

Vista de la Cueva de las Monas.

Imagen: ©Javier Rodríguez, 2018.



Divulgación y difusión de los sitios con arte rupestre, a través de los modelos en 3D, caso la Cueva de las Monas, Chihuahua, México

Javier Fernando Rodríguez de la Rosa*

*Escuela Nacional de Antropología e Historia

Postulado: 10 de diciembre de 2021

Aceptado: 22 de abril de 2022

Resumen

Los sitios que tienen presencia de arte rupestre en México han sido de difícil acceso para el público en general, ya que abrir un sitio con presencia de gráficas rupestres en el norte de México requeriría de una metodología integral para salvaguardar los testimonios existentes del posible deterioro de un turismo cultural magnificado. En el presente artículo se muestra el caso del sitio de la Cueva de las Monas, el cual tiene una visita furtiva de turistas, es decir, no regularizada por el INAH; en ese sentido, se determinó que una de las soluciones a corto plazo sería la creación de modelos en tercera dimensión mediante la aplicación de una metodología no invasiva como es la fotogrametría, con el fin de mitigar la carga de visitas furtivas que recibe el sitio en determinadas épocas del año. La propuesta busca ser una alternativa para los sitios que se encuentran en el limbo arqueológico¹ para ser nombrados zonas arqueológicas,² como es el presente el caso.³

Palabras clave

Arte rupestre; arqueología; norte de México; modelos en 3D; fotogrametrías; divulgación; conservación.

Abstract

The sites with rock art in Mexico have been difficult to access for the general public, since opening a site with rock art in northern Mexico would require a comprehensive methodology to safeguard the existing testimonies from the possible deterioration of a magnified cultural tourism. This article shows the case of the site of the Cueva de las Monas, which has a furtive visit of tourists, that is, not regularized by INAH, in that sense, it was determined that one of the short-term solutions would be the creation of 3D models through the application of a non-invasive methodology such as photogrammetry, in order to mitigate the load of furtive visits that the site receives at certain times of the year. The proposal seeks to be an alternative for sites that are in archaeological limbo to be named archaeological zones, as is the present case.

Keywords

Rock art; Archaeology; northern Mexico; 3D models; photogrammetry; dissemination; conservation.

¹ Limbo arqueológico se refiere a cualquier sitio prehispánico que se encuentre en la República Mexicana que recibe visitantes sin estar abierto al público por el INAH (González, 2020).

² Las zonas arqueológicas con arte rupestre que están abiertas al público para el norte y occidente de México son: Las Labradas en el estado de Sinaloa, Cerro de las Trincheras y La Pintada en el estado de Sonora, la Sierra de San Francisco para Baja California Norte, Boca de Potrerillos en Nuevo León y, por último, Arroyo Seco en Guanajuato.

³ Parte del texto se presentó en el *II Coloquio de Boca de Potrerillos sobre Investigación, Conservación, Protección y Gestión de Sitios con Testimonio Gráfico-Rupestre*, en enero del 2021.



En el presente artículo se argumenta la importancia de la fotogrametría para la difusión y la preservación de sitios con presencia de arte rupestre en el estado de Chihuahua, en particular el caso de la Cueva de las Monas. La fotogrametría consiste en reconstruir la morfología de los objetos, tanto su ubicación espacial y apariencia, a partir de análisis, interpretación y procesamiento de tomas fotográficas (Lucet, 2018; Moyano, 2017), efectuadas con cámaras réflex y vehículos aéreos no tripulados (VANT).

Para el modelo interior de la Cueva de las Monas, las fotografías se tomaron con una cámara DSRL con un sensor de 24 megapíxeles y un objetivo 18 a 55 mm con una apertura máxima de diafragma $f/3.5-5.6$ y una mínima de $f/22$. Posteriormente, en una segunda vista se empleó un dron⁴ con un sensor de cámara de 12 megapíxeles efectivos y un lente FOV 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) $f/2.8$, enfoque a ∞ .

Las fotografías fueron procesadas y analizadas en el Software de Agisoft PhotoScan®,⁵ en el cual se obtuvieron dos modelos en tercera dimensión del sitio. La construcción de los modelos tuvo como objetivo primordial conservar, difundir y proteger el sitio; es necesario señalar que se divulgaron en plataformas virtuales como Sketchfab, lo cual fue benéfico en los años 2020 y 2021 cuando atravesamos la pandemia mundial de SARS-CoV-2.

