



El registro de las *quilcas* o arte rupestre

ROBERT BEDNARIK

Introducción

El propósito del registro de las *quilcas* o arte rupestre es crear una memoria visual de los aspectos de esta evidencia que se consideran "importantes", y una base de datos para su conservación y gestión. La principal dificultad al abordar el tema del registro es que, independientemente de lo pueda sustentar aquí, es probable que muchas cosas queden obsoletas dentro de muy poco tiempo. No cabe duda de que los extraordinarios avances que hemos presenciado en los últimos años en el manejo de datos electrónicos tendrán una enorme influencia en todos los aspectos de este tema. De hecho, parece casi evidente que gran parte del futuro del registro rupestre yace en el procesamiento digital de imágenes, un campo que se desarrolla con tanta rapidez que los programas informáticos del año pasado ya han sido superados este año. El campo tecnológico, impulsado por sus increíbles beneficios económicos, avanza gracias al entusiasmo corporativo.

No obstante, el registro del arte rupestre es un tema polifacético cuya diversidad es el resultado del desarrollo histórico, las diferencias en las prácticas regionales y las preferencias individuales. Casi todo este avance es anterior a la disponibilidad de equipos informáticos, y gran parte de él no se ha visto superado por las nuevas tecnologías. El uso, manipulación y almacenamiento de datos digitalizados no han hecho que estas técnicas queden obsoletas; por lo que deberíamos cuidarnos de no depender demasiado de un conjunto de métodos y dejar de lado otros enfoques valiosos y prometedores. Esto ha ocurrido en el pasado y sigue ocurriendo. Por ejemplo, haríamos bien en recordar que una de las prácticas de registro del arte rupestre más valiosas, la cartografía de la superficie de las rocas, ha sido utilizada de forma muy inadecuada en el pasado, y es probable que esta se vea aún más marginada por las "glamorous" aplicaciones informáticas, no siendo beneficiada por la nueva metodología. Al igual que en el caso de los problemas de conservación, sería muy imprudente poner "todos los huevos en la misma cesta". Hay demasiado en juego.

Otro factor importante es que no todos los que hacen registros del arte rupestre en el mundo tienen el mismo grado de acceso a equipos e instalaciones. Esto es en parte una cuestión de apoyo institucional, y también depende de la región del mundo en la que uno labora. Luego de haber trabajado en países donde el salario mensual de un académico está al nivel del costo de una película de diapositivas, soy muy consciente de las difíciles condiciones en las que trabajan muchos colegas. Del mismo modo, muchos investigadores que no cuentan con ningún tipo de soporte institucional y financian su propio trabajo, necesitan acceder a métodos de bajo costo. Afortunadamente, la calidad del registro no depende mucho de los recursos de cada uno, sino principalmente

de su competencia y dedicación. Por lo tanto, no es una excusa válida para un trabajo inadecuado señalar la falta de apoyo. Los principales ingredientes para un buen trabajo de registro son el tiempo, la habilidad y la determinación. No obstante, se necesitan conocimientos relevantes, sobre todo para decidir la estrategia que uno va a utilizar. Este texto pretende proporcionar una explicación básica de estas opciones, enumerando los principales enfoques al registro de las *quilcas* o el arte rupestre.

Métodos tradicionales de registro

Los primeros registros de arte rupestre son generalmente dibujos a mano alzada de calidad variable, y este método básico sigue en uso. El que registra dibuja lo que percibe en la superficie de la roca, y el resultado suele ser muy subjetivo. Existen muchos casos descritos en la literatura, de motivos sobre un panel que quedaron sin registrar, o motivos registrados con bastante inexactitud; a veces atribuyéndoles significados aparentemente falsos. Uno de los problemas característicos de los motivos rupestres es que, desde el punto de vista iconográfico, pueden ser bastante ambiguos. Por lo general, fueron realizados por artistas cuya percepción condicionada difería significativamente de la del investigador actual, y en el caso de los motivos orientados horizontalmente no hay una indicación objetiva del sentido en que la figura debe ser vista. Otro problema común de este sencillo método de registro es que muchas variables de un motivo, como el grosor de la línea o la profundidad del surco, que pueden ser importantes para la interpretación, no son consideradas, y que rasgos menores, atribuibles a la técnica más que a la intención (por ejemplo, muescas individuales pobremente dirigidas, o trazos descuidados en la pintura), tienden a recibir interpretaciones significativas ("joroba", "miembro roto", etc.); o incluso, rasgos que son intencionales se interpretan en términos de las convenciones artísticas que condicionan la percepción del que registra. En las reproducciones a mano alzada, los rasgos que el dibujante considera decisivos para interpretar el motivo son inevitablemente enfatizados, y los que el artista podría haber considerado cruciales pueden ser descuidados u omitidos. Por lo tanto, tales registros no son fiables, ya que siempre son *interpretaciones* de lo que hay en la roca, no *registros* de la misma.

Otra dificultad con la que hay que lidiar con los dibujos a mano alzada, es que las dimensiones se distorsionan, ya sean las de los motivos y sus partes, o los espacios entre los motivos. Esto se ha superado fácilmente por uno de los tres medios siguientes: el uso de una cuadrícula de cuerda y papel cuadriculado; el uso de hojas transparentes colocadas sobre los motivos, en las que éste se registra a tamaño real; o copiando a partir de registros fotográficos, normalmente de diapositivas proyectadas sobre papel. Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas e inconvenientes, y no es mi intención abogar aquí por uno u otro. Hay una serie de factores que determinan la elección preferida en el trabajo de campo, y en manos de un investigador concienzudo todos los métodos dan resultados valiosos. No obstante, el amplio uso de estos

* Capítulo V del libro *Rock Art Science, The Scientific Study of Palaeoart* (Aryan Books International, New Delhi, 2007), con el título: "The Recording of Rock Art". Traducido por Gori-Tumi Echevarría López y Karla Aparicio. Publicado con permiso del autor.



tres métodos básicos ha dado lugar a una serie de prácticas complementarias, algunas de las cuales requieren una mención especial aquí. Por ejemplo, en algunas partes del sur de Europa se ha adoptado ampliamente el uso de láminas transparentes para el registro de los petroglifos, pero se descubrió que los detalles de las figuras eran a menudo difíciles de detectar. El uso de pigmentos se introdujo para lograr un contraste más nítido entre las superficies percutidas y las depresiones incidentales y naturales (por ejemplo, las cicatrices de la intemperie). Los pigmentos se aplicaban directamente sobre los paneles de petroglifos, normalmente en forma de pintura blanca, a veces seguida de la aplicación de una sustancia negra. Esto es particularmente eficaz en las rocas pulidas por glaciares al sur de los Alpes, donde la preparación de hollín negro delinea fácilmente la superficie lisa del panel, y los detalles más finos de la abrasión y percusión los petroglifos destacan en marcado contraste, ofreciendo condiciones ideales de registro.

Sin embargo, el procedimiento también da lugar a paneles fuertemente desfigurados, y aunque los investigadores que recurren a este método subrayan que las pinturas que utilizan son "degradables" y "orgánicas", residuos de pintura permanecen en los paneles durante muchas décadas. El método ha sido adoptado en otras partes del mundo, y miles de metros cuadrados de petroglifos han sido contaminados de esta manera. Tanto la témpera blanca (normalmente a base de caseína, harina y preparados similares) como el hollín negro introducen una significativa contaminación orgánica en la estructura geoquímica de las micro subsuperficies (zona de meteorización, acreciones y el fenómeno definido colectivamente como pátina), que es uno de los aspectos analíticos más importantes de cualquier panel rupestre. Esta contaminación, por ejemplo, perjudica diversos métodos de datación científica, como el análisis de isótopos de carbono. Obviamente, las superficies así tratadas no son aptas ahora para diversas formas de trabajo científico. Además, algunos de estos tratamientos pueden generar futuros problemas de conservación, ya que se afirma que las superficies así tratadas son ahora "más resistentes a la intemperie". Esto es ominoso, porque si realmente hay algún cambio en la química del subsuelo o en la estructura de la roca es casi inevitable que esto lleve a la exfoliación cutánea a largo plazo.

Este es sólo uno de los varios ejemplos de métodos de registros egoístas y miopes que se desarrollaron a lo largo del siglo pasado, en los que las prioridades y las conveniencias de los investigadores de arte rupestre tuvieron prioridad sobre la integridad física de la evidencia y las prioridades de los científicos.

Los investigadores o entendidos han utilizado una serie de líquidos que, aplicados al arte rupestre (especialmente a las pinturas), mejoran considerablemente el contraste de los colores y facilitan así la producción de mejores registros fotográficos. Al rociar la roca con un líquido transparente, se anula el efecto óptico de la superficie difusa y meteorizada, o del precipitado poroso al rellenar temporalmente los poros. El líquido más utilizado para este tipo de realce es el agua, ya sea simple o destilada. La idea de que es aceptable rociar agua destilada sobre las pinturas parece haberse originado en la India, y es atribuible a un malentendido. En 1981, en una conferencia en Bhopal, el profesor Emmanuel Anati explicó el uso de cataplasmas para eliminar los depósitos de sal de las pinturas rupestres. Asumiendo, al parecer, que se

utilizaba agua destilada porque no tendría ningún efecto sobre la roca, muchos estudiosos pensaron que no había inconveniente en utilizarla regularmente para resaltar mejorar las fotografías. Las pinturas rupestres de la India se encuentran principalmente en roca arenisca, que contiene una variedad de sales solubles en agua, y no hay mucha diferencia en que el agua que se aplique regularmente a la roca sea destilada o no. Las sales se movilizan y al evaporarse el solvente, éstas se precipitan sobre la superficie, cubriendo las pinturas con una costra opaca y blanquecina que solo empuja a una más vigorosa aplicación de agua.

El método no se limita ciertamente a la India, ha causado mucho daño, por ejemplo, a las pinturas del Sahara. Tampoco es el agua el único líquido que se utiliza con este fin, tengo conocimiento que otros tres líquidos han sido aplicados para mejorar las pinturas rupestres: aceite de motor (en Sudáfrica), laca transparente, y aparentemente kerosene. El último es de especial interés aquí. El equipo del profesor Marvin Rowe consiguió una fecha de radiocarbono por AMS de una pintura rupestre americana que parecía excesivamente alta: $32\,900 \pm 900$ años AP! Se obtuvo a partir de un pigmento adherido a un bloque de arenisca que se había desprendido de un panel del sitio tipo del "estilo Barrier Canyon" en Utah, que se cree que es del Holoceno tardío. Al examinar detalladamente el bloque de arenisca, se descubrió que había sido contaminado por un derivado de hidrocarburo, probablemente kerosene. La implicación es que este líquido había sido aplicado en el pasado por alguien que quería mejorar el contraste fotográfico (Chaffee et al. 1993: 71).

Otra sustancia de realce muy utilizada en el registro del arte rupestre es la tiza (Bock 1981; Leen 1981; Bednarik 1987a, 1990a; Francis et al. 1993; Loendorf 2001). Su uso para resaltar los petroglifos, e incluso las pinturas rupestres, se ha documentado literalmente en miles de fotografías publicadas. Este método perjudica a casi todos los métodos de datación directa utilizados actualmente. La tiza está formada en gran parte por carbonato de calcio. El calcio distorsiona la proporción de cationes del barniz de la roca donde este se presenta, y su carbono es esencialmente radiocarbono muerto: aunque procede de restos orgánicos mineralizados, éstos suelen tener millones de años de antigüedad. Sin embargo, si ha sido disuelto y reprecipitado, su contenido en radiocarbono se convierte en la expresión de una relación compleja (Bednarik 1984a). La datación radiocarbónica de oxalato (Watchman 1990) o de láminas de carbonato reprecipitado (Bednarik 1985) también puede resultar ineficaz por la aplicación de tiza, e incluso puede afectar al análisis por microerosión (Bednarik 1992) de las áreas tratadas, debido al altísimo pH de abrasión de la tiza. Francis et al. (1993) han demostrado que el 13,5% de las 180 muestras que recogieron en lugares de Wyoming estaban fuertemente contaminadas por calcio, especialmente en los dos lugares registrados con más frecuencia, aunque la tiza ya no era visible en el momento del muestreo.

Además de la tiza, se han utilizado muchas otras sustancias para enfatizar las quillas o el arte rupestre. He reportado tinte (en Siberia), lápiz de labios (EE.UU.), lápiz (Europa central), rotulador (Australia) y pintura (Escandinavia), por citar algunos ejemplos. El uso de láminas sensibles a la presión no sólo decolora la roca, sino que daña y contamina las superficies. En algunos países escandinavos el uso de pinturas para rellenar paneles



enteros de petroglifos no sólo está muy extendido, sino que todavía es defendido por algunos de los encargados de gestionar este valioso patrimonio. Mientras que en otras partes del mundo los conservadores de arte rupestre están dispuestos a considerar métodos perjudiciales para eliminar dichas pinturas (Bahn et al. 1995), en Escandinavia hay programas de investigación dedicados a determinar qué tipos de pintura utilizados para que este vandalismo sobrevivan más tiempo (Löfvendahl y Magnusson 2000).

El daño potencial de las técnicas de registro puede no ser siempre evidente para los investigadores. Mientras que el efecto mecánicamente dañino del frotamiento de los petroglifos es obvio, se ha observado que el frotamiento de los petroglifos puede cambiar la química de la superficie de la roca o la pátina (Dorn 1990). Loendorf (1989) informa de que las fechas de radiocarbono pueden verse afectadas por este método, después de tomar muestras antes y después del frotamiento. Genge (1990) ha observado que las láminas transparentes utilizadas para calcar suelen ser susceptibles de sufrir fenómenos electrostáticos. Si se energizan con el movimiento de rotuladores, lápices o incluso simplemente con los dedos, la lámina atrae las escamas de pintura mal adheridas y aflojadas por la acción del instrumento utilizado para su registro. Por último, los registros de arte rupestre se han obtenido a menudo por moldes, utilizando diversos materiales (látex, yeso de París, *papel maché*, resina termoplástica, etc.) que, de nuevo, o bien contaminan el sustrato, o bien se aplican sin ningún intento de comprender sus posibles efectos. A no ser que los petroglifos sometidos a este tratamiento vayan a ser claramente destruidos a corto plazo, no se justifica el uso de estos métodos intrusivos en esta época, cuando es posible realizar facsímiles completos (véase más adelante) utilizando métodos sin contacto basados en la tecnología digital (Bednarik 1990b). El único método de este tipo que puede tolerarse razonablemente en algunos casos, es el uso de papel de aluminio presionado suavemente en los petroglifos, y respaldado primero por más papel de aluminio, y luego por papel o tela para darle estabilidad (Clegg 1978). Otras prácticas de fabricación de moldes y frotado de los petroglifos han sido ampliamente erradicadas, especialmente como resultado de las políticas de conservación fomentadas por el IFRAO durante la década de 1990.

Todas estas formas de interferencia o bien dañan el arte rupestre, o bien perjudican los métodos analíticos de estudio que se utilizan actualmente o que pueden desarrollarse en siglos futuros. Una simple regla se aplica a todos los trabajos de registro: si perjudica a cualquier método potencial futuro, sería irresponsable utilizarlo. Nadie puede predecir qué tipo de métodos analíticos pueden ser introducidos por las futuras generaciones de investigadores, por lo que no está justificado el contacto con el arte rupestre. La disponibilidad de una variedad de métodos de registro sin contacto (véase más adelante) hace que el uso continuado de métodos de enfatizado físico en el registro, o el comprometer deliberadamente su potencial analítico, esté totalmente injustificado. Durante las últimas décadas, IFRAO ha llevado a cabo una campaña sistemática para erradicar estas prácticas, que ha tenido mucho éxito en todo el mundo, y ahora se acepta universalmente que el uso de cualquier forma de mejora física es inadecuado en el registro del arte rupestre.

En vista de lo anterior, es obvio que, de los métodos

tradicionales empleados, el uso de películas transparentes es apropiado especialmente para petroglifos sobre roca estable, así como el uso de cuadrículas de cuerda o dispositivos similares. El registro fotográfico no implica ningún contacto y, siempre que se realice sin ningún tipo de resaltado físico, sigue siendo el medio preferido en la mayoría de las circunstancias. Esto se hace especialmente evidente cuando se considera la normalización y la manipulación del color.

Al considerar los métodos tradicionales de investigación del arte rupestre es conveniente hacer algunos comentarios sobre los formularios de registro. Durante mucho tiempo ha sido un pasatiempo popular de los administradores en la industria de la gestión del patrimonio cultural el diseño de tales formularios para los sitios de arte rupestre, y a lo largo de las décadas he tenido la oportunidad de examinar muchas docenas de ellos, de una gran cantidad de países. Prácticamente todos ellos no cumplen los requerimientos de apropiados estándares de registro para el arte rupestre. Muchas están basadas en fichas de sitios, por lo general sitios arqueológicos, y por tanto su utilidad es limitada. Proporcionan buenos detalles administrativos (estado de la propiedad, ubicación, acceso), detalles arqueológicos razonables y usualmente ningún detalle del tipo que busca el científico del arte rupestre. Los mejores que se pueden encontrar proporcionan información superficial sobre la roca y el tipo de sedimento, la vegetación predominante y el tipo de agua potable más cercana; y ofrecen detalles útiles requeridos por el conservador. Los formularios de registro estándar, específicamente para la exploración del arte rupestre, son algo más útiles, pero suelen adolecer de enfocarse demasiado en el arte y su morfología, o de requerir información engañosa o subjetiva (por ejemplo, datos concernientes al "estilo").

El arte rupestre, no obstante, no es un "recurso" particularmente apto para una adecuada caracterización en base a un formulario estándar. Con la excepción de los datos más básicos, la mayor parte de lo que trata el estudio del arte rupestre no es adecuado a un "enfoque de encasillamiento". Cada sitio tiene un número infinito de variables, cuya combinación es única para cada uno. Algunas de estas variables, como el ambiente, son imposibles de cuantificar, y las que tienen la más grande significancia para las necesidades de la ciencia rupestre escapan casi siempre a la atención del enfoque de las fichas de sitio. Por lo tanto, si bien estos sistemas tienen sus conveniencias, su potencial para ayudar al investigador serio suele ser limitado, y ciertamente no son una fuente fiable de datos estadísticos de ningún tipo. Esto apunta a un problema principal con los formularios, y es que invitan al mal uso estadístico de datos selectivos, poco fiables y siempre profundamente incompletos.

Registro analítico y estadístico

A menudo, el objetivo del registro de las quilcas o arte rupestre es preparar los datos necesarios para describir cuantitativamente un corpus, y el producto final de este procedimiento es inevitablemente el uso de los resultados en una variedad de análisis estadísticos. Los arqueólogos en particular tienden a favorecer este enfoque, razonando que, si un corpus rupestre en una localidad va a ser estudiado arqueológicamente, debe ser tratado como cualquier otra forma de artefacto. En esencia, esto significa que cada motivo del yacimiento debe asignarse



a una categoría de motivos, pero las categorías objetivas de motivos son esquivas. Como en toda la arqueología del Pleistoceno, que se basa por completo en construcciones teóricas de tipos de artefactos, este es un proceso no comprobable, y, por tanto, no científico.

Si bien esto limita la utilidad del ejercicio y tiende a generar información e hipótesis irrelevantes, el defecto más significativo de la idea de que las estadísticas son una manera de introducir métodos "analíticos" y empíricos en el registro del arte rupestre yace en su lógica. La primera parte de la proposición en la que se basa es válida: un ensamblaje de arte rupestre, como el que se encuentra en un yacimiento específico, puede describirse indicando, por así decirlo, cuántas cruces y círculos hay presentes en este corpus. La equivocación se produce cuando tomamos este hallazgo y lo interpretamos en términos arqueológicos. Esto implica varios errores lógicos. En primer lugar, con el arte rupestre siempre es seguro asumir que no todos los motivos han sobrevivido, o han sobrevivido en variables adecuadas para hacer posible su detección e identificación. Por lo tanto, lo que vemos hoy en las rocas no es representativo de "una tradición artística"; es el producto de procesos tafonómicos muy complejos tanto como de dinámicas culturales (Bednarik 1994a). En segundo lugar, es un error fundamental de lógica, incluso en un sentido puramente arqueológico, aceptar que el corpus de un sitio representa "una cultura". Apenas hay yacimientos de arte rupestre de un tamaño razonable que no incluyan en su inventario componentes cronológicamente diversos, por lo que el conjunto acumulado representa diferentes épocas y culturas. Es la antítesis completa de todo lo que representa la arqueología combinar los componentes culturalmente diversos de un sitio, simplemente porque estos ocurren en una locación singular, y tratarlos como si definieran una cultura, o una tradición. Sin embargo, esto es precisamente lo que supone el inventario estadístico de un yacimiento artístico. Su lógica es idéntica a la de excavar las capas paleolíticas, mesolíticas y neolíticas de un yacimiento, y luego combinar todas las herramientas de piedra de todas las capas para "analizarlas" juntas, como el ensamblaje de una cultura singular. Hasta que los científicos no hayan separado los componentes del corpus, los arqueólogos deben abstenerse de inventar mitologías sobre lo que la "evidencia" nos dice, cómo se conecta un yacimiento con otro, las diferencias, y lo que el arte rupestre implica o no, en términos de movimiento de personas o densidades de población.

