la información presente a lo largo de todas ellas (Candelera 2008 y 2011; Pereira 2014).

De esta forma, gracias al uso de herramientas y tecnologías basadas en la teledetección podemos acercarnos a realidades más allá de la percepción del sistema de visión humano, o dispositivos tipo cámaras DSLR. Así herramientas como D-Stretch (Harman 2005; Quesada 2013) inspiradas en procedimientos de análisis en

6 Que no exista un error de perspectiva, no implica que existan planos con una deformación inherente a la complejidad del objeto.

7 Como teledetección, entendemos aquella disciplina encargada de obtener información de forma remota gracias al uso de sensores. Las técnicas de teledetección son ampliamente usadas en ámbitos geográficos, agricultura y usos del suelo, astrofísica, aplicaciones militares, etc...

el ámbito de la teledetección, han constituido una considerable revolución en la prospección y estudio del arte rupestre.

2.2.4. El tiempo:

Otro factor intrínseco a las técnicas fotográficas, es su relación con el tiempo, ya que toda fotografía se captura e un instante en el tiempo. Es decir, una imagen, así como sus derivados, constituyen una representación de una escena, objeto o evento en un momento dado. De esta forma, la fotografía, no solo permite el estudio de una escena, en un instante dado, sino que también permite el estudio diacrónico de dicha escena (Ruiz et al 2016). Es decir, podemos caracterizar la evolución del estado de conservación de un bien cultural, etc. a través de las imágenes tomadas en diferentes instantes.

Sin embargo, para que este estudio diacrónico, sea consistente, es necesario apelar de nuevo a la estandarización o normalización de métodos de captura y producción, de forma que distintos profesionales puedan correlacionar eventos descritos en una serie de imágenes tomadas en diferentes épocas.

En la actualidad, aunque existe, y ha existido, durante las pasadas décadas, una importante producción de documentación gráfica en torno al arte rupestre, la falta de metodologías pertinentes y coherentes entre los profesionales encargados de estas tareas, hace muy difícil la comprensión a tiempo pasado de estos documentos. A excepción de cambios morfológicos evidentes, aspectos sutiles, como son las alteraciones cromáticas, motivadas por alteraciones biológicas, formaciones de depósitos, etc. son especialmente difíciles de estudiar en colecciones de imágenes de las cuales desconocemos su método de elaboración.

De la misma forma que dos imágenes tomadas en diferentes instantes pueden ser comparadas entre sí, los modelos tridimensionales, preferentemente nubes de puntos, pueden ser cotejados de igual forma con el fin de poner en evidencia cambios estructurales o volumétricos en un objeto o escena (Ruiz et al 2016).

3. RESULTADOS.

A través del proyecto 4D Arte Rupestre, iniciado en 2012, y financiado en el marco de las Ayudas para proyectos de conservación, protección y difusión de bienes declarados Patrimonio Mundial, de la Secretaría de Estado de Cultura, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, hemos podido realizar múltiples experiencias en torno a la pertinencia de los flujos de trabajo establecidos en documentación de arte rupestre (Ruiz et al 2016) a lo largo de diversos productos derivados como la fotografía por mosaico o la fotogrametría.

El flujo de trabajo desarrollado se puede sintetizar en los siguientes pasos:

3.1. Caracterización del equipo a utilizar.

Las tareas de caracterización nos ayudan a comprender cual va a ser el rendimiento de nuestro equipo de captura (Murphy 2004). Los principales atributos a estudiar son:

a- Reproducción de detalle (MTF)

b- Ruido (SNR)

c- Reproducción tonal (OECF)

d- Sensitometría

e- Características de la fuente de iluminación (CRI, Temperatura de color).

f- Caracterización del software de procesado de imagen (Precisión colorimétrica y tonal)

Figura 10. Uso de una Colorchecker Passport en la escena con el fin de caracterizar aspectos como la reproducción tonal (nivel de exposición), temperatura de color y colorimetría.

Figura 11. Equipo de captura usado en la creación de mosaicos a través de una rótula motorizada azimutal Gigapan Epic Pro, y par de flashes Poroto B2.