Por otra parte, los modelos en 3D son provechosos ya que facilitan analizar en especial la morfología de los abrigos rocosos o cuevas en su conjunto, tanto en una escala grande, como a una escala macro, como lo menciona Lerma *et al.*, (2013). Por lo demás, potencian el análisis de las relaciones entre las figuras o motivos rupestres que se encuentra en el soporte rocoso, ya que ese tipo de testimonios, en la mayoría de las ocasiones, se encuentra en procesos de deterioro, ya sea por agentes ambientales o antrópicos.

Los procesos fotogramétricos se han puesto en práctica desde varias instituciones como la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), por ejemplo, para los sitios asociados a la tradición gran mural de Baja California y zonas adyacentes, como está publicado en Cruz *et al.*, 2018 y Contreras *et al.*, 2018, para los cuales se aplicó una metodología adaptativa y algunos de los resultados de los modelos se publicaron en los portales del mismo instituto.

No obstante, para nuestro caso de estudio, se determinó que los productos finales serían subidos al portal de Sketchfab®, en donde se generaron las etiquetas que posibilitaran el desglose de la información arqueológica de los paneles rupestres y sus interpretaciones, de una manera simple y de fácil acceso para el público no especializado.⁶

⁴ El modelo usado fue un DJI Phantom 3C estándar. Agradezco al P.A.F José Luis Domínguez por facilitarme el uso de su equipo y por la generación de las tomas fotográficas.

⁵ El software posibilita generar ortofotos georreferenciadas de alta resolución, como productos de DEM (Modelos Digitales de Terreno), ortomosaicos y detallados modelos con sus poligonales texturizadas, para el uso en la arqueología, ya sea como un DEM o un modelo fotogramétrico.

⁶ Para obtener más información acerca de la Cueva de las Monas se recomienda revisar los artículos de: Mendiola, 2002; Guevara, 1989; Chacón, 2015 y la tesis de licenciatura de Rodríguez, 2022.



Desarrollo

El sitio arqueológico de la Cueva de las Monas está ubicado muy cerca de la localidad de la Colonia Hidalgo, en donde se encuentra el cerro llamado de las Monas (figura 1), en éste se halla un conjunto de tres oquedades: dos pequeñas y una de mayor tamaño que mide aproximadamente 12.71 m de profundidad, y 17 m de ancho, que corresponde a la entrada, además se encuentra frente a un desnivel de 6.50 m (figura 2).



Figura 1. Vista en perspectiva de la Cueva de Las Monas. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2018.



Figura 2. Una aproximación a escala de la Cueva de las Monas. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2018.



En esa última quedaron manifestadas las pinturas rupestres de, por lo menos, cuatro grupos indígenas que cohabitaron el territorio de la Nueva Vizcaya (el actual estado de Chihuahua, Sonora, Sinaloa y Durango), como son los tobosos, los conchos, los rarámuris y nativos americanos, en una final etapa entre el México virreinal y la posterior consolidación del México independiente (figura 3).