A continuación, necesitamos considerar las definiciones de los tipos de motivos. Desafortunadamente, la mayoría del corpus de los sitios no se pueden dividir limpiamente en cruces y círculos. Las demarcaciones entre muchos tipos de motivos son arbitrarias, y ciertamente no hay razón para suponer que los tipos de motivos inventados por los arqueólogos sean compartidos por los productores de las quillas o el arte rupestre. Los arqueólogos no son capaces de separar los motivos del yacimiento en grupos cronológicos, y mucho menos pueden identificar clases de motivos válidos, de la forma en que éstos habrían sido experimentados por los creadores del arte rupestre. La idea de los investigadores de que, de alguna manera, pueden ponerse en el lugar del artista, ver el arte con sus ojos, es innegablemente un autoengaño (Mithen 1998: 181). Y también lo es la creencia de que pueden crear una taxonomía objetiva, o de que la taxonomía que han creado tiene algún sentido o significado práctico; en ausencia de

cualquier información científica sobre el arte rupestre.

Para ilustrar este punto con un ejemplo, seleccioné un tipo de motivo que llamo CLM (motivo de líneas convergentes). Consiste en un grupo de dos a cinco líneas, agrupadas en un extremo. La forma más común está compuesta por tres líneas, de modo que se asemeja a la pisada de un pájaro. Se le han dado muchos nombres diferentes en todo el mundo (huella de pavo, huella de emú, vulva, punta de flecha, aleta de pez, huella de ñandú, tridente), todos ellos basados en proposiciones no comprobables. Pero en 1993 anuncié, a modo de experimento, que había encontrado numerosos glifos con forma de tridente en el sureste de Australia y que conocía su significado exacto. Ofrecí un premio a cualquier investigador que pudiera decirme cuál era el significado de los conjuntos de CLM, ilustrando dos de estos conjuntos. Ningún investigador del mundo pudo adivinar la respuesta correcta, por lo que las "identificaciones" de todos los autoproclamados expertos en este tema necesitan ser rechazadas. (Los glifos que describí eran dendrogifos, tallados por el planeador de vientre amarillo, *Petaurus australis*, con sus dientes; eran idénticos a los motivos de las cuevas cercanas en todos los aspectos morfológicos; Bednarik 1993, 1994b).

Si no sabemos qué representa una clase de motivo, si no conocemos los parámetros morfológicos de una clase de motivo, cualquier taxonomía que ideemos es, en el mejor de los casos, tentativa; no tiene ninguna función objetiva o analítica, es simplemente una herramienta para describir subjetivamente. Cualquier tratamiento estadístico de estos datos sólo reflejará la subjetividad de la información en la que necesariamente se basa.

Por último, quizá el problema menos comprendido de los análisis cuantitativos del arte rupestre es el papel de la *lógica tafonómica* en el tratamiento de los datos obtenidos. Muchas de las variables del arte rupestre (por ejemplo, la profundidad del surco, patinación, meteorización, composición de la pintura, tipo de pigmento, tipo de roca, ubicación, orientación, morfología del sitio) son muy susceptibles de selección tafonómica, por lo que los datos estadísticos que no han sido sometidos a un tratamiento sofisticado por la lógica tafonómica son casi siempre engañosos. Esta es la más importante de todas las objeciones a las taxonomías y registros subjetivos, y es la menos apreciada.

En resumen, las descripciones cuantitativas y estadísticas de los corpus de arte rupestre son muy útiles de forma limitada, pero la tendencia a utilizarlas como base de análisis que, de algún modo, conjuran misteriosamente las interpretaciones de muchas formas, debe ser rechazada. Sin haber dividido el corpus en entidades cronológicas, sin poder definir los tipos de motivos de forma fiable y sin poder dar cuenta de la tafonomía de manera efectiva, tales interpretaciones carecerán de valor inevitablemente.

Estándares de registro

Giriraj Kumar, el dinámico fundador de la Sociedad de Arte Rupestre de la India, ha sugerido la introducción en el registro del arte rupestre de un sistema de clasificación de calidad estandarizado. Esta valiosa sugerencia supone sin duda una gran mejora, ya que hasta ahora la precisión y la fiabilidad de un registro se juzgaban en gran medida por criterios subjetivos. Todavía hace gran diferencia que un registro se haya realizado con meticuloso cuidado,

o que sea un mero esbozo de lo que un observador quizás inexperto pensó que había en la superficie de la roca. Existen sistemas similares en otros campos. Por ejemplo, en la producción de planos de cuevas para espeleocartografía, por lo general, se aplican grados estándares para dejar claro qué precisión se puede esperar de detalles como la dirección, el tamaño y la forma de los pasajes de las cuevas. Si no se indica esto en un mapa de cuevas, sería difícil saber la fiabilidad del documento.

Lo mismo ocurre con los registros de *quilcas* o arte rupestre, los interpretadores de esta documentación aún suelen basar sus hipótesis en los detalles más minúsculos de lo que puede ser un parecido bastante impreciso. Los usuarios de estos reconocimientos se beneficiarían enormemente de un sistema de clasificación fiable que les indicará el nivel de precisión que pueden esperar de un registro. No ha habido un intento por introducir un sistema estándar de este tipo en el arte rupestre. Se recomienda que se adopte el siguiente sistema de clasificación para futuros registros, empezando por el grado más bajo de precisión:

Grado 1: un dibujo a mano alzada de un panel, lo suficiente para indicar de manera aproximada qué figuras hay y cómo están ubicadas en la superficie. Las dimensiones, las distancias entre los motivos y la apariencia de los mismos no son fiables.

Grado 2: un dibujo a mano alzada en el que se han medido y transpuesto a escala varias dimensiones. Es fiable en cuanto a la disposición general de los motivos, pero no en cuanto a los detalles.

Grado 3: un dibujo a escala en el que se ha utilizado una cuadrícula de registro grueso que se ha colocado sobre el panel, con detalles documentados a escala en papel milimetrado o similar; o un dibujo realizado proyectando una diapositiva sobre papel y copiando el diseño a mano.

Grado 4: un dibujo a escala realizado con una cuadrícula fina (cuadrados no mayores de 5×5 cm), registrando cada detalle de los motivos con precisión en modo bidimensional.

Grado 5: un registro de precisión realizada por un especialista en hojas transparentes colocadas sobre el panel, que incluye el sombreado de colores de las pinturas o los detalles más finos de las marcas detectables a simple vista.

Grado 6: un registro de precisión topográfica tridimensional de los petroglifos, a partir de la cual se puede determinar la forma de las secciones de las acanaladuras.

Grado 7: un mapa microtopográfico o lasermicroscópico de los motivos, que muestra detalles mucho más allá del umbral de la visión no asistida. Similar al trabajo de F. d'Errico sobre material portable.

Grado 8: un registro similar a la del grado 7, pero de mayor precisión y totalmente generada y leída por computadora. Todavía no se ha realizado ningún trabajo de este tipo en el registro de arte rupestre, pero sería posible de lograr con la tecnología actual.

Grados 9 y 10 se reservan para una mayor precisión, aún inalcanzable, que sin duda estará disponible en los siglos venideros.

Está claro que la mayoría de las técnicas de registro de arte rupestre que se utilizan actualmente son de grado 2 o 3, las de grado 4 son mucho menos comunes y se limitan

sobre todo a los yacimientos rupestres del Paleolítico Superior. El grado 5 podría aplicarse a algunos de los mejores trabajos de Harald Pager, pero no se ha utilizado ampliamente; mientras que los grados 6 y 7 sólo se han alcanzado en trabajos experimentales. Este sistema puede complementarse con una serie de técnicas adicionales, como la cartografía por fotogrametría de superficie o el trabajo digital en 3D, que añadirían detalles distintos a los obtenidos sobre los motivos. Esta información es de gran valor para los científicos, pero hasta ahora se ha hecho un uso muy limitado de ella.

Geología y registro de *quilcas* o arte rupestre

Cartografía geomórfica

Este método de registro fue introducido por François Soleilhavoup (1985) y aunque él lo ha utilizado ampliamente, muy pocos científicos del arte rupestre lo han adoptado (Delluc et al. 1986; Soleilhavoup 1986, 1994). Independientemente de Soleilhavoup (Fig. 1), y aparentemente sin conocer su sistema, los investigadores colombianos dirigidos por Guillermo Muñoz han desarrollado un sistema cartográfico similar de registro. La principal diferencia entre ambos es que el sistema colombiano (de GIPRI, Grupo de Investigación de Arte Rupestre Indígena) incluye el uso del color, lo que permite una gama de símbolos mucho mayor que el sistema monocromo francés. Algunas similitudes en los resultados de estas dos independientes iniciativas parecen implicar que la elección de los símbolos a utilizar para los distintos fenómenos de la superficie rocosa puede ser bastante evidente por sí misma. Sin embargo, el sistema colombiano es mucho más sofisticado y permite representar detalles como las diferencias en las especies de líquenes u hongos presentes en un panel.

El principio de la cartografía microgeomórfica de los paneles de arte rupestre es sencillo: mientras que los registros tradicionales se limitan casi universalmente a



Figura 1. Ejemplo de cartografía geomórfica de François Soleilhavoup.



los motivos percibidos, Soleilhavoup y Muñoz incluyen también información sobre otros rasgos del panel de roca, como las zonas de exfoliación, la presencia de líquenes, marcas tafonómicas, patinación, acreciones minerales y eflorescencias salinas. Los beneficios de esta cartografía no se limitan a los del científico, que probablemente se referirá a esta información microtopográfica por diversas razones analíticas; también son de gran importancia para las cuestiones de conservación. De hecho, en este último ámbito parece evidente que esta forma de registro es esencial. El olvido de una herramienta tan importante para la investigación rupestre es sintomático de un campo dominado por preocupaciones humanistas, no científicas; tales como el qué es lo que se representa y por qué. Esto forma parte del patrón general que ha conducido a la escasez de información empírica sobre el arte rupestre y a la abundancia de afirmaciones sin sentido sobre su significado.

Sería muy útil diseñar un sistema estandarizado e internacionalmente aceptado de símbolos cartográficos para el registro rupestre. Esto implicaría el uso de marcas y patrones que denoten fisuras, tipos de superficie (cicatriz de desprendimiento por insolación, área exfoliada, depósito superficial u otra característica de área), marcas como estrías glaciares, así como la ubicación del arte rupestre en relación con estas características. Dado que hasta ahora se ha realizado tan poco trabajo de este tipo, debería ser posible introducir tal sistema sin oposición, e IFRAO está mejor posicionado para tomar las iniciativas necesarias de consulta, diseño e implementación.

Muchos de los yacimientos de arte rupestre del mundo se encuentran en lugares remotos, y para el científico la falta casi universal de información cartográfica de la superficie de las rocas en los registros puede ser de lo más frustrante: puede significar tener que emprender una expedición extenuante, larga y costosa a un yacimiento remoto simplemente para averiguar si hay acreciones o estrías glaciares en un motivo; datos que los anteriores investigadores del yacimiento podrían haber entregado fácilmente y que, a efectos prácticos, es mucho más útil que los tipos de información que se proporcionan tradicionalmente. Es obvio que las preocupaciones no científicas de los que registran el arte rupestre a menudo conducen a una duplicación inútil de los esfuerzos logísticos de investigación, ya que muchos de los que hacen el registro no están preparados para apreciar qué tipo de datos se necesitan. Tal vez uno de los puntos más importantes a plantear en el registro, es que una comprensión rudimentaria de los fenómenos microgeomórficos que generalmente aparecen en el arte rupestre es esencial. Es ciertamente más importante que una apreciación del contexto arqueológico percibido, que a menudo es muy tenue o inexistente. Aunque no es una prioridad de este escrito equipar al investigador con los conocimientos pertinentes que proporcionan las disciplinas de apoyo más importantes, es necesario presentar aquí alguna información básica. La esencia misma del trabajo de registro no es sólo documentar fielmente los detalles del arte rupestre, sino también definir su relación cronológica con cada rasgo discernible con el que se relaciona físicamente, ya sea directa o indirectamente. Esto implica la secuenciación de todos los fenómenos cercanos al arte, especialmente las cicatrices de desprendimiento y sus respectivas alteraciones superficiales. Por lo tanto, es necesario hacer algunos comentarios introductorios sobre estos rasgos.

Las rocas y su meteorización

Todos los tipos de roca están sujetos a meteorización en condiciones naturales, pero la velocidad a la que se produce difiere mucho entre ellos, siendo determinada por el entorno de meteorización. El principal proceso de meteorización de las rocas es la lixiviación por el agua, suministrada en gran parte por la lluvia. El agua que se encuentra en las rocas puede ser gravitacional, capilar, higroscópica o mantenerse en combinación química. Aparte del oxígeno, los dos elementos químicos más abundantes en la litosfera son el silicio y el aluminio, y los minerales más abundantes, a excepción del cuarzo, son aluminosilicatos de diversos tipos. Por lo tanto, la meteorización química está relacionada principalmente con la química de los aluminosilicatos, y los principales productos de la meteorización de las rocas son los minerales que se descomponen en arcillas. Otros procesos que intervienen en la meteorización de las rocas son esencialmente la disolución, la hidratación, la hidrólisis, el intercambio de iones, la quelación, la oxidación y la reducción. Los efectos morfológicos que son importantes para el investigador del arte rupestre son principalmente el retroceso de la superficie, la saprolitización (la fase inicial de descomposición de la roca) y el desarrollo de cortezas de meteorización.

Entre los minerales comunes que forman las rocas, la susceptibilidad a la meteorización disminuye aproximadamente en el siguiente orden: calcita, dolomita, anortita, olivino, augita, piritita, magnetita, hornblenda, biotita, ilmenita, albita, plagioclasa, ortoclasa, microclina, epidota, moscovita, cuarzo. Las velocidades de disolución varían enormemente en condiciones de laboratorio, desde 1 mm/31 días para la calcita (Chou et al. 1989) hasta 1 mm/34 millones de años para el cuarzo cristalino (Rimstidt y Barnes 1980).

En un sentido más práctico, la secuencia se expresa mejor por la tasa de retroceso de la superficie, tal y como se determina de la mampostería monumental con edades conocidas. Este retroceso varía mucho según la composición de la roca y los climas locales, pero el investigador debe estar familiarizado con los rangos determinados empíricamente para los tipos de roca comunes, al menos como una guía aproximada. Estos son, en milímetros por cada mil años, bajo las "condiciones climáticas de Europa central":

Arenisca	5 - 50
Caliza	2 - 20
Esquisto	1 - 10
Mármol	0,4 - 5
Dolomita	0,3 - 2,5
Serpentina	0,25 - 2,5
Diabasa, pórfido	0,2 - 2
Gabro	0,1 - 1,5
Diorita	0,1 - 1
Cuarcita	0,1 - 0,5
Granito	0,05 - 0,2

La limitación de la arqueología para comprender algo tan básico acerca de la interface entre la litosfera y la atmósfera ha dado lugar a ideas erróneas espectaculares. Por ejemplo, es poco realista esperar encontrar petroglifos del Pleistoceno en un panel de esquisto que siempre estuvo totalmente expuesto a precipitación, porque, de acuerdo a la tasa de retroceso de la superficie (para el

esquisto de 1 a 10 cm desde el final del Pleistoceno), es muy poco probable que cualquier marca cultural haya podido sobrevivir en estas condiciones. Naturalmente, la conservación sería significativamente mejor en un clima árido o Ártico, donde los cuatro últimos tipos de roca mencionados no mostrarían casi ningún deterioro de la superficie durante diez milenios. De hecho, los petroglifos en superficies de granito en el norte de Carelia se conservan muy bien después de 4.000 años (Bednarik 1992), mientras que las inscripciones históricas fechadas en esquisto en el valle del Côa de Portugal son apenas descifrables después de algunos siglos (Bednarik 1995a). En el árido Pilbara del noroeste de Australia, los petroglifos han sobrevivido durante muchos milenios en el gabro, y durante varias decenas de miles de años en el granito (Bednarik 2002). Este tipo de observaciones ayudan en gran medida al investigador a obtener una comprensión inicial de la antigüedad potencial de los petroglifos. Por lo tanto, es absolutamente esencial que los registros de arte rupestre identifiquen el tipo de roca en el que se produce el arte, y los investigadores deben poseer algunos conocimientos básicos sobre las tasas de meteorización de los minerales comunes. Esta información es mucho más importante que cualquier contexto arqueológico percibido en la mayoría de los casos.

El segundo tipo de producto de la meteorización, el saprolito, es de menor interés para la ciencia del arte rupestre. El deterioro de la roca comienza con la formación de una zona cariada alrededor de los granos individuales donde se produce la reacción con el agua, la cual conduce progresivamente a su descomposición en material detrítico. Los feldespatos generalmente se transforman en mica o montmorillonita, luego en caolinita y finalmente en gibbsita. El cuarzo, si está presente, permanece en gran medida sin alterar, mientras que en los minerales ferromagnesianos la alteración comienza por la oxidación de Fe^{+2} a Fe^{+3} , seguida de la remoción de cationes del piroxeno y del anfíbol. Las micas de moscovita adsorben hidrógeno y otros iones, convirtiéndose en minerales tipo illita, y las micas de biotita, menos estables, tienden a formar minerales tipo clorita. Resulta especialmente interesante la saprolitización de la arenisca, ya que la sílice amorfa se lixivia (es cerca de veinte veces más soluble que el cuarzo) y el material detrítico se desintegra en arena de cuarzo. Esto es importante para apreciar las dificultades de aplicar la datación por termoluminiscencia a los sedimentos resultantes.

De especial relevancia para la ciencia del arte rupestre es la formación de cortezas de meteorización, que en muchas rocas son zonas de alteración bastante pronunciadas cuyo grosor es claramente una función del tiempo de exposición. Si se pudiera calibrar el proceso, sería probable que se obtuvieran estimaciones aproximadas de las edades de exposición geomórfica. Černohouz y Solč (1966) lo intentaron con basaltos, afirmando obtener una fiabilidad de entre el 10% y el 20%, pero no ha habido ningún intento adecuado de proseguir con esta posibilidad (Colman y Pierce 1981). Una de las principales dificultades es que la necesidad de un muestreo destructivo parece excluir tales métodos en el caso del arte rupestre. Este es un área prometedora para la investigación futura.

Otro método de análisis potencial que debe ser apreciado por el investigador se refiere al astillado de las rocas que contienen arte rupestre, ya sea por *Kernsprung*, insolación, impacto cinético, caída de rayos, o a través

de incendios de matorrales o bosques. Un gran número de petroglifos se encuentran en bloques de diversos tipos de roca que están siendo sometidas a una reducción gradual por astillado. Los distintos tipos de fractura pueden reconocerse fácilmente. Los rayos suelen caer en el punto más alto de un objetivo, y la zona de impacto suele estar decolorada (por ejemplo, verdosa o azulada en rocas ricas en hierro, atribuible a las temperaturas extremas; com. pers. R. Connick 1988) o esmaltada donde se produjo una vitrificación superficial. Además, las fracturas se asemejan a las de impacto, mostrando a menudo un bulbo de percusión o presentando líneas de tensión radiales. El astillado causado por el fuego de matorrales es muy común en algunas regiones y da lugar a finas escamas de hasta 30 cm de diámetro, cuyo grosor alcanza un par de centímetros, pero siempre se estrecha hacia los bordes afilados. El desprendimiento por insolación o fuego esencialmente reducen una roca a una forma subesférica, por la remoción gradual de las protuberancias y los bordes agudos, dejando tras de sí cicatrices siempre convexas (Fig. 2).

La reducción progresiva de un canto rodado a través de la fractura, por cualquier proceso de desprendimiento, da lugar a muchas cicatrices, a menudo truncadas por otras. La secuencia cronológica de los desprendimientos puede reconstruirse, como se representa esquemáticamente en la Figura 3. Dado que el análisis de la secuencia de desprendimiento está al alcance de un investigador debidamente informado, es razonable esperar que el registro del arte rupestre en dichas rocas incluya detalles del análisis de dichas secuencias. En otras palabras, es necesario identificar cada cicatriz de desprendimiento relevante y su posición cronológica en relación con todos los demás tipos de fenómenos superficiales, incluidas



Figura 2. Cicatrices de desprendimiento por fuego en una roca con petroglifos profundamente patinado, región de Pilbara, Australia.