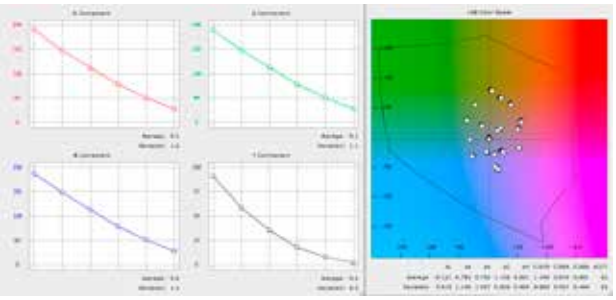

Figura 12. Gráficos resultantes de un proceso de calidad donde se estima la precisión colorimétrica (derecha) y la reproducción tonal descrita por la OECF (izquierda)

Es decir, es importante comprender, que en un proceso fotográfico digital, éste no empieza y acaba dentro de la propia cámara, sino que existen factores externos a ésta, como la iluminación o como vamos a procesar la imagen, ambos, tan decisivos como las propias características técnicas de nuestro equipo fotográfico.

3.2. Ajuste del equipo.

Una vez conocido el rendimiento de nuestro equipo, y las condiciones de luz, foco, etc. se traslada toda esa información a los controles de la cámara y fuentes de iluminación, en caso de que no trabajemos con luz natural.

3.3. Caracterización de la escena.

Una vez conocidas las prestaciones de nuestro equipo, es necesario comprender como éste es capaz de reproducir la escena.

La escena es caracterizada a través de una carta de color, la cual posee una colorimetría y densitometría conocidas y se comporta como un elemento de referencia dentro de la escena a través del cual podemos establecer tanto tareas de gestión del color como de verificación de la precisión obtenida en un proceso. Las cartas de color no tienen porque figurar siempre dentro de la escena, siempre y cuando las condiciones de la toma o escena no varíen.

3.4. Realizamos la toma.

O múltiples tomas orientadas a la producción de imágenes por mosaico o fotogrametría. En particular, dado que estas dos últimas técnicas requieren de un buen número de disparos, hay que prestar atención a que las condiciones de la toma no varíen para ello lo más adecuado es utilizar una fuente de iluminación controlada como el uso de flashes.

3.5. Procesado.

El procesamiento de nuestras imágenes, o comúnmente conocido como "revelado raw" es uno de los procesos más críticos del proceso, ya que tanto procesos como la corrección de lente, pero particularmente todo lo relativo a la gestión del color, suceden esencialmente en el procesado de las imágenes.

Figura 13. Vista de una nube de puntos densa donde además de la morfología del abrigo se puede apreciar con cierta precisión la información colorimétrica.

3.6. Control de calidad.

Y por último, es necesario realizar un control de la calidad de las imágenes producidas, a partir de las capturas de referencia, imágenes finales, derivados, etc (FAGDI 2010; Metamorfoze 2007). El control de la calidad se fundamenta en estimar, ya sea en términos de distancia entre colores a través de la métrica delta-e, realizar estudios en torno a la OECF, ruido, etc. se encuentra dentro de los umbrales de lo aceptable para el flujo de trabajo propuesto.

3.7. Creación de derivados.

Una vez asegurada la representatividad de nuestras imágenes respecto a la escena documentada, nos disponemos a generar los múltiples derivados: cambios de formato, *stitching* de mosaicos, fotogrametría, etc. Al mismo tiempo que una vez finalizados dichos derivados realizaremos un control de calidad específico para cada producto.

4. DISCUSIÓN.

La imagen digital puede ser presentada como una potente herramienta de documentación más allá del mero documento fotográfico, siempre y cuando sea producida dentro de un flujo de trabajo pertinente.

Desafortunadamente, la tradición y herencia de la fotografía físico-química tiene un importante peso aún en la comprensión y uso de la fotografía digital actual. Esta situación, no solo implica una importante infrautilización de las modernas herramientas y técnicas digitales, sino que también implica una considerable inconsistencia y mucha veces, falta de pertinencia de los trabajos de documentación gráfica del patrimonio.

Como hemos podido plantear a través de este trabajo, las principales dificultades a las que nos enfrentamos, no son solo técnicas, sino en gran medida conceptuales.

BIBLIOGRAFÍA

Bednarik, R.

1994 "Introducing the IFRAO standard scale", *Rock Art Research* 11, 74–75.

Domingo, I.; López-Montalvo, E.

2002 "Metodología: el proceso de obtención de calcos o reproducciones", Martínez, R., Villaverde, V. (Ed.): *La Cova dels Cavalls en el Barranc de la Valltorta*. Monografías del Instituto de Arte Rupestre 1, 75–81.

Erin, M.