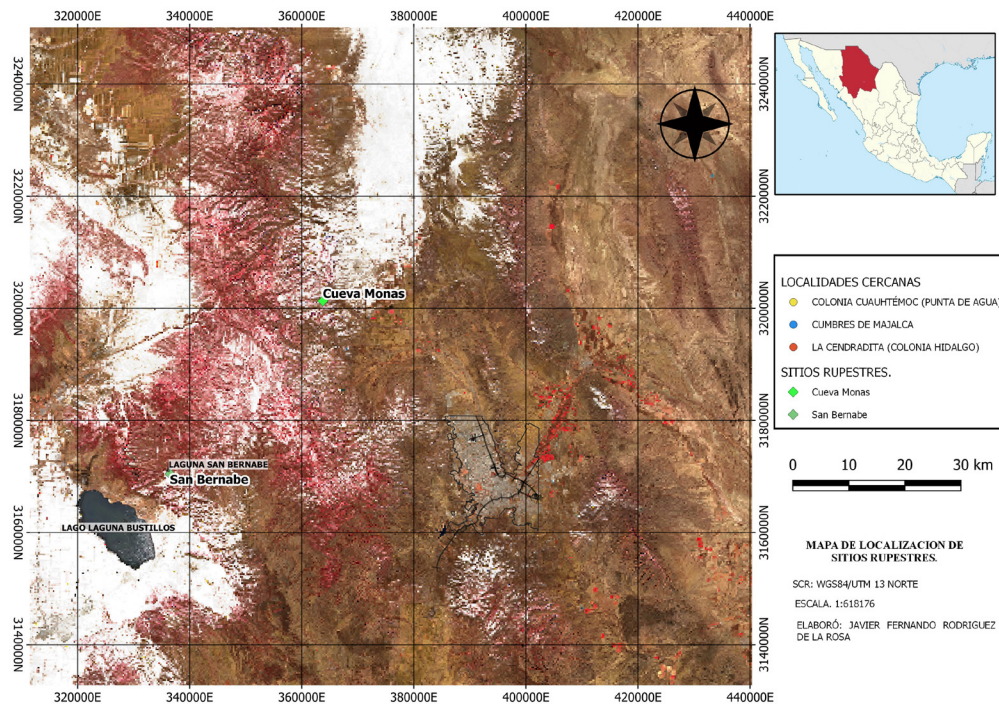


Figura 3. Mapa de ubicación de los sitios de estudio. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2019.

A partir de la década de 1990 y en los años que han transcurrido desde el 2000, se han efectuado los trabajos de conservación y restauración de las expresiones gráfico-rupestres, del sitio y, de igual forma, ante el aumento del turismo cultural, los investigadores encargados del proyecto arqueológico pusieron los señalamientos básicos, como también un valla metálica, con la que se intentaría limitar el contacto de los turistas o público no especializado, evitar que toquen la matriz de roca y las pinturas rupestres que ahí se albergan, como también disminuir el acto del grafiti. Los primeros ejemplos de conservación y restauración *in situ* de esas gráficas rupestres están en Mendiola (1994).

Posteriormente, en el año del 2021, se llevó a cabo por parte del Programa Nacional de Conservación de Patrimonio Gráfico-Rupestre (PNCPGR) de la CNCPC del INAH, la primera temporada de trabajo de conservación *in situ*, en la cual se desarrollaron los diagnósticos y documentación de los apaneles rupestres, así como los procesos de conservación emergente, entre los cuales estuvieron: la limpieza superficial, consolidación, ribeteo y la eliminación de grafitis.⁷

⁷ Más información en Rodríguez (2022).



Las fases pictóricas que se han atribuido a ese abrigo rocoso son los estilos Chihuahua policromo abstracto, periodo fechado entre el 1100 a.C. y el 100 d.C. Sus características pictóricas son las figuras abstractas, zoomorfas y geométricas, a veces aisladas; los y las creadores de las pinturas buscaron representar un elaborado geometrismo, se valieron del uso de la policromía mediante la aplicación de colores negros, rojos y blancos; el estilo está bien ejecutado y es cuidado en cuestión de su técnica (figura 4).

Contienen gran cantidad de elementos de pintura rupestre de colores muy vivos como el rojo-ocre-, naranja, blancos, amarillos, cremas y negros, que están en perfecto estado de conservación, figuras que se han ubicados por sus particularidades formales en tres etapas pictóricas; la primera siguiendo a Polly Schaafsma, pertenecen al periodo Arcaico Tardío que va del 1100 a.C. al 100 d.C., con el estilo Chihuahua policromo abstracto, que consiste en la representación de peyotes con raíz, puntas de proyectil y líneas en zigzag con alternancia de color rojo y amarillo (Mendiola, 2002).



Figura 4. Representaciones del periodo Chihuahua policromo abstracto. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2017.

La siguiente fase es una superposición pictórica que está fechada para el periodo colonial de mediados del siglo XVI hasta el siglo XVIII; esas pinturas rupestres corresponden al periodo histórico. En la etapa se observan las representaciones de figuras antropomorfas con vestimenta a la usanza española, es probable que estén representados los grupos de sociedades indígenas conchos, tobosos o rarámuris, también se observa la representación de elementos como cruces latinas producto del sincretismo religioso y de la evangelización (figura 5).

The symbolism in Panel 1 may also represent a negating function, in terms of how the conquering religion was incarnated and adopted by these Indians, who already lived under the influence of Spanish missionizing labors in the seventeenth and eighteenth centuries (Mendiola, 2005).