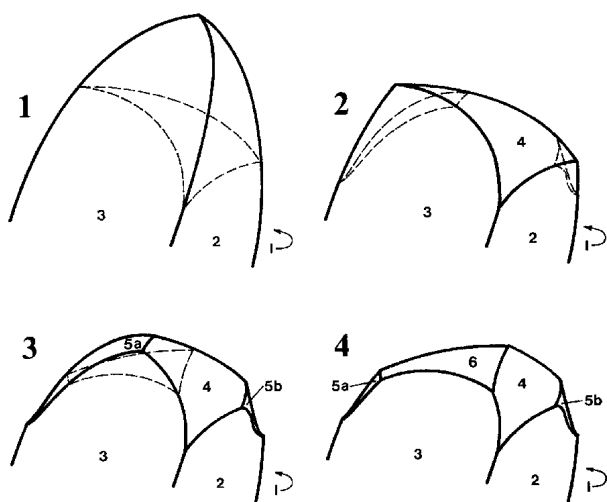


Figura 3. Representación esquemática de la secuencia cronológica de los eventos de desprendimiento de un canto rodado

las marcas antrópicas intencionales (es decir, el arte rupestre). La datación directa de los petroglifos se soporta mejor en la secuencia de trazas de modificaciones de superficie, y en la ubicación de los motivos dentro de estas secuencias de eventos, cuyos resultados pueden proporcionar información numérica sobre la edad directamente relacionada al arte.

Patinación y petroglifos

La palabra pátina, en la ciencia del arte rupestre, define una característica superficial visualmente evidente que difiere de la roca inalterada en cuanto a color o composición química. Es un término colectivo, casi coloquial, que designa un gran número de fenómenos, pero todos ellos se adquieren gradualmente con el tiempo. De ahí que sean un indicio de antigüedad, como han apreciado los investigadores durante siglos. Sin embargo, su uso en la estimación de la edad ha seguido siendo hasta ahora difícil y controvertido, al menos en parte debido a malentendidos. Por ejemplo, existe una polémica muy conocida sobre la repatinación de los petroglifos: si un surco ha sido hecho en corteza meteorizada bajo una acreción ferromagnesiana, ¿su repatinación se producirá a un ritmo acelerado en relación con la roca inalterada?

Estos enigmas arqueológicos indican la necesidad de una comprensión rudimentaria de los procesos implicados en la pátina. A menos que se identifique el tipo de alteración de la superficie, estas controversias son inútiles: si el principal componente de la pátina fuera el barniz de roca, la repatinación se produciría independientemente del sustrato, pero si el proceso se basara en gran medida en la oxidación de los cationes de hierro residentes, entonces se vería afectado por el estado del sustrato expuesto. Para juzgar esto es esencial analizar el resultado de la patinación, responsable de la apariencia macroscópica de la superficie. Esto no está ciertamente fuera del alcance de un investigador decidido, sino que implica el uso de la microscopía de campo y cierta experiencia en el estudio de los fenómenos de alteración de la superficie de las rocas.

Originalmente, el término *pátina* se refería al carbonato de cobre o al sulfato de cobre, la piel de

corrosión que se desarrolla en el cobre y sus aleaciones (*verdigris*); aunque el término tiene raíces más antiguas y deriva de la palabra latina que designa un "plato poco profundo". Este se extendió al brillo o pulido por desgaste de las superficies antiguas, y a las alteraciones cutáneas de las rocas o herramientas de piedra que parecían indicar una gran antigüedad. Tales cortezas superficiales podían ser el resultado de la decoloración o lixiviación (por ejemplo, de sílices sedimentarias; Bednarik 1980), de la tinción con limonita (Goodwin 1960), de la acreción de minerales (por ejemplo, por el barniz de roca; Engel y Sharp 1958), de la alteración química de los componentes del sustrato (la mayoría de los procesos de meteorización de las rocas son candidatos), y de la abrasión o el pulido (por ejemplo, por granos de sedimento o agentes biológicos). Aunque esto engloba una gran variedad de causas, desde el roce de los cuerpos de los animales contra una roca hasta la modificación de las propiedades ópticas a través del marcado de los cristales; todos estos procesos son lentos y graduales, dando lugar a productos acumulativos que representan largos lapsos de tiempo. Las pátinas han sido reconocidas desde hace mucho tiempo como medios potenciales para estimar la edad de los petroglifos (desde hace al menos dos siglos), pero hasta hace poco las dificultades para cuantificar y calibrar los procesos implicados han fomentado la opinión de que son demasiado intratables. Además, la mayoría de las superficies rocosas experimentan más de un proceso de patinación, por lo que lo que se denomina de forma simplista "patinación" es en realidad el resultado macroscópicamente visible de varios factores y su interacción. Su estudio implica una intensa labor de microscopía de campo.

Las pátinas pueden dividirse convenientemente en aquellas que implican la deposición de materia extraña y productos de alteración endógena (aunque algunas formas, como la pátina de oxalato en las estatuas de mármol, podrían atribuirse a una combinación de sustancias locales e introducidas; Del Monte y Sabbioni 1987; Lazzarini y Salvadori 1989). La forma de patinación que se encuentra con más frecuencia en el estudio de los petroglifos consiste principalmente en compuestos de hierro, que se presentan como el omnipresente revestimiento marrón oscuro de las superficies de las rocas, especialmente en las regiones áridas y semiáridas. En todos los casos analizados, no es el producto de un solo proceso, y con frecuencia combina componentes exógenos y endógenos. Los arqueólogos suelen suponer que se trata de un producto de oxidación o de un barniz de roca. Este último término se utiliza a menudo de forma errónea: debería limitarse a una capa ferromagnesiana muy fina (<0,5 mm), a menudo brillante, que cubre rocas llanas totalmente libres de sus cationes contribuyentes, y en cuya deposición estratificada, laminar, están implicados microorganismos (Scheffer et al. 1963). Otros depósitos de composición y apariencia similar se producen comúnmente y deben ser descritos como *dunkle Rinden* (Walther 1891).

Para iluminar las cuestiones relativas a la profundidad de la meteorización, la profundidad de los petroglifos y la repatinación, diseñé una convención para representarlas gráficamente. La Figura 4, publicada por primera vez en 1979, representa estas relaciones para seis muestras de núcleos que Crawford tomó de petroglifos en la Isla de Depuch, Australia Occidental (Trendall 1964). Dos petroglifos a la vez, habían sido clasificados como de

patinación fresca, intermedia y profunda. La profundidad media de meteorización se compara con la profundidad máxima y mínima de meteorización de cada petroglifo, con la profundidad del surco (E), el espesor de la zona de meteorización que queda debajo del petroglifo (X) y la posición de la profundidad del surco en relación con la profundidad de meteorización (Y).

Estos diagramas ilustran otros aspectos de las relaciones, por ejemplo, la forma de la línea que representa el frente de meteorización implica la relación de la profundidad media de meteorización y los diagramas demuestran la falta de correlación entre la intensidad de la patinación. La conclusión fue la siguiente:

Si bien es cierto que las tres muestras de patinación intensa de grabados coinciden con las de la roca profundamente meteorizada, ellas también corresponden con las de grabado profundo. Además, [el diagrama] demuestra la concurrencia de la patinación intensa de grabado y la mayor distancia entre el fondo del surco y el frente de meteorización. La última dimensión mencionada aumenta de manera constante como una función de tiempo, mientras que es probable que la profundidad del surco disminuya (aunque necesariamente a un ritmo mucho más lento), a menos que postulemos una ausencia total de abrasión (eólica) o de otro tipo erosión. Este argumento introduce la posibilidad de que, de los diseños más antiguos, sólo los profundamente grabados sigan siendo reconocibles, mientras que los de poca profundidad se hayan vuelto ininteligibles (Bednarik 1979: 22).

El examen microscópico de las patinaciones marrones en las superficies sin barniz suelen mostrar evidencias de una variedad de procesos. Un componente sorprendentemente grande es claramente eólico, especialmente en granitos. Las costras del tipo *dunkle Rinden* consisten de varios compuestos de hierro que están sometidos a una continua y progresiva modificación. Por ejemplo, la magnetita es metaestable con respecto a la maghemita, que a su vez envejece en hematita, un proceso acelerado por la radiación solar. La deshidratación transforma la lepidocrocita en hematita, y el calor puede deshidratar incluso la mucho más estable goethita en el mismo sentido, con los consiguientes cambios de color. Al ser la forma más estable de Fe_2O_3 , la hematita tiende a aumentar proporcionalmente con el tiempo, incluso aunque pueda ser reducida a magnetita mediante altas temperaturas. Su grado de aglomeración o el tamaño de las partículas determinan su color -cuanto más grandes sean las partículas, más rojo será el depósito, que de otro modo sería marrón-, pero las soluciones salinas también influyen en la producción de hematita roja. Mientras que el color está determinado por la combinación y el estado primario de las sales de hierro, especialmente a través de la tafonomía que favorece la hematita, otros cationes también están presentes, en particular el manganeso, y estas costras también comprenden arcillas y detritos eólicos significantes. He observado cuarzo, turmalina y otros granos de cristal, materia vegetal e incluso fragmentos de carbón en estas acreciones, apelmazados por compuestos de hierro y sílice amorfa. Están sometidos a modificación continua por agua de lluvia, lo que favorece la formación de morfologías distintivas tipo "cordón" o "terrazza". Sin embargo, tales extraños depósitos suelen ser bastante discontinuos, de modo que las superficies expuestas pueden encontrarse en todos los petroglifos,

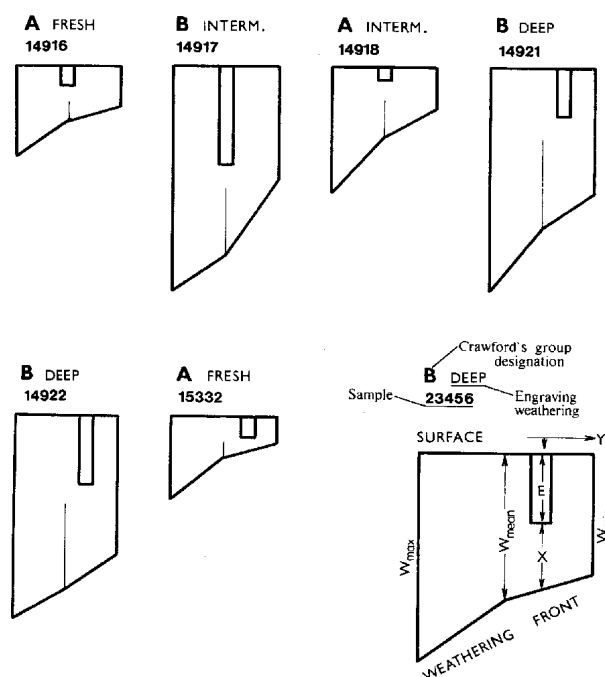


Figura 4. Comparación de seis muestras de núcleos de petroglifos repatinados en la Isla de Depuch, Australia Occidental, según datos de Trendall (1964).

salvo en los más antiguos. Sin embargo, en el sentido macroscópico, estos depósitos se forman de manera bastante consistente como una función del tiempo. Por ejemplo, en el Pilbara australiano, una película incipiente se hace evidente después de que una superficie fresca haya estado expuesta durante 30-40 años, y después de unos 100 años, el depósito alcanza un grosor local de 30-50 μm , o de 100-150 μm después de 230 años (Bednarik 2002). Cuando una superficie no está oculta por la acreción, los minerales que la componen están sometidos a procesos de conversión a menudo similares a los que afectan a las acreciones. Estos son, sin embargo, muchos menos eficaces, ya que se limitan a la zona de meteorización, particularmente a la superficie inmediata. El fenómeno que describimos como "pátina" necesita ser visto como aquel que suele comprender productos extrínsecos e intrínsecos, y su compleja interacción y régimen de modificación continua parecen implicar que estos fenómenos son difíciles de evaluar con eficacia.

Trabajos recientes, sin embargo, sugieren que puede haber un método sencillo para "cuantificar" la patinación. La observación empírica de que, en general, la patinación se produce de forma bastante lineal puede estar bien fundada después de todo. Los medios sugeridos hasta hace poco para medir los cambios visuales (por ejemplo, mediante la determinación de la reflectividad) no se espera que proporcionen datos válidos, pero el rápido desarrollo de programas informáticos para calibrar y cuantificar los "bloques de color" con una increíble precisión puede hacer viable el análisis de la patinación. Los resultados de trabajos recientes con colorimetría han sido muy alentadores. Sigue siendo necesario, por tanto, que el investigador tenga al menos una capacidad rudimentaria para describir la pátina presente en un petroglifo.



Acreción de depósitos minerales

Lo mismo aplica a depósitos más sustanciales sobre las superficies de las rocas, que son importantes por varias razones y que también deben registrarse extensivamente para proporcionar al investigador especializado información básica sobre el tipo de depósito presente y su relación física con el arte rupestre. No existe una división arbitraria entre los depósitos finos denominados "pátina" y las capas más gruesas que se van a tratar aquí. Las finas pátinas ferromagnéticas se convierten en depósitos más gruesas de similar composición, pero también encontramos aquí varios tipos de fenómenos adicionales. Vamos a tratar con capas minerales y costras compuestas principalmente por sílices, oxalatos y carbonatos. Estos depósitos minerales suelen estar estratificados, pueden ser fechables o contener inclusiones fechables de gran variedad y, lo que es más importante, el arte rupestre puede estar intercalado entre dos de estas capas. Tanto las pinturas como los petroglifos se han encontrado entre capas de depósitos minerales por acreción, cubiertos por ellos o ejecutados sobre ellos. En los casos en los que se puedan detectar estas relaciones físicas de manera clara, necesitan ser reportados por el académico que hace el registro.

Las láminas de sílice se formaron por precipitación de sílice amorfa a partir de una solución acuosa de ácido silícico ($\text{Si}[\text{OH}]_4$). Son bastante finas (en su mayoría $<0,4$ mm), de color generalmente claro o translúcido, a veces marrón o gris, y tienen una textura superficial vermiforme. Contienen una gran variedad de inclusiones, incluyendo bacterias, polen, hongos y algas, los cuales pueden ceder fechados de AMS, y también numerosas sustancias minerales como arcillas y limos. En un clásico estudio estratigráfico de acreciones silíceas, Watchman (1996) documentó la aparición de dos capas en el Panel 7 de Penascosa, en el valle inferior del Côa, en Portugal. La más antigua es de color blanquecino, la más joven es de aspecto marrón limoso, compuesta ampliamente por detritus de esquisto meteorizado y fragmentos de mica platinosa. Una figura de animal hecha por abrasión en el panel 7 atraviesa la capa blanca, mientras que el depósito marrón superpuesto también cubre el surco grabado. Por consiguiente, el petroglifo es posterior a la costra más antigua y anterior a la más joven, y su edad debería situarse entre las fechas de carbono que Watchman obtuvo de ambas.

Los oxalatos no sólo son datables por las inclusiones orgánicas que pueden contener, sino que el propio oxalato es datable por ser una sal de ácido oxálico, un ácido orgánico cristalino que contiene carbono atmosférico y por tanto ^{14}C . Aunque el origen de los oxalatos que Watchman (1990) ha identificado frecuentemente en los abrigos de arenisca del norte de Australia sigue sin resolverse, su potencial de datación ya ha proporcionado resultados útiles (Watchman 1992, 2000). Los oxalatos se presentan como whewellita y weddellita y son generalmente más oscuros que las láminas de sílice (marrón polvoriento a negro), así como más gruesos (>1 mm). Pueden aparecer en depósitos laminados que incluyen no sólo una variedad de otros minerales (por ejemplo, yeso), sino también finas bandas de residuos de pigmentos, como los ocre, que pueden haber sido aplicados como pinturas en roca. Se han observado granos de cuarzo, arcillas, carbonatos y carbón en las costras de oxalato de los sitios con arte rupestre, y su estratigrafía, ocasionalmente compleja, ha dado lugar

secuencias enteras de episodios pictóricos, separados por la deposición de capas de oxalatos y otros minerales. Los ejemplos más espectaculares de tales secuencias, procedentes de la Tierra de Arnhem y del norte de la Tierra de Queens, incluyen una micro-sección de 2,11 mm de grosor registrada en la cueva de Walkunder Arch, que cedió lugar a diez determinaciones de isótopos de carbono por AMS que oscilan entre c. 29.700 y 3.300 años ka BP (Campbell 2000; Watchman 2000). Esto ilustra el valor analítico de tales depósitos y refuerza la necesidad de mencionar su presencia en los registros de arte rupestre.

Los principios analíticos que Watchman aplicó en el valle del Côa y en otros lugares fueron empleados mucho antes para estudiar las acreciones de carbonatos (Bednarik 1981, 1984a). La calcita, el aragonito y la dolomita son rocas sedimentarias que se disuelven fácilmente en una solución acuosa de dióxido de carbono y luego se reprecipitan en una gran variedad de formas. Los depósitos de travertinos cutáneos aparecen con frecuencia en las cuevas de caliza, cubriendo áreas considerables de techos y paredes con un grosor que puede alcanzar algunos centímetros. A menudo estas formaciones están débilmente estratificadas, y a veces contienen petroglifos (por ejemplo, en varias cuevas cerca del monte Gambier, en Australia del Sur), cuyos contornos permanecen visibles en la superficie. El arte rupestre, como tal, se encuentra entre dos de los estratos, habiendo sido grabado en algún momento en el depósito de acreción en desarrollo. Estos espeleotemas carbonatados pueden fecharse, con ciertas reservas (Bednarik 1999), mediante varios métodos, especialmente el análisis de isótopos de carbono y de series de uranio.

Las costras de calcita reprecipitadas no se limitan a las cuevas, sino que aparecen comúnmente en las regiones semiáridas en forma de una piel de color claro en el nivel superior del sedimento. Depositadas sobre otros fenómenos de meteorización y patinación, a veces sobre petroglifos (Bednarik 1987b) podrían ser datables. Su presencia, al igual que la de otras acreciones minerales (por ejemplo, de yeso o anhidrita), debe ser indicada en los registros de arte rupestre.

Otros rasgos de superficie

El registro científico del arte rupestre requiere tener en cuenta todas las trazas de los procesos que han tenido algún tipo de impacto en un panel de roca. Entre ellos está el propio arte rupestre, que en un sentido geomórfico es una forma de "meteorización biológica". Puede haber otras marcas antrópicas que no son arte rupestre, marcas hechas por especies animales distintas del hombre, e incluso marcas hechas por plantas. Las marcas tafonómicas son muy comunes en la superficie de las rocas, y entre ellas las estrías glaciares son particularmente ubicuas. Halladas especialmente hacia el norte del Hemisferio Norte, la mayoría de las estrías sobrevivientes son del Pleistoceno tardío (raramente se conservan ejemplos anteriores) y, de hecho, la mayoría son del final de la última glaciación. Esto se debe a que los rastros de las glaciaciones anteriores han sido generalmente borrados por la erosión glacial subsiguiente. En términos prácticos, esto significa que, aparte de las áreas donde los glaciares siguieron activos, la mayoría de las estrías que sobreviven tienen una antigüedad de entre 9.000 y 14.000 años, dependiendo del momento en que los últimos glaciares Würm/Weichsel/Wisconsin



se retiraron de una localidad. El arte rupestre, sobre todo los petroglifos, se encuentra con frecuencia en paneles de roca que han sido alisados por los restos de los glaciares, por ejemplo, en los Alpes europeos, Gran Bretaña, Escandinavia, Rusia, en partes del norte de Asia y en la parte norte de Norteamérica. Estos paneles, si son de una roca resistente a la intemperie, a menudo conservan las estrías subparalelas causadas por los clastos angulares arrastrados encima por el glaciar, que pueden llegar a ser millones por hectárea de roca. Las estrías glaciares se han utilizado de forma provechosa para establecer curvas de calibración para el análisis por microerosión, ya que se puede estimar la edad de las más recientes en zonas donde se ha estudiado la historia glaciar última (Bednarik 1992, 1997). Para este y otros potenciales trabajos es esencial que la presencia de cualquier estría glaciar aparezca en el registro del arte rupestre, indicando su dirección y estado de meteorización.

En los sitios con quilcas o arte rupestre se observan a menudo trazas de daños causados por fuego. En rocas muy compactas, como el granito, estos daños se reconocen por la exfoliación de astillas características, con bordes muy finos; y en rocas que contienen sales de hierro suele producirse un enrojecimiento de la apariencia. Esto es especialmente distintivo en las areniscas, y es esencialmente el resultado de la deshidratación de la goethita a hematita, que se produce a unos 130°C y puede cambiar el color de una arenisca ligeramente amarilla a un rojo completo. Estas decoloraciones son importantes para la interpretación de un yacimiento, por lo que también deben ser registradas.