2004 *A Review of Standards Defining Testing Procedures for Characterizing the Color and Spatial Quality of Digital Cameras Used to Image Cultural Heritage*. Technical report. Rochester Institute of Technology.

González, R.; Woods, R.E.

2002 *Digital image processing*. Prentice Hall Upper Saddle River.

Harman, J.

2005 *Using Decorrelation Stretch to Enhance Rock Art Images*. wttp://www.dstretch.com/AlgorithmDescription.html

Hartley, R.I.; Mundy, J.L.

1993 "Relationship between photogrammetry and computer vision", *Optical Engineering and Photonics in Aerospace Sensing: International Society for Optics and Photonics*, 92–105.

Federal Agencies Digitization Initiative

2010 *Technical Guidelines for Digitizing Cultural Heritage Materials: Creation of Raster Image Master Files*. Manuscrito inédito.

Jacobson, R.E.; Ray, S.F.

1978 *The manual of photography*. Focal Press London & Boston, London.

Jensen, J.R.

1996 *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. Prentice-Hall Inc.

MacDonald, L.W.

2006. *Digital heritage: applying digital imaging to cultural heritage*. Routledge, London.

Mark, R.; Billo, E.

1999. "A stitch in time: Digital panoramas and mosaics", *American Indian Rock Art* 25, 155–168.

2011 "GigaPan panoramas for rock art panel documentation: a practical guide", *Rock Art Research* 28(2), 1–3.

Martínez, E.Q.

2013 "Aplicación Dstretch del software Image-J. Avance de resultados en el Arte Rupestre de la Región de Murcia", *Cuadernos de Arte Rupestre* 5, 9–27.

Metamorfoze, B.; Bibliotheek, K.

2007 *Metamorfoze Preservation Imaging Guidelines*. Manuscrito inédito.

Ogleby, C.

1995 "Digital technology in the documentation and conservation of cultural monuments", *Proceedings of 17th ICA International Conference*, Barcelona, 1150–1155.

Osuna, R.; García, E.,

2005 *Fundamentos de fotografía digital*. Manuscrito inédito.

Rip, M.R.

1989 "Colour space transformations for the enhancement of rock art images by computer", *Rock art research* 6, 12–16.

1983 "Digital recording and image processing of rock art by computer", *The South African Archaeological Bulletin* 38 (138), 77–79.

Robledano, J.

2014 "Modelos de calidad en la digitalización de patrimonio fotográfico. *Del artefacto mágico al píxel*", *I Congreso Internacional de documentación fotográfica*, Facultad de Ciencias de la Documentación de la UCM, Madrid, 367–393.

Rogerio-Candelera, M.

2007 *Una propuesta no invasiva para la documentación integral del arte rupestre*. Trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados, Universidad de Sevilla.

2008 "Análisis de imagen de paneles rupestres: mucho más que la elaboración de calcos digitales", *Sautuola* 8, 423–436.

Ruiz, J.F.; Pereira, J.

2014 "The colours of rock art. Analysis of colour recording and communication systems in rock art research", *Journal of Archaeological Science* 50, 338–349.

Ruiz, J.F.; Sebastián, M.; Quesada, E.; Pereira, J. M.; Fernández-Ortiz de Vallejuelo, S.; Pitarch, A.; Maguregui, M.; Martínez-Arkarazo, I.; Giakoumaki, A.; Madariaga, J.M.; Lorente, J.C.; Dólera, A.

2016 *4D · arte rupestre*. Centro de Estudios de Prehistoria y Arte Rupestre. Dirección General de Bienes Culturales. Comunidad Autónoma de Murcia, Murcia.

Pereira Uzal, J.M.

2013 *Modelado 3D en patrimonio por técnicas de structure from motion*. Trabajo de fin de Grado.

2013 "Digitalización y documentación del patrimonio de la divulgación a la preservación: de la divulgación a la preservación. Una aproximación al control de calidad en la gestión del color", *Conservación de Arte Contemporáneo: 14a Jornada, Febrero 2013*, 55–64.

Pereira Uzal, J.M.; Robledano, J.

2013 "Uso de tecnologías 3D en la digitalización y difusión de documentos de alto valor patrimonial", *El profesional de la información* 22, 215–223.

Vicent Garcia, J.M.; Montero Ruíz, I.; Rodríguez Alcalde, Á.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* 53, 19–35.

Williams, D.; Burns, P.D.

2013 "Image Stitching: Exploring Practices, Software, and Performance", Archiving Conference. Society for Imaging Science and Technology, 126–131.