Figura 5. Interpretación de la ceremonia de la rapa de Peyote, a su lado el personaje como un gran corredor, rodeado de un posible peyote o de una analogía del juego de bola entre los rarámuris, por último, resalta el personaje con vestimenta colonial. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2018.

Por último, la postrema etapa pictórica del abrigo rocoso corresponde al periodo histórico, que está asociada a los siglos XVIII y XIX; en ella se encuentran las representaciones del oso, posiblemente de la especie oso negro (*Ursus Americanus*), que habita en las regiones montañosas del norte de México, asimismo se conservan las figuras humanas que tienen tocados de penachos en la cabeza, gráficas rupestres atribuidas a los grupos de los atapascanos o nativos americanos (figura 6).



Figura 6. Etapa pictórica correspondiente a los grupos Apaches en Chihuahua. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2018.

El uso de las fotogrametrías y los modelos en 3D en la Cueva de las Monas

Parte del proceso fotogramétrico se siguió con una metodología expuesta en los artículos de Lucet (2018) y Martínez (2016); como se ha argumentado la técnica tiene dos variantes, una es la generación de ortofotos, a partir de imágenes aéreas con sensores remotos y, la otra, es la creación de modelos en tercera dimensión.

Los modelos en tercera dimensión son una interesante intervención no invasiva, ni destructiva de los objetos arqueológicos o sitios con arte rupestre; para ello se requiere de un proceso que consiste en la superposición de imágenes, al menos de un ochenta por ciento de ellas. Se considera una técnica efectiva para el rescate y preservación del patrimonio, en donde está incluida una apropiación colectiva y democrática, sin embargo, los modelos debe de ser creados y pensados desde las condiciones simbólicas para que los diferentes grupos sociales puedan encontrarlo significativo y compartirlo (Martínez, 2016).

Uno de los aspectos a tomar en cuenta para la toma de fotografías en sitios con testimonios gráficos-rupestres, como lo comenta Lucet (2018), es que existen condiciones particulares de trabajo como son iluminación cambiante y poco espacio para tomar las fotografías. Para el sitio de estudio se tuvo que considerar llegar a una hora indicada del día para hacer las tomas fotográficas, ya que otro cerro genera un efecto de espejo e irradia la luz solar que ilumina el interior de la Cueva de las Monas. Para el primer modelo en tercera dimensión no contamos con trípodes para fijar la cámara DSRL, para lo cual tuve que adaptar una mochila para que no se moviera la cámara fotográfica y no salieran borrosas las imágenes.

Por otra parte, en la segunda visita al sitio contamos con un dron y utilizamos la metodología aprendida en campo. Con la toma de muestras con VANT, conocidos como drones, el proceso en campo fue diferente al anterior, y consistió en posicionar al operador del dron en un punto específico para tener acceso a la orografía del lugar. Tanto ese punto como las estaciones de cámara nativa del VANT se determinaron en el trabajo de laboratorio, previo a la toma de muestras en campo; asimismo se delimitó la poligonal del vuelo y el área con la ayuda de los programas en SIG (Sistema de Información Geográfica), como QGIS® y Arcgis®.

Es preciso tener en cuenta que posterior a ese trabajo en campo fue necesario procesar lo obtenido, para lo cual se usó el software de Agisoft Photoscan© que utiliza la técnica de *structure from motion*, que consiste en que las computadoras extraen datos espaciales de alta precisión y resolución mediante algoritmos y, a partir de cámaras digitales convencionales sin necesidad de calibración (Martínez, 2016), se generaron dos modelos en tercera dimensión como productos finales para que los usuarios lo manipulen (figuras 7 y 8).

Es importante considerar las posibilidades que se tienen con las nuevas tecnologías, incluido el proteger y difundir los sitios con patrimonio cultural, que como ya se mencionó para el presente caso, es una forma de dejar un testimonio virtual en la actual era digital, para que la gente o público no especializado conozca las últimas interpretaciones dadas por los investigadores especializados en el arte rupestre en Chihuahua y de las nociones de interpretación del fenómeno del arte rupestre en México, sobre todo cuando es objeto de visitas furtivas del turismo cultural.

Al ser modelos 3D serán sencillos de manipular por los usuarios finales, tanto especializados como público en general. Se consideró tener la información característica de las interpretaciones, que hasta el momento se han divulgado de ese sitio con arte rupestre, e intentar ponerla en un léxico no tan técnico o especializado, como se utiliza en las publicaciones de difusión.