Color y escala de tamaños

Las fotografías, las diapositivas, las películas y las cintas de vídeo sólo proporcionan medios subjetivos (Bednarik y Seshadri 1995: 43-44) para el registro de las *quilcas* o el arte rupestre, su fidelidad está limitada por diversos factores técnicos inherentes y su vida útil es inevitablemente limitada. En particular, ninguno de los tintes utilizados en la fotografía es resistente a la decoloración, y las colecciones de millones de diapositivas en color y otros registros que se conservan actualmente en muchos institutos y colecciones privadas a nivel mundial están condenadas a la destrucción final. El propio arte rupestre se deteriora en todo el mundo y, a pesar de nuestros esfuerzos ocasionales por retrasar los procesos responsables, no es realista detenerlos. Necesitamos urgentemente un sistema para registrar el arte rupestre de forma permanente y fiable, y la fotografía como tal no es la respuesta. Por lo tanto, es de suma importancia para la disciplina encontrar una manera de hacer que los registros fotográficos sean permanentes (Swartz 1991).

Pero el propósito inicial de una escala estándar es bastante menos ambicioso. Una de las necesidades más básicas en el registro fotográfico del arte rupestre es una indicación precisa del tamaño, que se obtiene fácilmente colocando un objeto de tamaño conocido en cada fotografía tomada. Una escala también ayuda a enfocar la cámara porque proporciona bordes rectos de gran contraste. Además, sirve para indicar lo bien que se ha enfocado y procesado una fotografía. Con la esperanza de crear una escala estándar para los investigadores del arte rupestre, Taylor et al. (1979: 306) diseñaron un modelo simple en blanco y negro, de 10 × 2 cm. No se adoptó, y los investigadores siguieron utilizando una amplia variedad de

diseños y colores, por no hablar de las cajas de cerillas, las gafas de sol y las tapas de lentes. El uso del color, sea cual sea la escala que se utilice, se hizo cada vez más importante para realizar fotografías calibradas tanto en tamaño como en color. Esto último es particularmente fundamental, ya que el croma, el valor y el tono del color en todas las fotografías, diapositivas y películas están distorsionados por factores como la iluminación, el polvo, la humedad, el tipo de película, la óptica, los tintes utilizados en las impresiones fotográficas, incluso por el número de impresiones realizadas desde la última reposición de los tintes. Para compensar estas numerosas distorsiones, los investigadores concienzudos utilizaban cartas de colores estándar, científicas o comerciales, en particular la carta Munsell, la guía de separación de colores de Kodak y la carta de colores Pantone de Letraset.

Después de preocuparme durante mucho tiempo por la falta de calibración del tamaño y el color en la mayoría de las fotografías de arte rupestre, me di cuenta de que esto se debía en cierta medida a la falta de una norma adecuada, una escala fácilmente disponible diseñada específicamente para su uso en el registro del arte rupestre, y quizás también a una apreciación inadecuada de la importancia de esta cuestión. Después de plantear la cuestión en varias ocasiones, se me hizo evidente la necesidad de una iniciativa, y en 1990, durante un trabajo de campo en la India, decidí diseñar, producir y distribuir una escala de colores apropiada (Bednarik 1991). Los que registran y fotografían las *quilcas* o el arte rupestre no sólo tienen que enfrentarse a las numerosas, técnicamente inevitables, distorsiones de color, sino que el desvanecimiento inherente a todos estos registros los hace en última instancia inútiles. De hecho, la mayor parte del arte rupestre tiene una esperanza de vida natural decenas o cientos de veces mayor que la de los registros que podemos hacer de él, cualesquiera que sean los medios tradicionales que utilicemos. Lo que se necesitaba era un medio para anular todas las distorsiones, así como el inevitable desvanecimiento resultante del deterioro de los tintes fotográficos. Habiendo sido testigo del fenomenal auge de las computadoras de escritorio en la década de 1980, y de la increíble proliferación de programas informáticos para la manipulación del color, como las de mejora del color (Rip 1983, 1989), me pareció que esta tecnología ofrecía una solución. Si cada fotografía del arte rupestre llevara una escala de color estándar, sería posible recuperar de esta los verdaderos colores del panel rupestre en el momento en que se tomó la imagen; independientemente de cualquier distorsión fotográfica o subsecuente desvanecimiento, utilizando la imagen de la escala de color como *perfil dispositivo*. Dado que los principales chips de color de la escala tienen valores conocidos con precisión, una computadora debidamente programada podría compensar todas las desviaciones de la imagen y reconstituir los verdaderos colores del panel. En otras palabras, la propia fotografía queda relegada al papel de dispositivo de datos de campo intermedio, y deja de ser el principal medio de registro.

Posteriormente presenté una propuesta de escala estándar que combinaba las escalas de color y tamaño, e invité a que se hicieran comentarios críticos durante tres años (Bednarik 1994c). Tras recibir sugerencias y solicitar más asesoramiento, presenté la Escala Estándar IFRAO en mayo de 1994. Su diseño final respondía a la necesidad de simplicidad, incorporando cuatro fichas de color bien espaciadas dentro del sólido de color o del cubo cartesiano



de color, y cuatro valores monocromos (de densidades de reflexión 0,0, 0,7, 1,6 y 2,0). Existen dos escalas de tamaño, una para fotografía de cerca y otra de 10 cm. Para evitar la decoloración de los tintes, la escala lleva también la fecha de impresión y se sustituye periódicamente. En la primera década desde su introducción, se han distribuido más de 50.000 ejemplares en todo el mundo, la mayoría de ellos gratuitos. En la actualidad, la Escala Estándar de IFRAO no sólo es el estándar internacional para la calibración del color en los estudios rupestres, sino que también ha sido adoptada ampliamente en otras numerosas disciplinas, como la arqueología, la edafología, la museología, la paleontología, la ciencia forense e incluso la medicina. En 1994 se convirtió, como siempre se pretendió, en el perfil dispositivo del primer sistema de reconstitución digital del color en el registro científico (Bednarik y Seshadri 1994). Desde entonces, su potencial en la investigación, documentación, conservación, monitoreo de la condición de los residuos de pintura y la pátina ha sido ampliamente reconocido, y también ha sido el estándar elegido en el desarrollo de nuevos métodos. Por ejemplo, he utilizado la Escala para obtener expresiones cuantitativas precisas de los cambios de color debidos a la patinación, en un esfuerzo por calibrar dichos cambios con respecto al tiempo, con el fin de datar petroglifos. Otra aplicación reciente fue su uso por parte de un equipo británico para supervisar los cambios en el pigmento de óxido de hierro en el ambiente de una cueva (Mirmehdi et al. s.f.).

Reconstitución del color

Un proyecto de colaboración entre el Museo Nacional del Hombre en Bhopal, India, y la Federación Internacional de Organizaciones de Arte Rupestre (IFRAO) ha dado lugar

al primer intento de reconstituir el color real a partir de una fotografía de arte rupestre (Bednarik y Seshadri 1995). Esto ocurrió el 8 de diciembre de 1994 en Bhopal (Bednarik 1994d) y nuestro éxito inmediato impulsó un programa intensivo de perfeccionamiento de los procedimientos con el objetivo de producir directrices completas para los que hacen registro de arte rupestre. En esencia, este sistema funciona como sigue. La fotografía se traduce primero en información digital mediante uno de los procesos de escaneo disponibles (Fig. 5). A continuación, se instruye a la computadora a que recupere la información de color digital verdadera contenida en el dispositivo de referencia, y que la compare con la encontrada en siete controles de color puntual en las fichas de color blanco, negro, rojo, verde, amarillo y gris (dos) de la fotografía. A continuación, el software compensa todas las distorsiones de estos colores primarios, reconstituyéndolos en la escala de calibración del color fotografiado. Para confirmar la precisión de la corrección, comprueba que no hay distorsión en la ficha azul, que representa el color menos importante en la fotografía de arte rupestre. A continuación, se reconstituye toda la imagen sobre la base de las distorsiones conocidas en los colores primarios, y esta imagen corregida se emite directamente en el formato preferido. Esto puede incluir las separaciones de cuatricromía de la impresora, tras la aplicación de la eliminación del subcolor y la sustitución del componente gris mediante un software propio (Bednarik y Seshadri 1995).

Cuando se trata de un gran número de imágenes, el proceso de reconstitución del color, tal y como se ha descrito, es largo, engorroso y repetitivo. Dado que se espera que todos los archivos de arte rupestre del mundo utilicen este sistema, millones de imágenes de serán procesadas por él y almacenadas digitalmente

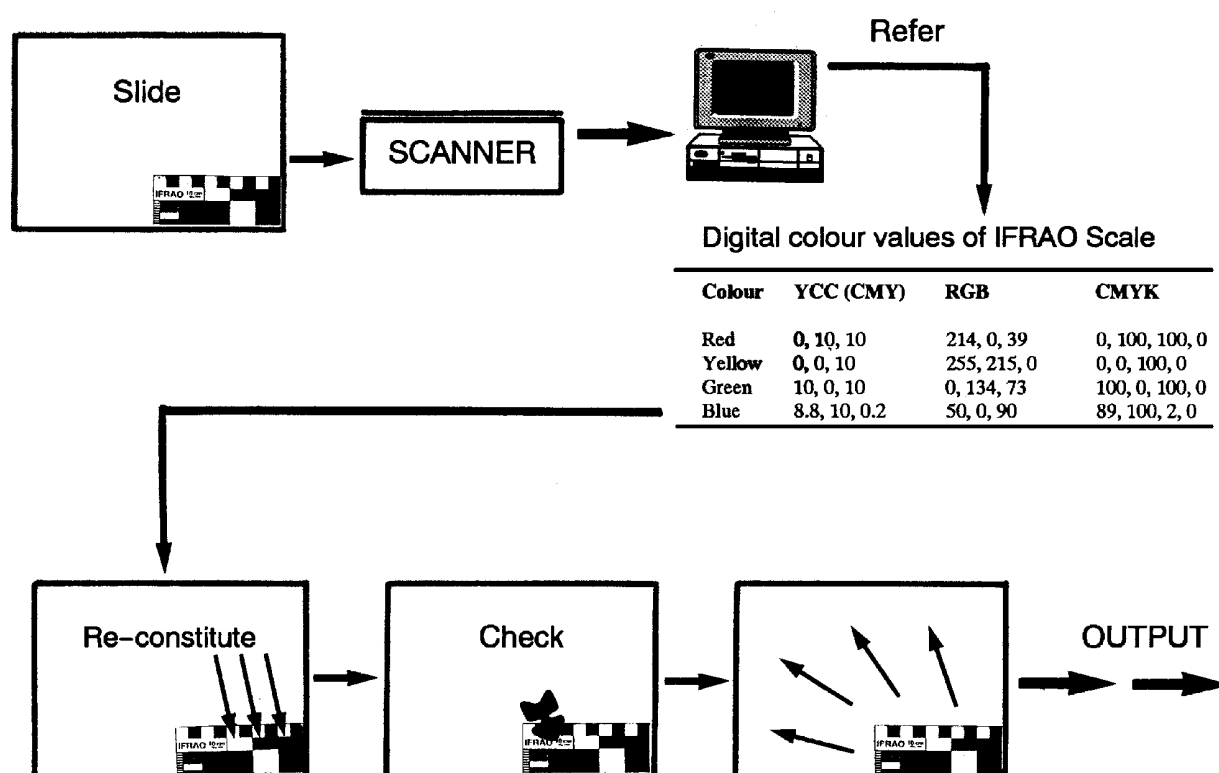


Figura 5. Representación esquemática del proceso de reconstitución digitalizada del color utilizando la escala estándar de IFRAO.

(o almacenadas por alguna tecnología alternativa, aún desconocida, en el futuro). La mayoría de las operaciones de reconstitución del color pueden ser realizadas fácilmente por la computadora y, de hecho, mejor que lo que el ojo y el juicio humanos podrían lograr. La computadora gestiona la información del color en formato digital o matemático, es decir, totalmente libre de subjetividad. Por lo tanto, era obvio que la reconstitución del color debía realizarse digitalmente, en lugar de manualmente, como en las pruebas iniciales.

En el Museo Nacional del Hombre de la India se ha desarrollado un programa informático que elimina casi toda la intervención del operador. La computadora escanea toda la imagen, buscando formas angulares en ella. Una vez que encuentra algunas de las fichas de color de la Escala Estándar IFRAO fotografiada, determina el tamaño relativo y la orientación de la Escala. En términos del diseño de software, ésta es la parte más difícil de la operación. Una vez establecidas estas variables, la computadora localiza los distintos puntos de calibración de la Escala y determina un conjunto completo de valores digitalizados a partir de los valores medios de un número preestablecido de píxeles de cada una de las distintas fichas de color fotografiadas. A continuación, se comparan digitalmente con los valores conocidos de la Escala y se determinan las distintas distorsiones de forma casi instantánea. A partir de esta información, la computadora puede calcular fácilmente la corrección necesaria en cada píxel de la imagen, utilizando un sistema de gestión del color disponible en el mercado. Los valores reales de la imagen se reconstituyen, y todo ello se ha conseguido sin que el operador haya tomado ninguna decisión. De hecho, el trabajo del operador se limita ahora a presentar la imagen para su escaneo, decidir la forma de salida y añadir los datos de identificación de archivo para su recuperación. En la imagen reconstituida, la imagen de la Escala Estándar IFRAO tiene precisamente el mismo color que la Escala real, y en condiciones fotográficas razonablemente favorables, la imagen del arte rupestre coincide exactamente con la información de color de la roca en el momento en que fue fotografiada. Se compensan todas las formas de distorsión, independientemente de sus causas.

Calibración del color

El objetivo principal de este proyecto, no obstante, no era simplemente desarrollar una nueva tecnología,

sino determinar las condiciones óptimas para el uso de la Escala Estándar de la IFRAO y traducirlas en consejos prácticos para los investigadores. Para ser realistas, hay que aceptar que no es probable que el uso común de la reconstitución del color, y la tecnología asociada, esté disponible universalmente en la disciplina durante muchos años. Y esto tampoco tiene una importancia inmediata. Los medios actuales de almacenamiento digital no son del todo adecuados, especialmente en lo que respecta a su durabilidad. La tecnología informática se está desarrollando rápidamente, por lo que estas consideraciones se solucionarán dentro de unas décadas. Lo más urgente es simplemente la creación de las condiciones para una reconstitución precisa. Esto significa, sencillamente, que las fotografías de arte rupestre deben estar calibradas en color, es decir, llevar la imagen de la escala estándar de IFRAO. Naturalmente, deben tomarse en condiciones favorables para la máxima precisión en el proceso de reconstitución del color.

Las recomendaciones sobre las condiciones óptimas (Bednarik y Seshadri 1995; Bednarik 1995b, 1995c) consisten en varias sugerencias sencillas sobre el medio, la iluminación, la distancia y la posición de la escala. Las diapositivas y los negativos en color son el medio de registro preferido, a menos que se utilice vídeo o fotografía digital. Las impresiones no son adecuadas, porque su escaneo es menos preciso que el de los negativos. Se prefiere la iluminación natural a la artificial, y la Escala debe colocarse cerca del margen donde la iluminación es más intensa. Para una calibración completa del 100% y una mayor precisión del color mediante la reconstitución, la Escala debe ocupar al menos el 5% de la superficie de la fotografía. A distancias superiores a 1,5 metros, deben incluirse dos Escalas, una de ellas verticalmente en la esquina superior izquierda. Con objetivos de longitudes focales medias, no se deben tomar fotografías a más de 4,5 metros de distancia. La Escala debe estar alineada en paralelo al plano predominante del arte rupestre y a una distancia similar del objetivo de la cámara (Fig. 6). Por último, hay que tener cuidado de evitar la reflexión directa de la luz de la Escala. Preferiblemente, la Escala debe estar perpendicular al eje focal de la cámara si la dirección de la luz es desde otro lugar, pero no si el flash está montado en la cámara.

Un descubrimiento inesperado durante este trabajo fue que la reconstitución manual limitada del color de las fotografías antiguas es posible incluso si sólo llevan

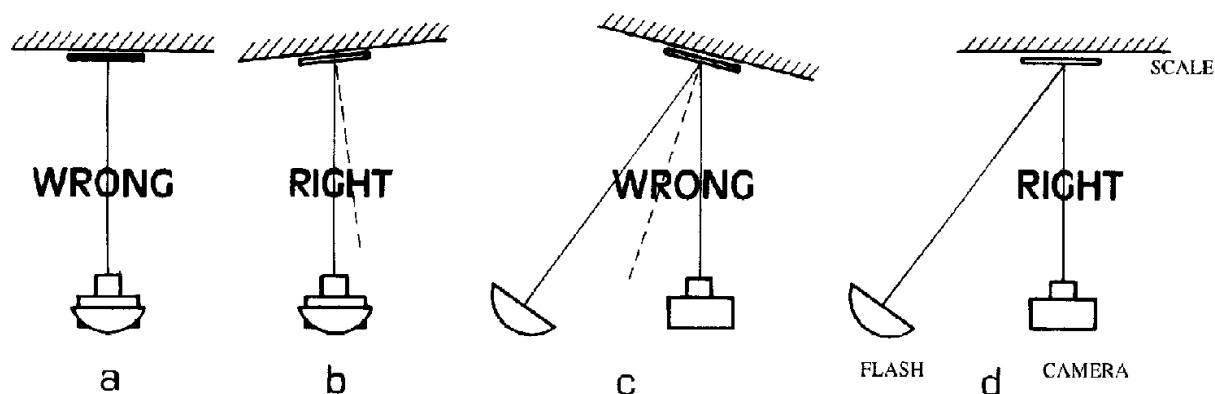


Figura 6. Colocación recomendada de la cámara, el flash/estrobe y la escala en relación con el panel de arte rupestre: luz y cámara en la misma posición (a y b), y en dos posiciones diferentes (c y d).



una escala en blanco y negro. En condiciones ideales, se puede obtener hasta un 70-80% de corrección del color. En algunas circunstancias, incluso las imágenes sin escala se prestan a una corrección limitada, porque pueden incluir algunas características de color cuyos valores digitales pueden determinarse. En particular, las zonas de sombra completa pueden proporcionar una referencia para el negro, o las determinaciones de campo Munsell del pigmento o la pátina pueden proporcionar puntos de referencia bastante buenos. Las acreciones blancas, las marcas de tiza, el carbón vegetal, la roca recién rota o la mano de una persona pueden proporcionar algunos medios limitados de calibración. Su uso es laborioso, pero puede proporcionar una relativa mejora en la veracidad del color a falta de medios más precisos.

Sin embargo, es evidente que el uso de una escala de colores que cuente con el respaldo de un sistema de reconstitución digital del color es ya imprescindible. Esta medida permite recuperar la información del arte rupestre a perpetuidad. La mayor parte de las quilcas o el arte rupestre del mundo no sobrevivirá al tercer milenio, salvo en forma digital, y para ello debe ser calibrada en color. Otra razón para el uso de este sistema es que hace que nuestros registros sean susceptibles de manipulación electrónica del color, incluyendo la importante herramienta de investigación del realce del color. Los registros fotográficos del arte rupestre quedan relegados al papel de datos de campo provisionales y no calibrados que se registran sólo para su almacenamiento temporal. El registro del arte rupestre del futuro se hará por varios medios digitales, y la reconstitución se hará sobre el terreno a medida que se disponga de sistemas portátiles. Como primer paso, debemos abandonar nuestra tradicional confianza en las fotografías por su evidente transitoriedad, y comprender que son simplemente un medio de almacenar temporalmente información óptica, gran parte de la cual ni siquiera es visible para el ojo humano. El ordenador puede discriminar los colores con mucha más precisión que nuestro sistema visual.

Es obvio que las imágenes almacenadas digitalmente pueden conectarse a un gran número de aplicaciones informáticas, que van desde diversos usos científicos hasta la publicación, entre otros. Por ejemplo, a partir de una biblioteca personalizada, en el futuro será posible activar comandos de búsqueda de colores de pigmentos específicos, tipos de motivos e incluso características estilísticas estandarizadas. Se podrá controlar el desvanecimiento o la alteración del color de los pigmentos con precisión matemática, y lo mismo se aplica al deterioro de las pátinas. Existen aplicaciones evidentes en la conservación del arte rupestre y la gestión de los yacimientos, en comparación con las cuales los medios de control actuales son bastante primitivos. La incorporación en sistemas de archivo, o en sistemas interactivos destinados a la exposición, ofrece numerosas aplicaciones prácticas. Es obvio que la veracidad del color en la impresión y en la producción de exposiciones se beneficiará enormemente de este sistema, como apreciará fácilmente cualquiera que haya participado en tales proyectos. Asimismo, el sistema puede utilizarse para mejorar los procedimientos de creación de facsímiles. También en este caso es obvio que es posible la interconexión con otras aplicaciones informáticas, como la modelización tridimensional o el CAD. Existen otras posibilidades, como la incorporación de métodos de mejora del color (Rip 1989) y otros complementos (Mark y

Newman 1995), pero quizás la aplicación más importante de esta nueva tecnología será siempre la capacidad de crear registros de arte rupestre permanentemente recuperables y precisos.