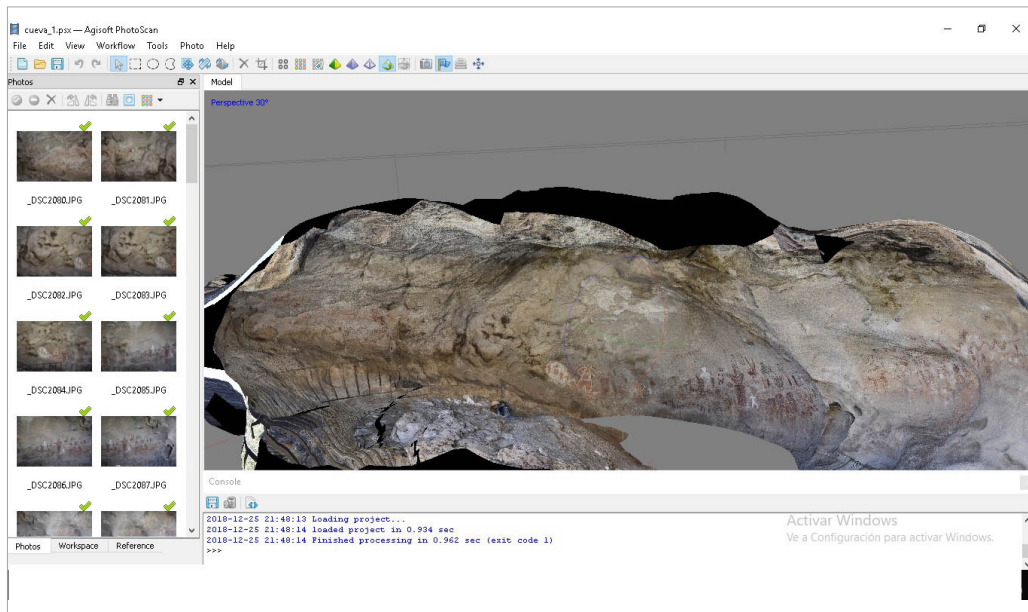


Figura 7. Nube de puntos densa del modelo interior Cueva de las Monas. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2017.

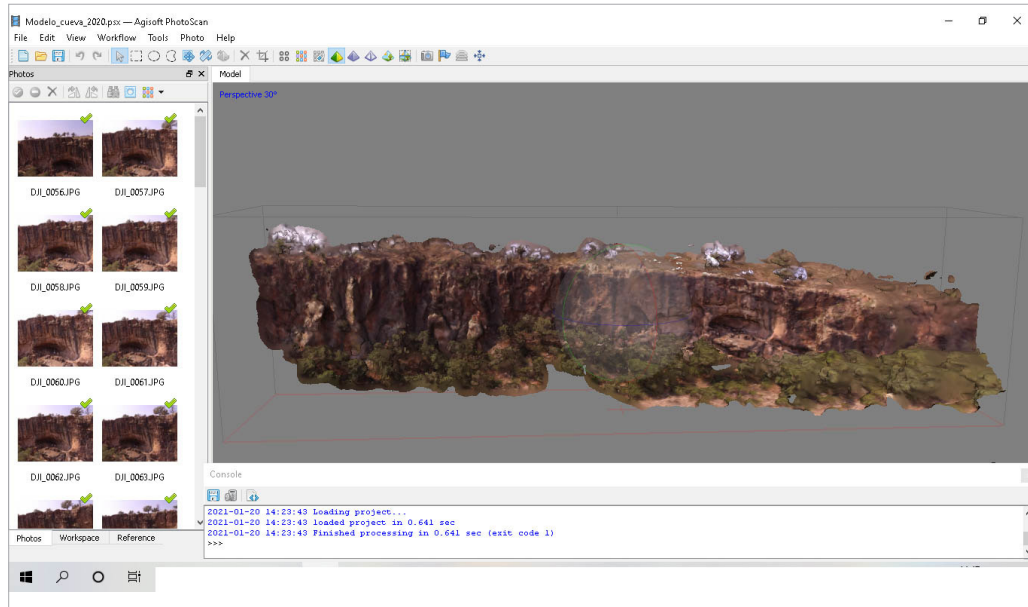


Figura 8. Nube de puntos densa del modelo exterior Cueva de las Monas. Imagen: ©Javier Rodríguez, 2019.