Procesamiento digital de imágenes

La idea de que el tratamiento digital de las imágenes ofrece muchas posibilidades para el registro de quilcas o arte rupestre no es tan nueva, pero los medios técnicos para hacerlo se han vuelto ampliamente disponibles solo en la década de 1990. Cuando Rip (1983, 1989), pionero en la mejora digital de las imágenes de arte rupestre, utilizó la computadora central del Centro de Teledetección por Satélite de Hartebeeshoek, en Sudáfrica. Cuando Dickman (1984) presentó su visión de un sistema de digitalización y almacenamiento de imágenes para su uso en la investigación rupestre, fue recibido con escepticismo: "un sistema de este tipo no sustituirá (ni parece que pretenda hacerlo) a los medios más convencionales de ilustración de motivos" (Rosenfeld 1984). Nada más lejos de la realidad: en diez años los medios fotográficos para ilustrar el arte rupestre quedaron relegados a la condición de información óptica que almacena temporalmente datos visuales y no visuales para su procesamiento por medios más sofisticados (Bednarik y Seshadri 1995). Los comentaristas escépticos no apreciaron dos puntos cruciales: que el medio fotográfico transmite más información, tanto cuantitativa como cualitativa, de la que el ojo humano puede procesar; y que el ejemplo de Dickman era el embrión de un sistema tecnológico susceptible de una mejora casi ilimitada. La visión humana, totalmente limitada por los efectos actínicos en el sistema de la retina, es a corto plazo inmutable. Los sistemas capaces de discriminar información adicional tienen un increíble potencial de desarrollo.

Hasta ahora, sólo se ha hecho un uso limitado de este potencial. Michael R. Rip consiguió demostrar las ventajas de la mejora del color mediante el tratamiento digital de imágenes y la transformación de la intensidad (mejora del contraste) de un panel de pinturas sudafricanas. Convirtió una imagen de diapositiva en color de formato analógico a uno digital mediante filtros de colores primarios, transformando los datos cartesianos a espacios de color y, a continuación, analizó y manipuló cada una de las tres imágenes de colores primarios en función del brillo, el tono y la saturación. La mejora se consiguió estirando o comprimiendo el porcentaje superior y/o inferior de las imágenes de salida. Tras reconvertirlas en colores primarios, se sometieron a un filtrado espacial para realzar los bordes y los límites (cambios bruscos en los valores de luminosidad). Finalmente, las tres imágenes RGB fueron superpuestas y una imagen compuesta mejorada fue reconstituida. En la actualidad, todos estos pasos se pueden realizar con programas informáticos propios que, aunque siguen siendo bastante caros, están ampliamente disponibles (por ejemplo, Clogg et al. 2000; McNiven et al. 2000; Mark y Billo 2002; Brady et al. 2004).

El trabajo de Jeffrey L. Dickman se llevó a cabo más o menos en la misma época, en 1982, cuando la tecnología que utilizó estaba disponible desde hacía unos 15 años. Dickman describió sencillas funciones de mejoramiento de un software que ya se comercializaba entonces, utilizando una microcomputadora con sólo 48K de RAM, una disquetera de 5¼ pulgadas y discos magnéticos. Demostró no sólo la utilidad de estos sistemas

para modular imágenes descoloridas o difíciles de reconocer, sino que también consideró la cuestión del almacenamiento de extensos registros digitalizados, antes de la introducción de los discos compactos. Su mensaje principal, sin embargo, era que este tipo de medios estaba evolucionando rápidamente, y sería de especial importancia en el futuro registro del arte rupestre. Algunos lectores supusieron ingenuamente que la calidad de los resultados presentados por Dickman era indicativa de lo que iba a ofrecer la digitalización, cuando en realidad abrió una ventana a posibilidades increíbles, algunas de las cuales se hicieron realidad en los subsiguientes 15 años. En un comentario sobre su ponencia, predije que la cuestión crucial de la perdurabilidad de los registros digitales se resolvería en breve, y que el potencial archivístico y editorial de esta tecnología en evolución era enorme. También propuse un sistema para registrar petroglifos muy difusos o erosionados eliminando la "subjetividad" que impone la iluminación: tomar un gran número de fotogramas expuestos desde una posición fija, cada uno de ellos iluminado de forma diferente, y hacer que un programa informático seleccionara aquellos píxeles que estuvieran expuestos por encima de un nivel de umbral, elegido manualmente, que registrara la imagen con mayor precisión (Bednarik 1984b). Esto nunca se ha intentado.

Dos investigadores británicos, Phil Clogg y Margarita Díaz-Andreu, también reconocieron las dificultades que entraña el registro objetivo de imágenes de arte rupestre en condiciones difíciles (por ejemplo, un panel de roca con una superficie de soporte de color similar y granulada irregular). Sometieron a un tratamiento digital de imágenes un motivo de bóvido registrado de forma diversa en el yacimiento de Selva Pascuala, en Villar del Humo (España). Observaron que el realce del contraste y de los bordes puede facilitar la resolución de los detalles y también presentar la imagen de forma poco convencional, desafiando así nuestras ideas preconcebidas de lo que estamos viendo. Eliminaron las interferencias del fondo, es decir, la textura de la propia roca, y consideraron el mismo procedimiento que yo había propuesto, el procesamiento de la imagen mediante múltiples operaciones de imagen. Utilizando filtros de mejora de límites, aplicaron la detección de bordes y, con una técnica denominada "esqueletización", redujeron las líneas a una anchura de un píxel, proporcionando así un alto nivel de detalle. Las áreas problemáticas se mejoraron aún más utilizando la función de zoom. Esta técnica de umbral y la secuencia de detección de bordes es una extensión natural de los anteriores estudios pioneros.

Con los actuales programas informáticos de gestión digital del color, el viejo problema de separar los restos de pintura del fondo para obtener una grabación completamente objetiva de una pintura rupestre se ha convertido en

un trabajo rutinario que se consigue con unos pocos comandos automatizados. De especial importancia para el registro ha sido la introducción por parte de Jon Harman en 2005 de DStretch, un programa informático que mejora las fotos digitales de arte rupestre utilizando un algoritmo del JPL denominado extensión de decorrelación. Este programa de manipulación del color puede recuperar pictogramas muy tenues "estirando" las distancias cromáticas entre colores similares en el espectro. De este modo, se pueden recuperar imágenes tan desvanecidas que apenas son detectables para la visión humana y se vuelven perfectamente reconocibles. Al utilizar DStretch en laptops, el programa podía emplearse incluso en los sitios, aunque seguía habiendo problemas con las imágenes de monitores poco visibles. En 2008, el programa empezó a instalarse directamente en algunas cámaras digitales (Fig. 7), pero Harman descubrió que ni bien encontraba la forma de colocar su aplicación en ellas, éstas eran sustituidas por nuevos modelos. A partir de su experiencia con las cámaras, experimentó con teléfonos móviles y tabletas, y en 2016 logró colocar DStretch en las plataformas iOS y Android. La ventaja de esto es que estas tabletas tienen pantallas grandes de alta resolución que se pueden ver con mucha luz y permiten hacer zoom fácilmente. Además, las imágenes mejoradas pueden guardarse en el sitio, lo que no había sido posible en las cámaras digitales (Harman 2016; López Fraile et al. 2016).

Se requieren pocos conocimientos informáticos para hacer esto con eficacia y en cuestión de segundos. No hace muchos años este tipo de trabajo era impensable. Al apreciar esto, uno no puede

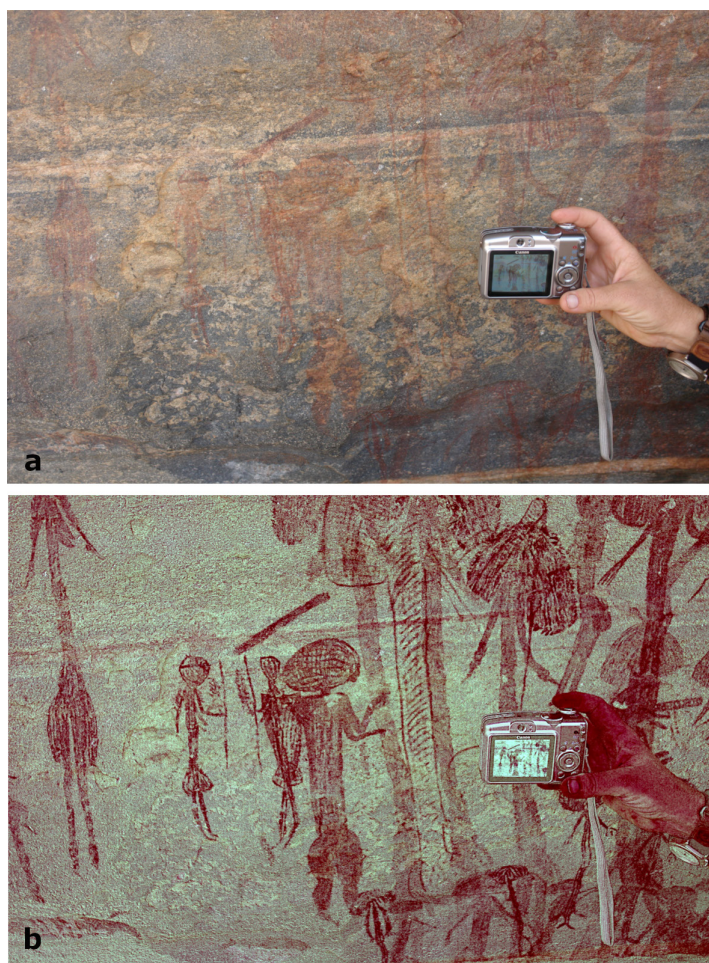


Figura 7. (a) Cámara DStretch A720 en Masange A13, un yacimiento de pictogramas en Tanzania; (b) mejora de DStretch de la misma imagen. (Fotografías de Jon Harman).



dejar de admirar el trabajo de los que perseveraron en el pasado, y apreciar lo privilegiados que somos al tener a nuestra disposición las inmensas posibilidades actuales de registro de las *quilcas* o el arte rupestre. Incluso a principios de los años 80, Dickman seguía almacenando su trabajo en discos ópticos, un medio ya casi olvidado. Tenían capacidad para almacenar 54.000 imágenes simples en blanco y negro por cada cara. El almacenamiento es uno de los aspectos más importantes en el registro digital del arte rupestre. La introducción, primero, del CD (disco compacto) y después, en 1996, del DVD (disco de vídeo digital) ha resuelto prácticamente esta cuestión. El CD almacena unos 700 MB de datos, lo que equivale a cientos de imágenes en color de buena resolución, que siguen siendo inferiores a la capacidad de varios gigabytes del DVD. En los años transcurridos desde el trabajo de Dickman, el coste de los discos, así como de los equipos necesarios para grabar datos en ellos de forma permanente, ha caído en picada gracias a la producción en serie.

La principal preocupación de estos soportes es la cuestión de su esperanza de vida. La longevidad de los CD, siempre que reciban un tratamiento adecuado de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, depende principalmente de los colorantes utilizados en su superficie de grabado. Están hechos de compuestos orgánicos fotosensibles, que son quemados por el láser de la grabadora de CD, creando canales o pozos en la superficie que luego pueden ser "leídos" por otro láser en un reproductor de CD. Si esta capa de tinte se deteriora, la tasa de error en la lectura del CD aumenta y acaba siendo demasiado grande. El colorante en sí mismo es de color azul, pero cuando se aplica un soporte reflectante de oro aparece de color verde. Con un soporte de color plateado, el color azul se mantiene. El colorante con menor duración es la cianina, pero bien almacenado un CD de este tipo puede durar aún algunas décadas. No se recomienda su uso para material de archivo de arte rupestre. El tinte de ftalocianina suele ser de un azul más claro que la cianina, y los discos de ftalocianina tienen una esperanza de vida de unos 100 años. Con un soporte de oro, los discos de ftalocianina tendrán la vida más larga, bastante más de un siglo. Otra variable es la eficacia de los diodos láser, que puede variar a lo largo de la vida de una grabadora de CD. Este factor es probablemente el responsable de las variaciones en la calidad de algunos colores entre los usuarios de determinadas grabadoras de CD. Está claro que se necesitan formas de almacenamiento duraderas, algo que se puede conseguir con la tecnología actual.

Topografía de los petroglifos

La topografía se refiere a la descripción y el análisis detallado de las características geográficas de un área comparativamente pequeña. En el estudio de las *quilcas* o el arte rupestre, la topografía es relevante en cuatro niveles dimensionales distintos: en el nivel de la descripción de un yacimiento y su entorno general, en el nivel de la definición de la morfología de un panel individual, en el registro y el análisis de rasgos tan detallados como los surcos de los petroglifos y, por último, en el ámbito microscópico. Aunque la tecnología utilizada en cada uno de estos cuatro casos puede diferir significativamente, la teoría como tal es bastante uniforme, y los principios aplicables a la cartografía del valle en el que se encuentra un yacimiento no difieren

de los de la cartografía de un surco grabado de sólo un milímetro de ancho. Este punto queda bien establecido con el uso de la caracterización multivariante de la forma de los surcos, que Urbani ha utilizado de forma tan provechosa en un geoglifo venezolano de 57 m como en pequeños petroglifos. En todos los casos, la topografía proporciona sólidos datos descriptivos empíricos.

Caracterización multivariante de la forma de los surcos

Urbani (1998) trató de encontrar una manera de cuantificar objetivamente las formas de los surcos de los petroglifos. Para sus primeros experimentos seleccionó cinco variables métricas, elegidas arbitrariamente para definir a grandes rasgos la sección transversal de un surco. En primer lugar, traza una línea *C-D* desde el punto más profundo del surco, perpendicular a una línea *A-B* que conecta sus dos bordes (Fig. 8). En medio de la línea que divide el surco en dos partes, *C-D*, traza una línea *E-F* paralela a *A-B*. Esto permite determinar cinco dimensiones, de *a* hacia *e*, en milímetros, con un decimal. A continuación, toma estas medidas en numerosos puntos a lo largo de los surcos de un petroglifo y las introduce en una matriz para su tratamiento digital en formato de hoja de cálculo. Esto facilita el cálculo de la media, el mínimo, el máximo y la desviación estándar de cada variable, o cualquier relación entre ellas. Con los promedios de las cinco variables se define la forma media de la sección transversal del surco del petroglifo, lo que a su vez facilita las comparaciones estadísticas univariantes entre distintos motivos. Urbani también propone el uso de varios índices para caracterizar la forma del surco: simetría, nitidez, forma de *V*, e índice de planitud.

El tratamiento estadístico multivariante de la forma de los surcos se realiza en una micro-computadora mediante un software propio. Puede incluir el análisis de *clusters* en modo *Q*, que presenta las relaciones de las diferentes muestras en forma de dendrograma. Esto puede expresar, de forma objetiva, la similitud o diferencia de dos petroglifos sobre la base de la topografía de los surcos. Urbani ha demostrado la utilidad de este método comparando dos petroglifos de Piedra del Indio en Venezuela.

Precisamente los mismos principios se aplicaron a un gran geoglifo llamado La Rueda del Indio, situado en una ladera cerca de Chirgua, estado de Carabobo, Venezuela (Urbani y Urbani 2001). Debido a que los surcos del geoglifo son significativamente más grandes, con un promedio de 36 cm de profundidad, fue posible realizar mediciones en intervalos de profundidad de 10 cm, por lo que de hecho hubo tantas líneas *E-F* como la profundidad del surco permitió en este intervalo. En

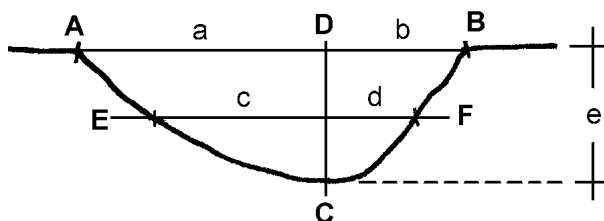


Figura 8. Diagrama de una sección de surco de petroglifo que muestra las variables del método de Urbani de caracterización multivariante de la forma del surco.



total, se realizaron 42 secciones de este modo, y los datos se sometieron también a un tratamiento estadístico multivariante. En su trabajo con los petroglifos, Urbani (1998) adquirió los datos manualmente, utilizando bien una arcilla de moldeado que se introducía a presión en el surco y luego se seccionaba, o bien una herramienta parecida a un peine utilizada en la metalurgia, cuyos pasadores móviles se ajustan para adaptarse a las formas irregulares. Es evidente que este trabajo podría ser más preciso y exhaustivo si se utilizara un proceso digitalizado que empleara un láser para tomar medidas a intervalos mucho más pequeños (véase más adelante). Esto también evitaría la posibilidad de dañar el petroglifo.

Análisis de surcos con escáner láser

En su trabajo sobre inscripciones rúnicas en Scandinavia, Kitzler (2000) utilizó una sonda de escáner láser portátil controlada por una computadora, que tiene una precisión de medición de ± 2 micras. En el campo, se podría utilizar un brazo móvil para las superficies verticales, pero Kitzler optó por tomar moldes con una arcilla de modelar elástica. Su método consiste en medir las profundidades a intervalos de un milímetro a lo largo de la anchura del surco, y luego corregirlas en función de determinadas variables. En primer lugar, el surco se "enderezó" alineando los puntos más profundos en cada sección medida y registrando los siete valores de profundidad a cada lado de la misma, de modo que cada conjunto de dimensiones abarque un total de 14 mm. A continuación, los valores de profundidad son recalculados para que se refieran a ambas superficies de roca adyacentes, en lugar del plano sobre el que se mueve la sonda láser, y al que se refieren los datos primarios. El resultado es una matriz de variables que puede someterse a diversos análisis estadísticos, al igual que el método de Urbani.

Las principales diferencias consisten en que Kitzler sólo utiliza mediciones de profundidad y se basa, para la construcción del perfil, en el distanciamiento regular de los valores a lo largo de una sección. Urbani sólo mide una profundidad, para localizar el punto más profundo, y luego obtiene la posición de las líneas de contorno midiendo anchos espaciados "verticalmente". Ambos métodos producen resultados microtopográficos similares, con la salvedad de que el de Kitzler tiende a ser más preciso, siendo significativamente menos laborioso. La facilidad de aplicación invita a tomar secciones transversales a intervalos cortos y regulares, en lugar de hacerlo en unos pocos lugares aleatorios de un motivo. Por lo tanto, los resultados del método de Kitzler tienen más posibilidades de proporcionar información sobre el "flujo" de las líneas grabadas, o sobre las características de las pequeñas variaciones en la continuidad de la aplicación de la herramienta. Sin embargo, el equipo necesario para este método es obviamente sofisticado y no está ampliamente disponible.

El propósito expreso de Kitzler es distinguir entre el trabajo manual de cada ejecutor individual de petroglifos, y aunque queda por establecer hasta qué punto esto puede hacerse de forma fiable, los métodos cuantitativos de los que ella y Urbani han sido pioneros para la descripción de los surcos son ciertamente herramientas válidas para una variedad de objetivos de investigación. Es necesario desarrollarlos más y aplicarlos a muestras grandes. Estas técnicas conducen a otro tema de investigación

importante, la diferenciación empírica entre los surcos artificiales en las superficies, hechos intencionadamente por el ser humano, y los surcos, a menudo bastante similares, hechos por una variedad de organismos naturales en varios tipos de superficies (Bednarik 1994e).

Microscopía Láser

Esto se intentó en un estudio de los objetos óseos grabados de Bilzingsleben (Alemania), que, con una antigüedad de unos 350.000 años, son los primeros grabados conocidos actualmente en este material (Mania y Mania 1988). Sin embargo, su estatus como propuesta de trabajo ha sido cuestionada por varios comentaristas, principalmente por aquellos cuyos modelos favoritos de evolución humana fueron negados por el corpus de Bilzingsleben. En este caso, la cuestión no era la de las marcas tafonómicas (naturales) frente a las antrópicas, sino si las marcas de corte eran incidentales, lúdicas o intencionadas. Por ejemplo, se sugirió que las marcas eran el resultado de utilizar los huesos como tablas de cortar para cortar tiras de piel de animales. Nadie discute que se hicieron con herramientas de piedra, y está claro que muchas de ellas se dibujaron con gran cuidado, siendo largas y perfectamente rectas. Otras se habían hecho aplicando repetidamente la misma herramienta de piedra, por lo que en muchas de las marcas parecía haber un buen grado de intencionalidad.

Steguweit (1999) aplicó a este problema la microscopía láser, un método que se asemeja al trabajo de Urbani y Kitzler en cuanto a la cuantificación topográfica de un surco. Sin embargo, la precisión de este equipo es considerablemente mayor, y la posibilidad de aplicar el método directamente a la superficie de estudio en lugar de un molde de réplica elimina la necesidad de entrar en contacto con una muestra quizás frágil y valiosa. El método se ha desarrollado para el análisis metalúrgico, y proporciona perfiles de referencia a cualquier intervalo, así como matrices de modelado tridimensional de sectores individuales de 1.2×1.2 mm. La capacidad de detectar variaciones topográficas de unas pocas micras hace que este método sea adecuado para ranuras de menos de un milímetro de ancho. Las mediciones individuales, como la profundidad de la ranura, se realizan con una precisión de una décima de micra. La enorme cantidad de datos obtenidos se procesa digitalmente.