Algunos criterios o problemas dentro de la creación de los modelos en 3D

Por el concepto de difusión en la arqueología se entiende que la información, datos e interpretaciones dentro de esa área de estudio son para un público especializado o que está familiarizado con el lenguaje técnico, el cual le posibilitará entender el contexto y los antecedentes de la información difundida y, con ello, decidirá su relevancia en su vida académica como lo argumenta Gándara (2016).

Sin embargo, el uso de un léxico menos especializado o académico nos facilitará el proceso de comunicación de divulgación, en donde se asume que el público que accede a la información no cuenta con los antecedentes ni el contexto de lo que se estudia, por ello los procesos de comunicación deben de ser más prácticos y envolventes, a fin de mantener el interés de ese grupo de personas. En nuestro caso en particular, buscamos mediar el uso del argot arqueológico para mantener el interés en los modelos en 3D de la Cueva de Las Monas.

También se busca crear un ambiente cautivante con los modelos en 3D que fueron creados como parte de un proceso de investigación para obtener el grado de Licenciatura en Arqueología. Se pretende que por medio de dichas herramientas de difusión y de divulgación se incite el acercamiento de todo tipo de públicos, más ahora en el contexto social en el que vivimos, en consonancia con las tesis expuestas de Gándara (2016) y Martínez (2016).

Un aspecto de importancia acerca de los modelos en 3D es que deben de transmitir o inspirar admiración y sentimientos más allá del placer a través de la contemplación, en donde la emoción del público genere apropiaciones sobre el patrimonio cultural y así vincularse a su cuidado (figuras 9 y 10).



Figura 9. Código QR de la vista interior de la Cueva de las Monas en Chihuahua, México.
Imagen: ©Javier Rodríguez, 2020.



Figura 10. Código QR vista exterior de la Cueva de las Monas en Chihuahua.
Imagen: ©Javier Rodríguez, 2020.

A manera de consideraciones finales

En el presente texto se ha visto y considerado la gran versatilidad que presenta la elaboración de modelos en 3D para la salvaguarda, la divulgación y la difusión de los sitios y las zonas arqueológicas con la presencia de arte rupestre en México.



El caso de estudio se centró en la Cueva de las Monas en el estado de Chihuahua a manera de dejar un documento virtual, en donde todo tipo de público acceda a las nociones interpretativas de los paneles rupestres que resguarda el abrigo rocoso. Debido a su contenido, se le dio un sentido simbólico de pertenencia a un grupo indígena, los rarámuris, quienes aún practican la raspa de peyote, también en su mitología existe la creencia de los gigantes antiguos que habitaron entre ellos y moraban en algunas cuevas.

Para el manejo del modelo 3D se observaron algunas problemáticas, como el pagar cierta mensualidad para subir los archivos a la plataforma Sckechfab[®], ya que la cantidad de megabytes sobrepasa el límite permitido para una cuenta sin costo, aunque también existen suscripciones con descuento para universidades o museos, con todos los beneficios de Sckechfab[®].

En esa plataforma se han hallado varios modelos que pertenecen a las páginas de museos de arqueología de México y de algunas subdirecciones de investigación del INAH, por lo cual, es un medio que goza de creadores digitales expertos en la creación de fotogrametrías y modelos en 3D, en favor de la salvaguarda del patrimonio cultural, y que posibilita la obtención de la información del hallazgo arqueológico.

Como lo menciona Pavón (2021), en el siglo XXI se han desarrollado varias tecnologías que benefician la creación de modelos en 3D para el patrimonio cultural e inmaterial, en donde los usuarios podrán acceder, por medio de un clic, a las salas de los museos de la mayor parte del mundo o, en su caso, a las muestras de piezas, archivos, sitios arqueológicos que se encuentren digitalizadas. Para esa tarea ha sido importante divulgar los códigos QR en diversas ponencias.

Por último, un paso importante para difundir el trabajo elaborado, que también se experimentó en el trabajo de grado, fue el uso de las redes sociales para que el público no especializado manipule los modelos 3D obtenidos en las temporadas de campo en los años 2018 y 2019, en las cuales se presentaron los motivos de pinturas rupestres con su explicación temática en un lenguaje sencillo, lo que se complementó con el portal de Sketchfab[®], en donde se resguardan los modelos 3D. Esas actividades fueron novedosas para el estado de Chihuahua ya que los modelos son los primeros de su tipo en la zona.