En sus análisis de cuatro objetos grabados de Bilzingsleben, Steguweit demostró que las líneas habían sido grabadas sólo con una presión ligera y muy uniforme, y que cada conjunto de marcas se hizo con una sola punta de herramienta. Y lo que es más importante, demostró que la ausencia total de irregularidades en la profundidad del surco, que se encuentran en las marcas incidentales resultantes del uso como base de corte, indicaba que los cortes no se hicieron a través de una piel o material similar; por lo que la aplicación de la herramienta se hizo directamente sobre la superficie ósea expuesta. Además, en el caso de dos de los cuatro objetos, la aplicación repetida de la herramienta sobre marcas individuales excluye esta posibilidad. Esto confirma la observación macroscópica de que las marcas de Bilzingsleben se hicieron a propósito y no son utilitarias (Bednarik 1988).

Aunque la relevancia del estudio de las marcas de corte en el hueso puede no ser evidente para la investigación del arte rupestre, las aplicaciones potenciales de esta tecnología para el registro son indudables. En particular,



algunos grabados finos en rocas de bajo metamorfismo que van desde la lutita hasta el esquisto, especialmente la pizarra y la filita, podrían someterse a un análisis similar mientras no estén demasiado erosionados. Del mismo modo, los finos grabados que a menudo se encuentran en las paredes de caliza de las cuevas profundas merecen sin duda esta atención, y proporcionarían excelentes datos de modelado microtopográfico de este tipo. Esta información ofrece la posibilidad de evaluar objetivamente las afirmaciones relativas a la morfología detallada de los grabados, ayuda al "análisis interno" e incluso puede contribuir a llegar a interpretaciones deductivas sobre la intencionalidad. Además, también es aplicable al arte mobiliario, especialmente a las placas y pizarras.

Microtopografía digitalizada

Los rápidos avances de la tecnología digital han facilitado el desarrollo de otro enfoque de registro topográfico (Bertani et al. 1997). Esta técnica óptica consiste en la proyección de una "luz estructurada" en forma de rejilla, y en el registro del efecto producido al ver el panel grabado desde una posición diferente a la de la fuente de luz. Mediante una cámara digital de circuito cerrado de alta resolución conectada a una micro-computadora, los algoritmos derivados de la interferometría digital crean una imagen tridimensional. La cuadrícula utilizada por Bertani et al. es un patrón de rayas verticales blancas y negras, y cuando se proyecta sobre una superficie irregular las rayas aparecerán distorsionadas si se ven desde otra perspectiva. Esta distorsión será una función del ángulo entre los ejes focales de la fuente de luz y la cámara. Para evitar la distorsión de la perspectiva, el eje de la cámara se coloca ortogonal a la superficie que se registra y en su centro (Fig. 9).

Bertani et al. aplicaron este método de registro a una serie de calcos tomados de las paredes densamente inscritas de un sitio italiano, la Cueva de Poesia, cerca de Lecce. Sin embargo, puede aplicarse fácilmente a paneles de petroglifos razonablemente planos, siempre que se disponga de un espacio adecuado delante del panel (al menos 2 m) y de una fuente de alimentación portátil para hacer funcionar la fuente de luz de rejilla, la cámara CCD y el ordenador. La cámara que utilizaron Bertani et al. tenía una matriz de plano focal de 1300×1000 sensores y

funcionaba a una temperatura de -35°C para minimizar el ruido electrónico. La cámara y el proyector de luz estaban espaciados en un ángulo de 11 grados, y la rejilla constaba de 40 líneas/mm. Para minimizar la distorsión geométrica, se utilizaron lentes de 35 mm de alta calidad tanto en el proyector como en la cámara. Las imágenes adquiridas pueden mejorarse con filtros digitales de paso alto, que "aplanan" las ondulaciones de la superficie del panel de roca filtrando las frecuencias espaciales bajas, mientras que al mismo tiempo se pueden realzar las frecuencias espaciales altas de los surcos de los petroglifos. El filtro modifica la intensidad de cada píxel, teniendo en cuenta el contraste local, mediante la evaluación algorítmica de los píxeles adyacentes, comparando las medias locales. Así, el filtro acentúa los cambios de intensidad sobre todo donde el contraste es escaso. Las imágenes resultantes son más legibles que las fotografías con luz rasante, ya que reflejan mejor el aspecto de los petroglifos. Sin embargo, si se aumenta demasiado el contraste, el ruido espacial producido por las finas irregularidades de la superficie de caliza se combina con el ruido instrumental y reduce la legibilidad. El operador tiene que elegir un compromiso entre la falta de resolución y el ruido excesivo, lo que se consigue fácilmente ajustando los parámetros del filtro.

Un mapa digital de superficie de alta resolución producido por este método facilita una variedad de manipulaciones de los datos primarios, cada una de las cuales conduce a una visualización diferente de los datos. El contenido informativo de un mapa numérico de este tipo es mucho mayor que el de una fotografía, y este método de registro no ofrece tanto un producto final como una línea de base para una tecnología de tratamiento de la información microtopográfica que aún está por explorar.

Microscopía óptica y electrónica

Las dos herramientas más importantes del investigador de las quilas o el arte rupestre son la escala de colores estándar (véase más arriba) y el microscopio. Una ciencia rupestre sin microscopio es impensable, aunque el microscopio no se considere una herramienta tradicional en el registro. La magnificación es generalmente necesaria en el registro tanto de pictogramas como de petroglifos, ya sea en la petrografía, en el estudio de las herramientas de piedra para la producción de petroglifos, en el análisis interno o en la identificación de los fenómenos de meteorización y patinación; por citar sólo algunos ejemplos. Esta puede ser proporcionada por lupas que van hasta los $20\times$ de aumento, y se encuentran como lentes de mano de diámetro pequeño o grande, o en forma de un par de lentes sobre una montura atada a la cabeza del observador. Este último es esencial en los trabajos de campo que implican el uso de ambas manos, en los que un aumento mínimo es adecuado: estudio inicial de los detalles de la superficie, recogida de muestras y nanoestratigrafía gruesa. Los microscopios monoculares de mano pueden ser tan pequeños que caben en el bolsillo de una camisa. Su uso en la investigación es limitado, ya que sus propiedades ópticas sólo ofrecen un campo de visión restringido, pero su aumento es efectivo hasta $50\times$ o $60\times$, lo que es más adecuado para muchos propósitos requeridos en el trabajo de registro.

Sin embargo, la mayoría de los trabajos especializados en la investigación del arte rupestre exigen el uso de microscopios binoculares sobre el terreno, aunque hay

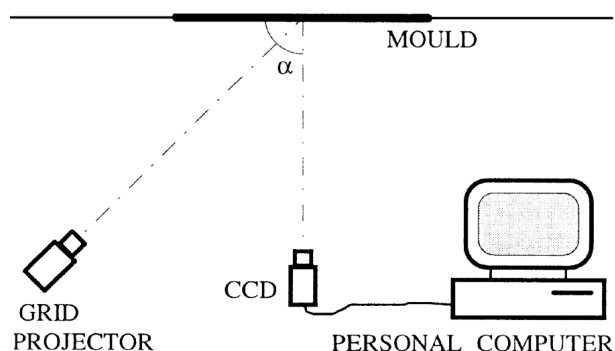


Figura 9. Los componentes del sistema de microtopografía digitalizada, tal como fue aplicada por Bertani et al. (1997). Se proyecta una cuadrícula sobre el panel y se graba con una cámara CCD.



algunas excepciones: el estudio de objetos de arte portátiles, muestras extraídas de los yacimientos, moldes, fragmentos de roca exfoliada, etc. Por desgracia, la mayoría de los microscopios binoculares no son adecuados para la microscopía de campo. Están diseñados para su uso en el laboratorio o para colocar objetos pequeños en su platina. Los microscopios binoculares funcionan bien hasta aumentos del orden de $160\times$, su límite superior viene impuesto por la longitud de onda de la luz natural, que es de aproximadamente 0,2 micras. Esto se traduce en un aumento máximo de $200\times$. Este rango es totalmente adecuado para identificar tipos de pátina, fenómenos de meteorización, unidades nanoestratigráficas, fenómenos de microerosión (y su cuantificación), estudios petrográficos y análisis internos de grabados finos, lo que en la mayoría de los casos supera los requisitos para un trabajo de registro eficaz.

No obstante, para una serie de trabajos especializados se necesitan mayores aumentos, que son los que proporcionan los microscopios electrónicos. Hay dos tipos que pueden ser útiles en los estudios de arte rupestre: el microscopio electrónico de transmisión (TEM) y el microscopio electrónico de barrido (SEM). El TEM tiene un poder de resolución unas diez veces mayor que el del SEM, o mil veces mejor que el de un microscopio óptico. En el TEM, un fino haz de electrones emitido por un filamento situado en el extremo superior de una columna evacuada atraviesa la muestra, que por tanto debe ser extremadamente fina. Los electrones son acelerados por un alto voltaje y forman una imagen del objeto en una pantalla fluorescente, que es registrada por una cámara. Los campos magnéticos actúan como lentes que enfocan el haz de electrones y amplían la imagen.

En los estudios de paleoarte, sin embargo, las muestras no suelen ser adecuadas para esta técnica, pero el SEM se ha revelado muy útil (por ejemplo, d'Errico 1988, 1989, 1991; Hyman et al. 1996; Mawk et al. 1996; Mawk y Rowe 1998; Watchman 1996; Watchman et al. 1997; Bednarik 2019). El SEM produce imágenes tridimensionales, ampliadas hasta $200\,000\times$. Para ello, se desplaza un fino haz de electrones a través de la superficie de la muestra, y los electrones reflejados en ella son recogidos por un detector. La señal eléctrica que inducen genera un punto de brillo en un monitor, que se desplaza rápidamente por la pantalla, en fase con el haz de electrones de barrido. La imagen de la superficie de la muestra aparece gradualmente. La resolución posible con este instrumento depende del tamaño del haz de electrones: cuanto más fino sea el haz, mayor será el aumento obtenido.

El uso del SEM está totalmente restringido al laboratorio, no sólo porque el equipo no es portátil, sino también porque en él sólo caben muestras pequeñas. Por ello, su uso en la investigación del paleoarte se limita al estudio de muestras de material (restos de pintura, pátinas) y de calcos diminutos (como los moldes de resina de caucho) de grabados finos, ya sean replicativos o arqueológicos. No obstante, el perfilado de la superficie de estos rasgos ha demostrado su importancia en la conservación, en la detección de falsificaciones y en la determinación de las causas de la variación morfológica de las marcas grabadas en los objetos de arte portátiles (d'Errico 1996). Una aplicación más reciente es el estudio de los productos de metamorfosis de energía cinética (KEM), que a veces se encuentran en los petroglifos (Bednarik 2015).

Fotogrametría y CAD

La fotogrametría se define como la ciencia y la tecnología de la obtención de información de modelado tridimensional de objetos físicos mediante el uso de múltiples fotografías, utilizando cámaras con lentes y geometría de películas de precisión conocida. Al ver un objeto tridimensional desde dos posiciones desplazadas horizontalmente, es posible calcular la distancia a cualquier punto del objeto comparando el desplazamiento de ese punto en sus dos imágenes vistas desde las dos posiciones. El procedimiento estándar consiste en tomar pares de fotografías que, con un visor, proporcionan una imagen de una superficie irregular, como un panel de roca, con profundidad de visión. Alternativamente, los datos ópticos así adquiridos pueden proveer un mapa de contornos o una descripción topográfica completa de la superficie. La fotogrametría no es ciertamente un método nuevo; se utiliza en la cartografía desde hace más de un siglo, y en el registro del arte rupestre desde hace algunas décadas (Rivett 1977, 1978, 1983; Turpin 1979; Ogleby y Rivett 1985; Aujoulat 1987).

Es evidente que este método tiene aplicaciones en el registro de las quilcas o arte rupestre, y conectaría especialmente bien con la cartografía geomórfica introducida por Soleilhavoup (véase más arriba). Sin embargo, este trabajo no se ha intentado, e incluso la fotogrametría directa sólo ha encontrado un uso limitado en el registro rupestre. Una serie de limitaciones en el método se han puesto de manifiesto en su aplicación: el equipo es voluminoso y pesado, el rango de enfoque y la elección de la película o la placa son limitados, y el proceso de derivación de dibujos a partir de pares de fotografías presenta obstáculos (Ogleby 1995). Es probablemente mejor estimado como un método más adecuado a ser complementado con otros, especialmente con métodos asistidos por computadora.

Kirsch y Kirsch (1996) han desarrollado diversas técnicas de tratamiento informático de imágenes fotogramétricas. Para sortear la dificultad de tratar con paneles de roca muy desiguales, escanean las dos imágenes y luego las corrigen en el ordenador utilizando puntos fiduciales humanamente reconocibles en el par estereoscópico (Brown 1992). A continuación, distorsionan las imágenes para que estos puntos se correspondan. El par de imágenes corregido debería entonces aproximarse a las condiciones óptimas. A partir de esto, Kirsch y Kirsch preparan un mapa de distancias, destinado a registrar las profundidades de los surcos y hendiduras de los petroglifos en relación con el panel de roca "aplanado". De este modo, pueden anular los ruidos visuales distorsionantes, como las marcas de tiza, porque la imagen ignora ahora el color de la superficie y registra únicamente la topografía. En efecto, al hacer que el plano del panel sea negro y el petroglifo blanco, mostrando los perfiles de las secciones, pueden producir lo que denominan una imagen "artificialmente tizada" de plasticidad tridimensional.

Más recientemente, una empresa estadounidense de consultoría de recursos, C Dimensions, también ha intentado combinar la fotogrametría tradicional con las nuevas tecnologías digitales. El proceso desarrollado por Cooper (2000) consiste en recopilar pares estereoscópicos de películas sobre el terreno, seguido de la digitalización de las imágenes y su traslado a un sistema fotogramétrico digital para una visualización tridimensional, medición



y extracción de datos. El sistema permite ampliar las características para la extracción de datos detallados, digitalizar y extraer elementos en tres dimensiones, producir modelos de elevación o de contorno muy precisos y crear ortoimágenes digitales rectificadas en sección (en las que se ha corregido la distorsión fotográfica).

Más recientemente, otros dos equipos han hecho lo mismo. Simpson et al. (2004) cubrieron la zona rocosa que se iba a registrar con numerosos puntos autoadhesivos como objetivos para un dispositivo de detección láser montado delante de una cámara digital. Produjeron una detallada representación tridimensional de la cara de la roca que registraron, adecuada para ser procesada por un programa CAD (diseño asistido por ordenador). La precisión del resultado depende de tres factores: la densidad de los objetivos en la superficie de la roca, la calidad del lente y la resolución de la cámara digital. Chandler et al. (2005) consiguieron eliminar la necesidad de colocar objetivos con su método totalmente no invasivo. Utilizaron dos cámaras digitales para crear pares de fotografías que, si se calibran, pueden producir datos tridimensionales precisos de los petroglifos. Para conseguirlo, se necesita un software fotogramétrico bastante caro (como el Leica Photogrammetry System) para adquirir automáticamente miles de puntos de referencia en la superficie de la roca. Cuando se combinan con sus ortofotografías (producidas digitalmente), estos datos también pueden utilizarse para desarrollar modelos precisos de realidad virtual. El trabajo de campo que requiere su sistema no exige ninguna experiencia en fotogrametría en la mayoría de los casos, y el equipo de campo es ligero y barato. Es evidente que la metodología se está desarrollando prometedoramente en esta dirección en la actualidad, y el elevado coste del software se ha reducido en los últimos años. Un ejemplo es el programa PhotoScan Professional desarrollado por la empresa rusa AgiSoft LLC (Plets et al. 2012), disponible por 549 dólares bajo licencia educativa.

En la fotogrametría tradicional, la distancia entre el centro del sistema de lentes y la película es invariable, es decir, la lente no puede enfocarse, pero la fotogrametría no métrica compensa las distorsiones del plano de proyección (el panel de roca irregular) mediante técnicas de calibración (Ogleby 1995). A partir de la matriz de medidas tridimensionales obtenida con la fotogrametría asistida por ordenador, se pueden crear archivos CAD tridimensionales. Los motivos individuales pueden localizarse en esos modelos digitales de superficie, pero una dificultad en el uso de programas de diseño asistido por ordenador es que no pueden tratar con límites "difusos", como los que inevitablemente se encuentran en los motivos rupestres, como el estético y las pinturas deterioradas. Sin embargo, con los sofisticados programas informáticos actuales es posible tratar las imágenes como mapas de texturas y mapearlas en un modelo CAD 3D del yacimiento o del panel rocoso. Las imágenes obtenidas con una cámara de vídeo, una cámara digital o escaneadas desde cualquier otro sistema de almacenamiento pueden digitalizarse y someterse a técnicas de tratamiento de imágenes (mejora, calibración del color y otras), y luego transferirse a la estación de trabajo CAD.

En última instancia, los datos así adquiridos pueden utilizarse para crear modelos de realidad virtual de los sitios con arte rupestre. La capacidad de ver formas, superficies y texturas desde cualquier perspectiva es fundamental para estas aplicaciones. Los programas CAD tridimensionales que se comercializan actualmente

son capaces de proyectar sombras, crear direcciones de iluminación y generar reflejos, así como de mover objetos animados dentro de su espacio. Por lo tanto, ahora está al alcance del investigador que utiliza esta tecnología (que ha sido diseñada con grandes gastos para otros fines, que van desde aplicaciones de ingeniería a juegos de ordenador) producir modelos de realidad virtual que permiten al espectador "caminar a través" de un sitio. Una vez comprimidos adecuadamente, estos datos pueden grabarse sin esfuerzo en un CD con la tecnología disponible. Plets et al. (2012), López Fraile et al. (2016) y Caninas et al. (2016) ofrecen buenos ejemplos de estos trabajos.

En relación con estos métodos está el uso de los sistemas de posicionamiento global (GPS) y los sistemas de información geográfica (GIS). Dependiendo de la precisión del equipo utilizado, estos instrumentos pueden ser de ayuda a varios niveles, desde la localización geográfica de un yacimiento hasta las aplicaciones geomáticas de precisión (Mark y Billo 1999). Con los programas informáticos adecuados y el uso de dispositivos electrónicos de medición de distancias, el GPS de precisión ofrece la oportunidad de simplificar el registro de los lugares y, al mismo tiempo, aumentar la exactitud. Esta tecnología no se ha aplicado hasta ahora de forma generalizada en el registro de del arte rupestre, quizá en parte porque los dispositivos de medición de distancias disponibles requerían la colocación de objetivos físicos para cada medición realizada. Sin embargo, a medida que se ha ido disponiendo de equipos no orientados a objetivos, las posibilidades de acoplar estos métodos con el CAD pueden hacer que la fotogrametría tradicional quede obsoleta en los trabajos de registro. En última instancia, esto lo decidirá la forma en que se desarrolle la tecnología para otras aplicaciones comercialmente relevantes.

Fotografía

La reproducción de imágenes ópticas en superficies fotosensibles, la fotografía, se considera a veces como un medio objetivo de representar la realidad. Esta impresión puede atribuirse a la similitud del proceso fotográfico con la propia visión humana: duplica en cierta medida lo que ocurre en el ojo. En ambos procesos, la luz reflejada selectivamente es recogida por una lente enfocada y proyectada sobre una superficie de productos químicos sensibles a la luz. Por lo tanto, la fotografía da lugar a una semejanza de determinados aspectos de la superficie que se asemeja a lo que la visión humana registra de la misma configuración de luz reflejada. El parecido entre la imagen fotográfica y la percepción visual es atribuible a la similitud de dos medios de procesar selectivamente información sobre superficies en la realidad física. Las reacciones neuronales humanas perciben la información visual en esta realidad de forma similar a como se registran los correspondientes patrones de luz en el mundo de los objetos en una fotografía en color. No obstante, las fotografías pueden contener más información de la que puede detectar el ojo humano, como hemos visto anteriormente. Pero estar en sintonía con la visión humana no significa que la fotografía sea objetiva.

Este no es el lugar para ofrecer información básica sobre cómo fotografiar *quilcas* o arte rupestre, pero hay algunos puntos fundamentales que pueden ser provechosos. Muchos investigadores no tienen acceso a



la mayoría de los métodos de registro alternativos que se enumeran en este capítulo, y es necesario subrayar que la fotografía sigue siendo el método más utilizado y el más eficaz para registrar arte rupestre. Siempre que esté calibrada en color, debería mantener este estatus durante muchos años. Es necesario hacer algunas observaciones básicas al respecto.

La calidad de las fotografías depende en gran medida de la iluminación, de la que suelen utilizarse tres fuentes: la radiación solar (directa o reflejada), el flash fotográfico o estroboscopio y las luces de cinematográficas. Independientemente de cuál sea la fuente principal de iluminación, su dirección no debe coincidir, por lo general, con el eje focal de la cámara, es decir, la luz debe proceder de una dirección distinta a la posición de la cámara. Las imágenes tomadas con un flash montado en la cámara carecen inevitablemente de profundidad. El uso de reflectores portátiles es a menudo un excelente medio de iluminación, pero en el caso de los petroglifos, especialmente los de poca definición, la fotografía con luz rasante sigue siendo la opción preferida. Excepto en las cuevas y en los abrigos rocosos muy oscuros, el uso de la iluminación artificial oblicua exige la fotografía nocturna. El flash fotográfico puede accionarse manualmente, o a través de un cable conectado a la cámara, o mediante un sensor de luz activado por otro flash. Los reflectores se utilizan generalmente cuando el arte rupestre está insuficientemente iluminado, pero cuando se dispone de luz solar directa en las proximidades. Los reflectores plegables de tela metálica son ideales, y también he utilizado grandes espejos con buenos resultados.

El método más eficaz para fotografiar el arte rupestre es el de los focos de tungsteno, porque pueden moverse fácilmente hasta conseguir el mejor efecto visual, el mejor equilibrio entre las zonas iluminadas y las no iluminadas. El procedimiento implica un equipo de dos personas, una que controla la imagen en la cámara y dirige a la otra, que maniobra la luz, variando la distancia, la intensidad, el ángulo y la dirección según sea necesario. La alta potencia de las luces adecuadas hace que una fuente de alimentación de media tensión sea útil, pero no necesaria. Desde 1982 utilizo un cinturón de baterías de plomo del tipo que usan los reporteros de televisión, que facilita la fotografía (y la filmación) incluso en cuevas profundas de piedra caliza y lugares igualmente inaccesibles. Con una carga completa, alimenta una lámpara de cine de 250 watts durante 15 o 20 minutos (dependiendo del tiempo que se dé a las baterías para recuperarse después de cada uso). Es importante tener en cuenta que estas fuentes de luz generan un calor considerable y deben mantenerse a una distancia adecuada de la superficie del arte rupestre.

Algunos investigadores han experimentado con una variedad de películas y filtros especiales (por ejemplo, filtros de contraste de banda estrecha), pero los recientes avances técnicos parecen hacer que algunos de estos trabajos experimentales queden superados. Un nuevo argumento contra el uso de filtros de color en la fotografía de arte rupestre es que sus productos son menos adecuados para el tratamiento de la calibración del color, y el principiante haría bien en aspirar a la mejor veracidad del color posible, en lugar de experimentar quizás innecesariamente con filtros. Esto no se extiende, obviamente, a los filtros utilizados en la fotografía monocromática, por ejemplo, el uso de un filtro azul para realzar los residuos de pintura de color naranja, o los filtros de contraste rojo para aclarar el pigmento rojo

de la hematites sobre un fondo oscuro.

Hay que mencionar el uso de la película de infrarrojos, a la que Marshack (1975, 1986) y otros han recurrido con provecho para realzar los residuos de pintura casi invisibles, o para distinguir entre pinturas de colores similares de diferentes recetas. Esto puede ayudar a separar las aplicaciones de pintura superpuestas, porque la película infrarroja trata los ocre rojo como semitransparentes, detectando las impurezas más que los pigmentos reales. Dado que las impurezas pueden diferir entre las fases de la pintura, el método a menudo logra separar los motivos y detectar la forma de las figuras ocultas por la aplicación de pintura más reciente. Además, los organismos vivos son fluorescentes cuando se observan bajo la luz ultravioleta, por lo que cuando están presentes en concentraciones adecuadas se hacen visibles mediante el uso de dicha luz. Este método tiene importantes aplicaciones en la conservación del arte rupestre. La luz UV también puede ser de gran ayuda en la detección de rastros de pigmentos muy desvanecidos. Por ejemplo, un octogenario de Millicent había insistido en que en la cueva de Gran-Gran, cerca de Millicent (Australia del Sur), había habido varias plantillas de manos cuando él era joven. Nuestra búsqueda más exhaustiva con lentes de mano no logró encontrar ningún rastro de pigmento, pero cuando introdujimos un generador en la cueva para hacer funcionar una potente luz UV encontramos claros rastros de al menos una imagen de mano, precisamente donde se había previsto.

Resulta especialmente interesante el método descrito por Henderson (1995), que utilizó luz polarizada para fotografiar paneles de arte rupestre cubiertos por una piel de sílice, vandalizados por arañazos en la superficie, o simplemente desvanecidos. El objetivo es separar la reflectancia de superficie (por ejemplo, el "resplandor" de una piel de sílice o residuo de pintura desgastada) de la retrodispersión interna, de modo que se puedan destacar los reflejos difusos subyacentes. Este método ha conseguido mejorar los resultados de la fotografía en color y en blanco y negro. Los flashes electrónicos, así como la propia cámara, están equipados con filtros polarizadores que sólo permiten el paso de aquellas longitudes de onda de la luz que oscilan en un solo plano. El reflejo primario de la superficie permanece polarizado en el mismo plano, y cuando pasa a través de un segundo filtro (antes de entrar en la cámara) que está girado a 90°, la luz reflejada será absorbida completamente ("polarización cruzada"). Sin embargo, el componente difuso y retrodispersado de la luz, el cual refleja los residuos de pigmento parcialmente enmascarados, se despolariza y, al reflejarse, parte de ella puede atravesar el segundo filtro (Fig. 10). De este modo se pueden separar los reflejos superficiales de los interiores. Incluso en pinturas bien conservadas, este método mejorará la visibilidad de los motivos al eliminar prácticamente toda la reflexión de la luz en la superficie. Dado que no es práctico intentar polarizar la luz del sol, el método debe utilizar fuentes de luz cuya radiación pueda polarizarse, preferiblemente dos estroboscopios electrónicos colocados a 30 o 40 grados a cada lado de la posición de la cámara. El método permite mejorar considerablemente la visibilidad de los pictogramas fotografiados, especialmente los cubiertos por depósitos semitranslúcidos de acreción.

En toda la fotografía de *quilcas* o arte rupestre, la regla primordial y más importante es simplemente que no se debe hacer ninguna fotografía, diapositiva o película

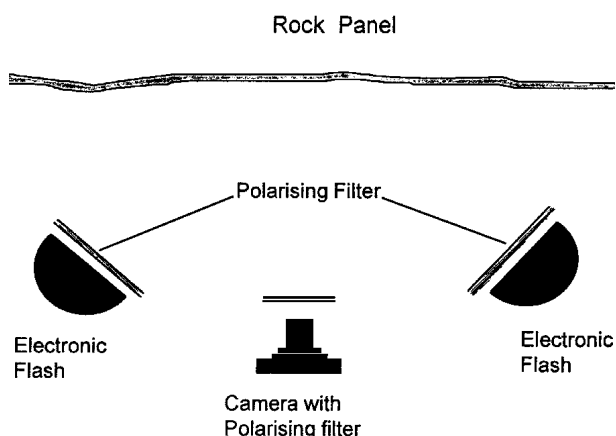


Figura 10. Los componentes del sistema de microtopografía digitalizada, tal como fue aplicada por Bertani et al. (1997). Se proyecta una cuadrícula sobre el panel y se graba con una cámara CCD.

en color sin colocar una escala estándar calibrada en el encuadre. Si se considera que desvirtúa la "estética" de la imagen, puede situarse en el margen mismo para su posterior recorte. Sin embargo, no incluir un estándar de color es egoísta e irresponsable. La norma internacional preferida para el tamaño, el color y la escala de grises es la escala estándar de la IFRAO, que está a disposición de los investigadores de todo el mundo.

Facsimiles

La creación de facsímiles físicos de arte rupestre podría considerarse el método "definitivo" de registro, y es también el que más tiempo consume. Hay que distinguirlo de la toma de moldes de los petroglifos, como los moldes de yeso. Los facsímiles se realizan hoy en día sin ningún contacto con el arte rupestre, y su objetivo es producir una copia tridimensional a escala real del panel de roca, el abrigo o el pasaje de la cueva original, con todos los detalles de forma, morfología, textura y color de la superficie. La calidad de un facsímil se mide por su parecido con el original. Un facsímil puede comprender sólo una pequeña sección de un panel, o puede abarcar una gran parte de un yacimiento completo.

Los facsímiles de arte rupestre más célebres del mundo son, sin duda, Lascaux 4 y la cueva de Chauvet, que son copias de las dos famosas cuevas de Francia. Creadas para la industria del turismo cuando se reconocieron los significantes efectos nocivos de la intensa visita humana a la cueva caliza de Lascaux, sus tres copias han sido vistas por decenas de millones de visitantes, y su importantísimo coste original (varios millones de dólares) fue compensado en pocos años por el comercio turístico que atrajo. El coste del facsímil de Lascaux 4 fue de 64 millones de dólares; el de la cueva de Chauvet, de 75 millones. Lascaux 2 se construyó en una cantera cercana al emplazamiento de la cueva original (cerrada al público desde hace tiempo), y las normas establecidas por ese proyecto siguen siendo las ideales. En este caso no hay duda de que una réplica ha salvado al original de la lenta destrucción por los hongos, pero hay otras razones para querer crear réplicas de arte rupestre. En particular, los museos y las exposiciones pueden ofrecer de este modo una experiencia a sus visitantes que de otra manera implicaría viajar a un sitio muy remoto, o que no es posible

por otros medios debido a que un sitio no puede ponerse a disposición del público. Existen numerosas situaciones de este tipo, pero desgraciadamente la creación de facsímiles de arte rupestre de buena calidad no sólo es muy cara, sino que implica una gran experiencia y el uso de equipos sofisticados. Además, muy pocas personas en todo el mundo poseen la experiencia necesaria, existiendo un limitado apoyo a este trabajo.

El soporte preferido para las réplicas modernas de arte rupestre es la fibra de vidrio, por su excelente relación entre robustez y ligereza, su buena trabajabilidad, su resistencia a diversas formas de deterioro y la posibilidad de construir paneles en secciones desmontables. El trabajo suele comenzar con un registro fotográfico exhaustivo del panel que se va a reproducir y un estudio tridimensional de la roca de soporte para establecer su forma general. Esto último se hace tradicionalmente mediante fotogrametría o utilizando un teodolito de precisión, asegurando un gran número de dimensiones, pero, obviamente, los mismos tipos de sistemas digitalizados descritos anteriormente pueden utilizarse para adquirir estos datos de forma más conveniente y quizás más precisa. Sin embargo, ninguno de estos métodos se adapta a los estrechos límites de algunas cuevas. En este entorno, el método de Kelvin Smibert de escanear paneles con un sistema láser transversal es mucho más preciso y los datos obtenidos son transferibles directamente y a bajo coste a la fase de construcción. En el estudio, la construcción comienza con un marco en el que estos datos se transforman en una semejanza del panel de roca, primero creando la forma general del soporte, y luego mapeando en él la morfología, con todas las grietas, rasgos de meteorización y demás (Fig. 11).



Figura 11. Preparación de un facsímil de panel de roca antes de la colocación del arte rupestre (Fotografía de Kelvin Smibert).

Esto lleva a reproducir los detalles más finos de las texturas de superficie, consultando continuamente el registro fotográfico y volviendo a visitar el sitio que se está copiando para comprobar más detalles. En esta fase, la experiencia se convierte en un factor crucial, ya que la recreación de diversos tipos de superficies rocosas implica una considerable habilidad y destreza artística. Por ejemplo, si el yacimiento que se reproduce se encuentra en una cueva de piedra caliza, es probable que el panel muestre una considerable variación en las texturas de la superficie, atribuible a los distintos patrones de meteorización de la espeleología y a la gran variabilidad de los depósitos de travertino, coladas y formaciones estalagmíticas. Todos estos tipos de superficie pueden ser reproducidos con gran autenticidad por un hábil artesano, pero sólo tras años de formación.

Por último, el arte rupestre se transfiere a partir del registro realizado, y de nuevo la competencia artística es esencial. Hay varios métodos para hacerlo de forma eficaz, por ejemplo, se pueden proyectar imágenes fotográficas sobre el panel para esbozar referencias, mientras que el trabajo artístico se lleva a cabo con métodos bastante similares a la forma en que se creó el arte rupestre original (Fig. 12). En el presente contexto no es pertinente examinar los detalles técnicos de este tipo de trabajo, que es claramente competencia de los especialistas. Los facsímiles son, sin duda, una forma de registro del arte rupestre, pero su realización no está al alcance de cualquiera, sino de los más decididos productores del registro. Hay métodos más sencillos para recrear réplicas menos precisas; por ejemplo, en una pared de mi oficina hay una representación de un panel de petroglifos con dos imágenes de tilacinos que descubrí en el Pilbara australiano en 1968. Está hecho de cemento del color de la roca profundamente patinada de Pilbara, marrón rojizo oscuro, por lo que se parece bastante a la textura y el color del original. Hice este facsímil en 1972, colocando primero una rejilla de cuerda sobre la pared, idéntica a la que había utilizado para registrar las figuras, y luego trazando la imagen según mi grabación en el enlucido de cemento de grano grueso a medio fraguar.

Insisto en que no se trata de un facsímil muy preciso. Los mejores facsímiles realizados en Australia son los de Kelvin Smibert de Mt Gambier, un artista que tuvo curiosidad por el arte rupestre que yo había descubierto con mis colegas, Elfriede Bednarik y Geoffrey Aslin, en la zona general de Mt Gambier (Bednarik 1990c). Smibert se interesó por hacer facsímiles de paneles de petroglifos de cuevas y yo fomenté su trabajo con consejos y ánimos durante muchos años. Adquirió una pequeña fábrica para utilizarla como estudio y, tras desarrollar sus habilidades, realizó y

expuso un buen número de magníficos facsímiles, así como de pinturas en arenisca. Entre sus réplicas de pinturas se encuentra una de 25 metros cuadrados completos del Parque Nacional de Anbangbang, en Australia. Esta comisión está expuesta de forma permanente en la sección de arte rupestre mundial del Centro Nacional Indira Gandhi de Nueva Delhi. Aunque el autor ha conseguido algunas comisiones menores desde entonces, su extraordinaria maestría no ha suscitado el interés que merece.

Observaciones finales

Los registros de *quilcas* o arte rupestre que producimos colectivamente necesitan ser almacenados de alguna forma, y ha habido una serie de iniciativas para albergarlos. Naturalmente, estos registros adoptan muchas formas, desde CDs a serigrafías, desde vastas colecciones de diapositivas a kilómetros de láminas de

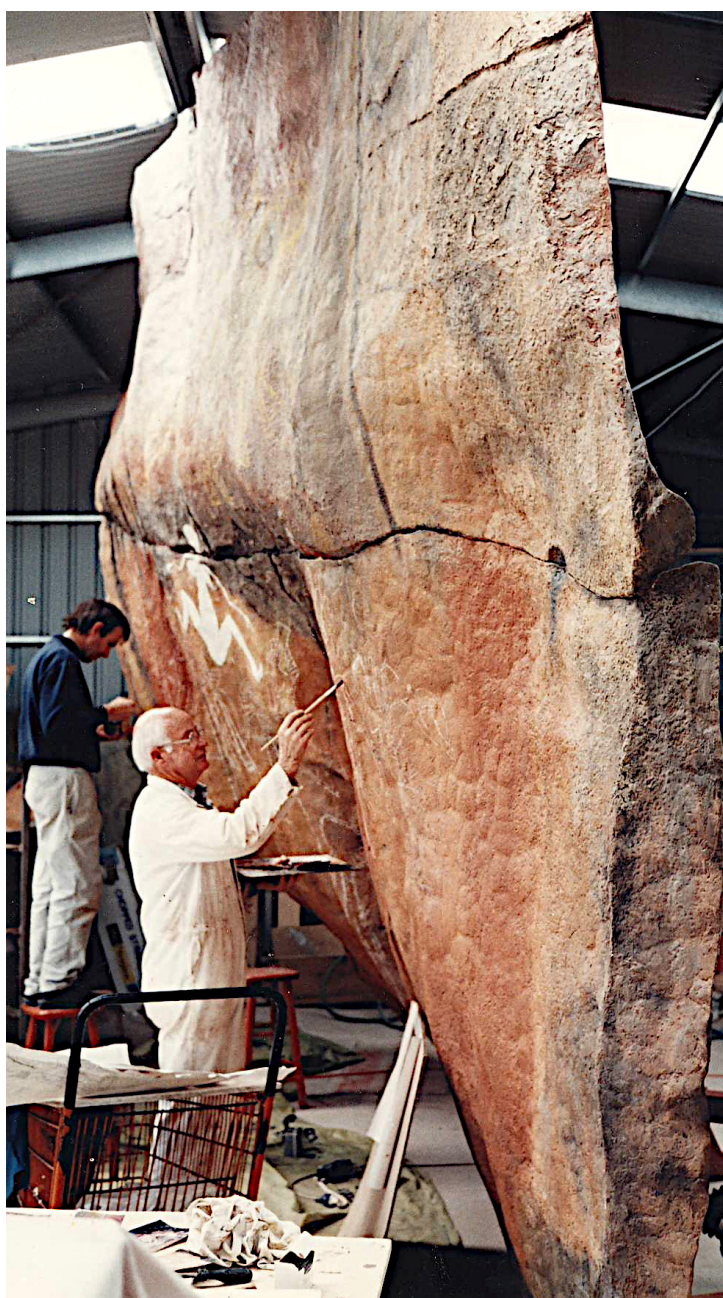


Figura 12. Recreación de un panel de arte rupestre en un facsímil de fibra de vidrio (Fotografía de Kelvin Smibert).



Mylar o facsímiles completos que miden muchos metros. Incluyen documentación y bibliografías relevantes, mapas, películas, cintas de video, incluso cintas de audio de entrevistas (por ejemplo, de los custodios tradicionales de los sitios). Algunos de los archivos de arte rupestre del mundo pueden considerarse colecciones públicas, otros son quizá de carácter semipúblico, mientras que otros son de propiedad privada. De vez en cuando se reclama la creación de un archivo mundial de arte rupestre en uno u otro continente, pero las experiencias de estas iniciativas distan mucho de ser alentadoras, y tampoco hay pruebas tangibles de que una institución de este tipo beneficie a la disciplina mundial de estos estudios. Se puede argumentar fácilmente que un centro mundial se limitaría a acumular material, fomentar el favoritismo y crear oportunidades de carrera. En este sentido, las iniciativas que hemos visto hasta ahora no han conseguido un amplio apoyo, y la razón principal es que la mayoría de los investigadores son individualistas; tienden a ser escépticos con la autoridad y las estructuras de poder. Además, existe la importante cuestión de la propiedad del arte rupestre, incluso de los derechos de autor. En el caso de Australia, todo el arte rupestre prehistórico fue realizado por los aborígenes, cuyos descendientes han heredado esta tradición cultural en el pleno sentido de la palabra, quienes, a través de sus actuales custodios siguen teniendo "derechos de autor" a perpetuidad. Además, no hay que olvidar que gran parte del arte rupestre es de carácter secreto o sagrado y no está a disposición de todos. Este tipo de limitaciones no se restringe a Australia; existe en muchas otras partes del mundo donde esto se viene ignorando en mayor o menor medida. Así pues, las condiciones en las que el arte rupestre se registra difieren de una región del mundo a otra, y un archivo en Capo di Ponte o en la UCLA no necesariamente tendría en cuenta todos los factores relevantes. Parece que las colecciones no centralizadas de registros rupestres han llegado para quedarse.

No obstante, también es cierto que, en algunos aspectos, un cierto grado de globalización sería beneficioso, aunque no al nivel que a veces se sugiere en este contexto. El tipo de preocupaciones de muchas personas que reclaman archivos mundiales de arte rupestre, como la comparación de los motivos rupestres de Tombuctú con los de Terranova, no tiene prácticamente ningún valor y suele dar lugar a trabajos que es mejor no publicar. La cooperación internacional es importante, especialmente en conservación, gestión de yacimientos, metodología y terminología. Pero la experiencia sugiere hasta ahora que estos objetivos comunes son mejor servidos por una estructura internacional que no busque ninguna influencia o control, sino que exista puramente con fines altruistas, como IFRAO. Y lo que es más importante, IFRAO hace hincapié en la regionalización de la investigación rupestre y en la autonomía de sus organizaciones miembros en todo el mundo. De esta manera, la forma más prometedora de crear una red mundial de archivos eficaz para el arte rupestre es a través de IFRAO: una afiliación no formal de centros de archivos allí donde existan. Este sistema será criticado por quienes buscan un sistema centralizado que pueda ser asumido y controlado, pero en este campo creo que prevalecerá. Es interesante observar que, en Australia, el mayor archivo de arte rupestre es propiedad privada de una persona (el Centro de Arte Rupestre de Takarakka, propiedad del difunto Grahame Walsh), y el segundo más grande

es el archivo de una sociedad académica, la Asociación Australiana de Investigación del Arte Rupestre. Hay argumentos a favor y en contra de este tipo de sistemas, pero a fin de cuentas los sistemas de almacenamiento que evolucionan de forma natural funcionan, los sistemas forzados no. Hay que recordar a los partidarios de los archivos centralizados o, al menos, estatales, que no hay pruebas tangibles de que tales organismos, cuando existen, hayan dado lugar a una investigación de mayor calidad. Más bien tienden a sofocar la iniciativa y a contribuir a la creación de tecnocracias académicas.