*



Referencias

- Chacón Soria, Enrique (2015) "La Cueva de las Monas y el pueblo rarámuri", en Fernando Berrojalbiz (ed.), *La vitalidad de las voces indígenas: arte rupestre del contacto y en sociedades coloniales*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 107-33 [documento electrónico], disponible en: <<http://www.ebooks.esteticas.unam.mx/items/show/44>> [consultado el 10 de enero de 2022].
- Contreras del Cueto, Mariana, Bourillón Moreno, Alejandra, Balandrán González, Laura Verónica, y Cruz Flores, Sandra (2018) "Investigación aplicada como sustento de intervenciones de conservación en patrimonio gráfico-rupestre", *CR. Conservación y Restauración* (13-14): 224-35.
- Cruz Flores, Sandra, Bourillón Moreno, Alejandra, Morales Ortiz, Anacaren, Ruiz Herrera, Rodrigo, y López-Armenta, María Fernanda (2018) "Haciendo frente a los embates medioambientales: conservación integral del sitio rupestre de Cuevas Pintas, Baja California Sur", *CR. Conservación y Restauración* (11-12): 27-42.
- Gándara Vázquez, Manuel (2016) "¿Difundir o divulgar? He ahí el dilema", en Diego Jiménez-Badillo y Manuel Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales: experiencias recientes desde México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 60-73 [documento electrónico], disponible en: <https://www.academia.edu/32254055/El_patrimonio_cultural_y_las_tecnologias_digitales_Experiencias_recientes_desde_México> [consultado el 10 de enero de 2022].
- González Robles, Víctor Francisco (2020) *Limbos arqueológicos: sitios extraoficiales en México*, tesis de maestría en Antropología, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guevara Sánchez, Arturo (1989) *Algunos sitios arqueológicos de grupos en proceso de transculturación del centro del estado de Chihuahua*, México, Dirección de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Lerma García, José Luis, Cabrelles López, Miriam, Navarro Tarin, Santiago, y Seguí Gil, Ana Elena (2013) "Modelado fotorrealístico 3D a partir de procesos fotogramétricos: láser escáner versus imagen digital", *Cuadernos de Arte Rupestre*, 6 (2013): 85-90.
- Lucet, Geneviève (2018) *Fotogrametría y patrimonio*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México [documento electrónico], disponible en: <<http://www.ebooks.esteticas.unam.mx/items/show/52>> [consultado el 10 de enero de 2021].
- Martínez Huerta, Jorge Cuauhtémoc (2016) "Retos y soluciones en el empleo de tecnologías 3D para la divulgación del Trono Jaguar de Chichén Itzá", en Diego Jiménez-Badillo y Manuel Gándara Vázquez (eds.), *El patrimonio cultural y las tecnologías digitales: experiencias recientes desde México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia-Secretaría de Cultura/Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología, pp. 169-180.
- Mendiola Galván, Francisco (1994) "Conservación de la Cueva de las Monas", *Arqueología Mexicana* (9): 59-62.
- Mendiola Galván, Francisco (2002) *El arte rupestre en Chihuahua; expresión cultural de nómadas sedentarios en el Norte de México*, Chihuahua, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Instituto Chihuahuense de la Cultura.
- Mendiola Galván, Francisco (2005) "A recent reconnaissance of rock art sites in chihuahua and southern New Mexico", en María del Pilar Casado López y Lorena Mirambell Silva (eds.), *Arte rupestre en México. Ensayos 1990-2004*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 241-261.
- Moyano, Gonzalo (2017) "El uso de la fotogrametría digital como registro complementario en arqueología. Alcances de la técnica y casos de aplicación", *Comechingonia. Revista de Arqueología*, 21 (2): 333-350.
- Pavón Benito, Julia (2021) "Los riesgos de conocer el patrimonio cultural solo de manera virtual", *The Conversation* [en línea], disponible en: <<https://theconversation.com/los-riesgos-de-conocer-el-patrimonio-cultural-solo-de-manera-virtual-150856>>.
- Rodríguez de la Rosa, Javier Fernando (2022) *La búsqueda de Owirúame a través de las pinturas rupestres, de la Cueva de las Monas en el área central de Chihuahua, México*, tesis de Licenciatura en Arqueología, Ciudad de México, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