Este artículo no debería cerrarse sin un comentario sobre el nexo entre el registro y los problemas de conservación. Las *quirlas* o el arte rupestre existen hoy porque han conseguido sobrevivir, y a menos que su conservación se vea amenazada por nuevos peligros, en la mayoría de los casos debería sobrevivir a los registros que hacemos de él. La mayor amenaza para su conservación proviene de los seres humanos, y eso incluye ciertamente a los investigadores, especialmente a través de su erróneo trabajo de registro. A menudo el arte rupestre ha sufrido una degradación en el curso de proyectos de registro que eran duplicaciones innecesarias de trabajos anteriores; o que no produjeron registros útiles porque fueron concebidos o ejecutados inadecuadamente; o porque los registros nunca fueron publicados o archivados y por lo tanto no son de utilidad para la disciplina. No es necesario insistir en que la destrucción del arte rupestre y de su estructura o potencial de investigación nunca está justificada, pero si se produce en el curso de actividades mal concebidas e intrascendentes, es doblemente lamentable.

Hay una regla sencilla que rige todo el trabajo de documentación rupestre: los registros que producimos son inadecuados, provisionales, deficientes y mediocres. No hay excepciones. Hagamos lo que hagamos, de la manera que alcancemos nuestros registros, no tenemos derecho a perjudicar el trabajo de generaciones de futuros investigadores. Tenemos la profunda responsabilidad de no disminuir el potencial de investigación del arte rupestre y su estructura, y a menos que podamos predecir qué métodos aportarán estas futuras generaciones a la tarea de conducir la ciencia del arte rupestre, simplemente carecemos de toda justificación para entrar en contacto con este material en el curso de nuestros, ciertamente primitivos, esfuerzos de registro. No tengo idea que métodos usaran los científicos de los siglos XXII o XXIII. Me atrevo a decir que nadie más lo sabe.

Prof. Robert Bednarik
Hebei Normal University
P.O. Box 216
Caulfield South, VIC 3162
Australia
robertbednarik@hotmail.com

REFERENCES

- AUJOULAT, N. 1987. *Le relevé des oeuvres parietales paléolithiques, enregistrement et traitement des données*. Documents d'Archéologie Française 9, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.
- BAHN, P. G., R. G. BEDNARIK and J. STEINBRING 1995. The Peterborough Petroglyph Site: reflections on massive intervention in rock art. *Rock Art Research* 12: 29-41.



- BEDNARIK, R. G. 1979. The potential of rock patination analysis in Australian archaeology - part 1. *The Artefact* 4: 14-38.
- BEDNARIK, R. G. 1980. The potential of rock patination analysis in Australian archaeology - part 2. *The Artefact* 5: 47-77.
- BEDNARIK, R. G. 1981. Finger lines, their medium, and their dating. Unpubl. MS, 34 pp., Archive of the Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- BEDNARIK, R. G. 1984a. Die Bedeutung der paläolithischen Fingerlinientradition. *Anthropologie* 23: 73-79.
- BEDNARIK, R. G. 1984b. Comment on L. L. Dickman, 'An image digitising and storage system for use in rock art research'. *Rock Art Research* 1: 33-34.
- BEDNARIK, R. G. 1985. Parietal finger markings in Australia. *Bollettino del Centro Camuno di Studi Preistorici* 22: 83-88.
- Bednarik, R. G. 1987a. The chalking of petroglyphs: a response. *La Pintura* 15(2+3): 12-13.
- BEDNARIK, R. G. 1987b. No pictographs at end of Roch-ester Creek rainbow. *La Pintura* 15(2+3): 14-18.
- BEDNARIK, R. G. 1988. Comment on D. Mania and U. Mania, 'Deliberate engravings on bone artefacts of Homo erectus'. *Rock Art Research* 5: 96-100.
- BEDNARIK, R. G. 1990a. Sobre la practica de tizar los petroglifos. *SIARB Boletín* 4: 24-26.
- BEDNARIK, R. G. 1990b. Petroglyph moulds and ethical standards. *Archaeology in New Zealand* 33: 209-13.
- BEDNARIK, R. G. 1990c. The cave petroglyphs of Australia. *Australian Aboriginal Studies* 1990(2): 64-68.
- BEDNARIK, R. G. 1991. The IFRAO Standard Scale. *Rock Art Research* 8: 78-80.
- BEDNARIK, R. G. 1992. A new method to date petroglyphs. *Archaeometry* 34: 279-91.
- BEDNARIK, R. G. 1993. Meaning of 'vulva' symbols established. *AURA Newsletter* 10(1): 4-5.
- BEDNARIK, R. G. 1994a. A taphonomy of palaeoart. *Antiquity* 68: 68-74.
- BEDNARIK, R. G. 1994b. No sex, please, we're gliders! *AURA Newsletter* 11(1): 1-2.
- BEDNARIK, R. G. 1994c. Introducing the IFRAO Standard Scale. *Rock Art Research* 11: 74-5.
- BEDNARIK, R. G. 1994d. Colour re-constitution achieved! Historical breakthrough in rock art research. *Rock Art Research* 11: 150.
- BEDNARIK, R. G. 1994e. The discrimination of rock markings. *Rock Art Research* 11: 23-44.
- BEDNARIK, R. G. 1995a. The age of the Côa valley petroglyphs in Portugal. *Rock Art Research* 12: 86-103.
- BEDNARIK, R. G. 1995b. Computer colour re-constitution of rock art imagery. *Pictogram* 8(1): 24-28.
- BEDNARIK, R. G. 1995c. Perpetual digital preservation of rock art imagery. *International Newsletter on Rock Art* 12: 25-27.
- BEDNARIK, R. G. 1997. Microerosion analysis of petroglyphs in Valtellina, Italy. *Origini* 21: 7-22.
- BEDNARIK, R. G. 1999. The speleothem medium of finger flutings and its isotopic geochemistry. *The Artefact* 22: 49-64.
- BEDNARIK, R. G. 2002. About the age of Pilbara rock art. *Anthropos* 97(1): 201-15.
- BEDNARIK, R. G. 2015. The tribology of cupules. *Geological Magazine* 152(4): 758-65.
- BEDNARIK, R. G. 2019. *Tribology in geology and archaeology*. Nova Scientific Publishers, New York.
- BEDNARIK, R. G. and K. SESHADRI 1995. Digital colour re-constitution in rock art photography. *Rock Art Research* 12(1): 42-51.
- BERTANI, D., A. CAPANNI, M. CETICA, L. PEZZATI and C. PAGLIARI 1997. Digitised recording of petroglyphs in Poesia Cave, Italy. *Rock Art Research* 14: 137-42.
- Bock, A. J. 1981. To chalk ... or not to chalk ... response. *La Pintura* 7(4): 13-14, 17.
- BRADY, L. M., B. DAVID, L. MANAS, The Mualgal Corporation and I. Mcniven 2004. Rock paintings of Mua Island: initial results from western Torres Strait. *Rock Art Research* 21: 27-46.
- BROWN, L. G. 1992. A survey of image registration techniques. *ACM Computing Surveys* 24: 4.
- CAMPBELL, J. B. 2000. The Chillagoe and Laura laser-AMS dating project. In G. K. Ward and C. Tuniz (eds), *Advances in dating Australian rock-markings*, pp. 80-83. Occasional AURA Publication 10, Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- CANINAS, J. C., H. PIRES, F. HENRIQUES and M. CHAMBINO 2016. Rock art in Portugal's border area. *Rock Art Research* 33(1): 79-88.
- ČERNOHOÚZ, J. and I. SOLČ 1966. Use of sandstone wanes and weathered basaltic crust in absolute chrono-logy. *Nature* 212: 806-7.
- CHAFFEE, S. C., M. HYMAN and M. ROWE 1993. *AMS 14C dating of rock paintings*. In J. Steinbring and A. Watchman (eds), *Time and space: dating and spatial considerations in rock art research*, pp. 67-73. Occasional AURA Publication 8, Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- CHANDLER, J. H., J. G. FRYER and H. T. KNIEST 2005. Non-invasive recording of Aboriginal rock art using cost-effective digital photogrammetry. *Rock Art Research* 22.
- CHOU, L., R. M. GARRELS and R. WOLLAST 1989. Comparative study of the kinetics and mechanisms of dissolution of carbonate minerals. *Chemistry and Geology* 78: 269-82.
- CLEGG, J. 1978. Simple field techniques for recording engravings by casting and stereophotography. In C. Pearson (ed.), *Conservation of rock art*, pp. 22-26. Institute for the Conservation of Cultural Material, Sydney.
- CLOGG, P., M. DIAZ-ANDREU and B. LARKMAN 2000. Digital image processing and the recording of rock art. *Journal of Archaeological Science* 27: 837-43.
- COLMAN, S. M. and K. L. PIERCE 1981. *Weathering rinds on andesitic and basaltic stones as a Quaternary age indicator, western United States*. U.S. Geological Survey, Professional Paper 1210.
- COOPER, E. S. 2000. Technological advances in rock art recording. *ESRARA Newsletter* 5(4): 15.
- DELLUC, B., G. DELLUC, M. LEJEUNE and F. SOLEILHAVOUP 1986. Lecture analytique des supports rocheux et relevé synthétique. *L'Anthropologie* 90: 801-4.
- DEL MONTE, M. and S. SABBIONI 1987. A study of the patina called 'scialbatura' on Imperial Roman marbles. *Studies in Conservation* 32: 114-21.
- D'ERRICO, F. 1988. Lecture technologique de l'art mobilier grave nouvelles méthodes et premiers résultats sur les galets graves de Rochedane. *L'Anthropologie* 92: 101-22.
- D'ERRICO, F. 1989. Palaeolithic lunar calendars: A case of wishful thinking? *Current Anthropology* 30: 117-18.
- D'ERRICO, F. 1991. Microscopic and statistical criteria for the identification of prehistoric systems of notation. *Rock Art Research* 8: 83-93.
- D'ERRICO, F. 1996. Image analysis and 3-D optical surface profiling of Upper Palaeolithic mobiliary art. *Microscopy and Analysis* 1996(1): 27-29.
- DICKMAN, J. L. 1984. An image digitising and storage system for use in rock art research. *Rock Art Research* 1: 25-35.
- DORN, R. I. 1990. Rock varnish dating of rock art: state of the art perspective. *La Pintura* 17(2): 1-2, 9-11.
- ENGEL, C. E. and R. P. SHARP 1958. Chemical data on desert varnish. *Bulletin of the Geological Society of America* 69: 487-518.
- FRANCIS, J., L. L. LOENDORF and R. I. DORN 1993. AMS radiocarbon and cation-ratio dating of rock art in the Bighorn Basin of Wyoming and Montana. *American Antiquity* 58: 711-37.
- GENGE, P. 1990. Bravo Bednarik. *Pictogram* 3(2): 18.
- GOODWIN, A. J. H. 1960. Chemical alteration (patination) of stone. In R. F. Heizer and S. F. Cook (eds), *The application of quantitative methods in archaeology*, pp. 300-312. Viking Fund Publications in Anthropology 28, New York.



- HARMAN, J. 2016. Enhancing faint pictograms in the field. *Rock Art Research* 33(2): 236-38.
- HENDERSON, J. W. 1995. An improved procedure for the photographic enhancement of rock paintings. *Rock Art Research* 12: 75-85.
- HYMAN, M., S. A. TURPIN and M. E. ZOLENSKY 1996. Pigment analyses from Panther Cave, Texas. *Rock Art Research* 13: 93-103.
- KIRSCH, R. A. and J. L. KIRSCH 1996. New ways of viewing petroglyphs with computers. Paper presented at the Sarara Conference, Swakopmund, Namibia, August 1996.
- KITZLER, L. 2000. Surface structure analysis of runic inscriptions on rock. A method for distinguishing between individual carvers. *Rock Art Research* 17: 85-98.
- Lazzarini, L. and O. Salvadori 1989. A reassessment of the formation of the patina called scialbatura. *Studies in Conservation* 34: 20-26.
- LEEN, D. 1981. To chalk or not to chalk. *La Pintura* 8(3): 11.
- LOENDORF, L. 1989. Nine rock art sites in the Piñon Canyon Maneuver Site, southeastern Colorado. Unpubl. report No. 248, to the National Parks Service, Rocky Mountain Regional Office, Denver, reference contract No. 110 1200-7-B061.
- LOENDORF, L. 2001. Rock art recording. In D. S. Whitley (ed.), *Handbook of rock art research*, pp. 55-79. AltaMira Press, Walnut Creek, California.
- LÖFVENDAHL, R. and J. Magnusson 2000. Research and development – degradation and care. In K. Kallhovd and J. Magnusson (eds), *Rock carvings in the borderlands*, 47-72. Interred IIA Project, Bohuslän /Dalsland and Østfold.
- LÓPEZ FRAILE, F. J., L. M. GÓMEZ GARCÍA and A. CABALLERO KLINK 2016. 3D documentation and use of DStretch for two new sites with post-Palaeolithic rock art in Sierra Morena, Spain. *Rock Art Research* 33(2): 127-42.
- MCNIVEN, I. J., B. DAVID and L. BRADY 2002. Torres Strait rock art; and enhanced perspective. *Antiquity* 74: 759-60.
- MANIA, D. and U. MANIA 1988. Deliberate engravings on bone artefacts of Homo erectus. *Rock Art Research* 5: 91-107.
- MARK, R. and E. BILLO 1999. A stitch in time: digital panoramas and mosaics. *American Indian Rock Art* 25: 155-68.
- MARK, R. and E. BILLO 2002. Application of digital image enhancement in rock art recording. *American Indian Rock Art* 28: 121-28.
- MARK, R. and E. NEWMAN (BILLO) 1995. IFRAO calibration system as a plug-in. *Rock Art Research* 12: 129.
- MARSHACK, A. 1975. Exploring the mind of Ice Age man. *National Geographic* January 1975: 65-89.
- MARSHACK, A. 1986. Reply to Comments on A. Marshack, 'Theoretical concepts that lead to new analytic methods, modes of enquiry and classes of data'. *Rock Art Research* 3: 67-82.
- MAWK, E. J., M. F. NOBBS and M. W. ROWE 1996. Analysis of white pigments from the Olary region, South Australia. *Rock Art Research* 13: 31-37.
- MAWK, E. J. and M. W. ROWE 1998. Effect of water on Lower Pecos River rock paintings in Texas. *Rock Art Research* 15: 12-16.
- MIRMEHDI, CHALMERS, BARHAM AND GRIFFITH n.d. Automated analysis of environmental degradation of mineral pigments. MS in AURA Archive.
- MITHEN, S. (ed.) 1998. *Creativity in human evolution and prehistory*. Routledge, New York.
- OGLEBY, C. L. 1995. Digital technology in the documentation and management of rock art. In A. Thorn and J. Brunet (eds), *Preservation of rock art*, pp. 80-87. Occasional AURA Publication 9, Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- OGLEBY, C. L. and L. J. RIVETT 1985. *Handbook of heritage photogrammetry*. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- PLETS, G., G. VERHOEVEN, D. CHEREMISIN, R. PLETS, J. BOURGEOIS, B. STICHELBAUT, W. GHEYLE and J. DE REU 2012. The deteriorating preservation of the Altai rock art: assessing three-dimensional image-based modelling in rock art research and management. *Rock Art Research* 29(2): 139-56.
- RIMSTIDT, J. D. and H. L. BARNES 1980. The kinetics of silica-water reactions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44: 1683-99.
- RIP, M. R. 1983. Digital recording and image processing of rock art by computer. *South African Archaeological Bulletin* 38: 77-79.
- RIP, M. R. 1989. Colour space transformations for the enhancement of rock art images by computer. *Rock Art Research* 6: 12-16.
- RIVETT, L. 1977. *The application of photogrammetry to the recording of monuments and sites in Australia*. Bulletin No. 42, Department of Surveying, University of Melbourne.
- RIVETT, L. 1978. Photogrammetry – its potential application to problems in Australian archaeology. In C. Pearson (ed.), *Conservation of rock art*, pp. 15-21. Institute for the Conservation of Cultural Material, Sydney.
- RIVETT, L. 1983. The application of photogrammetry to the recording of rock art and archaeological sites in Kakadu National Park. In D. Gillespie (ed.), *Rock art sites of Kakadu National Park*, pp. 87-126. Australian National Parks and Wildlife Service, Canberra.
- ROSENFELD, A. 1984. Review of Rock Art Research, Volume 1, Number 1. *Australian Archaeology* 19: 118-19.
- SCHAEFFER, F., B. MEYER and E. KALK 1963. Biologische Ursachen der Wüstenlackbildung. *Zeitschrift für Geomorphologie* 7: 112-19.
- SIMPSON, A., P. CLOGG, M. DÍAZ-ANDREU and B. LARKMAN 2004. Towards three-dimensional non-invasive recording of incised rock art. *Antiquity* 78: 692-98.
- SOLEILHAVOUP, F. 1985. Les paysages de l'art rupestre de plein air: vers une normalisation des méthodes d'étude et de conservation. *Rock Art Research* 2: 119-39.
- SOLEILHAVOUP, F. 1986. Conventions de relevé analytique des surfaces rocheuses décorées par l'homme préhistorique. *Société Historique et Archéologique du Périgord* 113: 17-22.
- SOLEILHAVOUP, F. 1994. Illusions et pertinences d'une approche sémiologique de l'art rupestre en plein air. *Musées / Homme* 4 (Jan.-March): 42-46.
- STEGUWEIT, L. 1999. Intentionelle Schnittmarken auf Tierknochen von Bilzingsleben – Neue lasermikroskopische Untersuchungen. *Praehistoria Thuringica* 3: 64-79.
- SWARTZ, B. K. 1991. Archival storage, digital enhancement and global transmission of rock art photographs: a practicable design from existing technology. In C. Pearson and B. K. Swartz (eds), *Rock art and posterity: conserving, managing and recording rock art*, pp. 119-120. Occasional AURA Publication 4, Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- TAYLOR, J. M., W. BOKMAN and I. N. M. WAINWRIGHT 1979. Rock art conservation: some realities and practical considerations. In D. Lundy (ed.), *CRARA '77. Papers from the Fourth Biennial Conference of the Canadian Rock Art Research Associates*, pp. 293-323. Heritage Record 8, The British Columbia Provincial Museum, Victoria.
- TRENDALL, A. F. 1964. Examination of rocks with Aboriginal engravings. In W. D. L. Ride and A. Neumann (eds), *Depuch Island*, pp. 83-88. Special Publication 2, Western Australian Museum, Perth.
- TURPIN, S. A. 1979. Stereophotogrammetric documentation of exposed archaeological features. *Journal of Field Archaeology* 6: 329-37.
- URBANI, F. 1998. A multivariate approach to characterise the groove shape of the linear parts of petroglyphs. *Rock Art Research* 15: 41-45.
- URBANI, B. and F. URBANI 2001. The geoglyph of La Rueda del Indio, Chirgua, Venezuela. *Rock Art Research* 18: 33-39.
- WALTHER, J. 1981. Die Denudation der Wüste. *Abhandlungen*



- Mathematisch-Physikalischer Klasse der Königlichen Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften* 16: 112-42.
- WATCHMAN, A. 1990. A summary of occurrences of oxalate-rich crusts in Australia. *Rock Art Research* 7: 44-50.
- WATCHMAN, A. 1992. Composition, formation and age of some Australian silica skins. *Australian Aboriginal Studies* 1992(1): 61-66.
- WATCHMAN, A. 1996. A review of the theory and assumptions in the AMS dating of the Foz Côa petroglyphs, Portugal. *Rock Art Research* 13: 21-30.
- WATCHMAN, A. 2000. Micro-excavation and laser extraction methods for dating carbon in silica skins and oxalate crusts. In G. K. Ward and C. Tuniz (eds), *Advances in dating Australian rock-markings*, pp. 35-39. Occasional AURA Publication 10, Australian Rock Art Research Association, Melbourne.
- WATCHMAN, A. L., G. L. WALSH, M. J. MORWOOD and C. TUNIZ 1997. AMS radiocarbon age estimates for early rock paintings in the Kimberley, N.W. Australia: preliminary results. *Rock Art Research* 14: 18-26

BOLETÍN APAR

BOLETÍN OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN PERUANA DE ARTE RUPESTRE (APAR)

MIEMBRO DE LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE ORGANIZACIONES DE ARTE RUPESTRE (IFRAO)

[HTTP://SITES.GOOGLE.COM/SITE/APAPERU/](http://sites.google.com/site/aparperu/)



Desde el año 2009