

Artsoundscapes: explorando la relación entre acústica, sonido y arte rupestre

Artsoundscapes: exploring the relationship between acoustics, sound and rock art



Margarita Díaz-Andreu^{1,2,3} y Lidia Álvarez-Morales^{1,2}

¹ Departament de Història i Arqueologia, Universitat de Barcelona (UB), 08001 Barcelona, España

² Institut d'Arqueologia, Universitat de Barcelona (UB), 08001 Barcelona, España

³ Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), Barcelona, España

emails de contacto: lidiaalvarez@ub.edu; m.diaz-andreu@ub.edu

Resumen

El acceso al patrimonio inmaterial sonoro de las sociedades pasadas ha sido históricamente un desafío para la arqueología. El proyecto Artsoundscapes (programa H2020, número de proyecto 787842) ha abordado este reto desde un enfoque multidisciplinar, combinando fundamentos de arqueología, etnografía, ingeniería, neuropsicología, acústica y psicoacústica. La metodología experimental propuesta, basada en la medición de respuestas al impulso espaciales, ha sido diseñada con el objetivo de profundizar en la relación entre acústica, sonido y arte rupestre. En este artículo se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos en la gran variedad de sitios estudiados por el proyecto desde su inicio en 2018, localizados en Asia, Europa, América y África. Aunque cada sitio plantea sus propias preguntas de investigación atendiendo a su contexto arqueológico particular, el proyecto Artsoundscapes busca además responder a una cuestión global: ¿existe un patrón que evidencie una clara relación entre acústica y arte rupestre?

Palabras clave: Arqueoacústica, patrimonio sonoro intangible, respuestas al impulso, arte rupestre

Abstract

Accessing the intangible sound heritage of past societies has historically been a challenge for archaeology. The Artsoundscapes project (H2020 program, project number 787842) has addressed this challenge from a multidisciplinary approach, combining principles from archaeology, ethnography, engineering, neuropsychology, acoustics, and psychoacoustics. The proposed methodology, based on spatial impulse response measurements, has been designed to explore the relationship between acoustics, sound, and rock art. This article presents a brief overview of the results obtained from the diverse range of rock art sites studied by the project since its inception in 2018, which are located across Asia, Europe, America, and Africa. While each site suggests its own research questions depending on its specific archaeological context, the Artsoundscapes project also seeks to address a broader question: Is there a pattern that evidences a clear relationship between acoustics and rock art?

Keywords: Archaeoacoustics, intangible sound heritage, impulse responses, rock art.

1. Introducción: El potencial de la arqueoacústica para comprender las comunidades prehistóricas productoras de arte rupestre

La arqueología afronta el reto de estudiar el comportamiento y la cultura de las sociedades del pasado a través de los vestigios materiales que han sobrevivido al paso del tiempo. Dada la naturaleza incompleta de los registros arqueológicos, el determinar con exactitud el significado cultural que un objeto o evento pudiera ha-

ber tenido para estas comunidades resulta difícil, si no imposible. Sin embargo, las evidencias disponibles sí que permiten la formulación de hipótesis fundamentadas sobre ciertos códigos culturales de estas sociedades. En lo relativo al sonido, por ejemplo, se sostiene que todas las comunidades prehistóricas reproducían música y poseían cierta comprensión cultural de los sonidos. Esta afirmación se basa, precisamente, en la falta de evidencia que sugiera lo contrario, dado que no se conoce ninguna sociedad que carezca de estas expresiones culturales (d'Errico et al., 2003; Mehr et al., 2019).

Esta reflexión respalda la inclusión del sonido y la acústica como componentes fundamentales en el estudio de los sitios arqueológicos, añadiendo así una nueva perspectiva al enfoque tradicional centrado en elementos materiales (Laue y Dean, 2022). En este contexto nace la arqueoacústica, disciplina que integra fundamentos y métodos de acústica y arqueología para explorar la relación entre las sociedades y el sonido en el pasado (Cross y Watson, 2006). Al igual que otros campos de investigación, la arqueoacústica se ha visto impulsada por el avance tecnológico de las últimas décadas. Tanto es así, que los métodos utilizados para el estudio experimental de la componente sonora de los sitios arqueológicos han evolucionado notablemente, partiendo de métodos observacionales muy sencillos, centrados en la experiencia subjetiva del investigador (Reznikoff, 1995), hasta la incorporación de metodologías más sofisticadas que incluyen la realización de medidas y simulaciones acústicas, ofreciendo un análisis mucho más objetivo (Navas-Reascos et al., 2023).

Los resultados derivados de la investigación arqueoacústica llevada a cabo hasta el momento en sitios de arte rupestre han puesto de manifiesto la posible relación entre la percepción sonora y la ubicación y producción del arte. Por ejemplo, varios investigadores han identificado una relación entre la ubicación de motivos particulares de arte rupestre y la percepción de ecos o reverberación (Fazenda et al., 2017; Mattioli et al., 2017; Reznikoff, 2006; Waller, 1993). Otros, encontraron una tendencia a escoger, en zonas con alta concentración de abrigos rupestres, aquellos con mayor reverberación (Díaz-Andreu y García Benito, 2015) o un paisaje sonoro característico (como por ejemplo la presencia de cursos de agua) (Goldhahn, 2002), para realizar las manifestaciones artísticas.

Con base en estos antecedentes, el proyecto ERC Artsoundscapes propone el uso de métodos avanzados que utilizan tecnología Ambisonics (Díaz-Andreu et al., en prensa; Díaz-Andreu, Jiménez Pasalodos, et al., 2023; Santos da Rosa et al., 2023) y sistemas de información geográfica (GIS) (García Atiénzar et al., 2022) para continuar explorando la acústica y la propagación sonora en una gran variedad de sitios de arte rupestre, atendiendo tanto al tipo de arte como a su ubicación geográfica. El proyecto examina, además, las experiencias subjetivas de los oyentes y sus respuestas fisiológicas a la acústica de estos lugares mediante la realización de tests psicoacústicos y neuroacústicos (López-Mochales, Alvarez-Morales, et al., 2023; López-Mochales, Aparicio-Terrés, et al., 2023; Valenzuela et al., 2020). En este escrito, nos centraremos en el enfoque metodológico desarrollado para analizar las propiedades acústicas de los sitios considerándolos como “espacios escénicos”, con el objetivo

de evaluar su posible relevancia o impacto en las actividades culturales acompañadas por la producción de sonido que pudieran haber acogido.

2. Descripción del protocolo de caracterización acústica de sitios de arte rupestre

El protocolo de caracterización acústica utilizado en el proyecto Artsoundscapes está basado en la norma ISO 3382-1 (ISO 3382-1, 2009). Sin embargo, los sitios de arte rupestre estudiados difieren significativamente del tipo de salas contempladas en la norma, ya que suelen ser espacios naturales y abiertos, donde no se cumplen las condiciones de campo difuso. En nuestro trabajo (Alvarez-Morales, Santos da Rosa, Benítez-Aragón, Fernández Macías, et al., 2023) se discute la aplicabilidad de dicha norma y se detallan las adaptaciones y consideraciones necesarias al registrar y analizar las respuestas al impulso (RI) en abrigos de arte rupestre.

En resumen, en cada sitio de arte rupestre se registra un conjunto representativo de RI en diferentes formatos. Para que el conjunto de datos sea representativo, es necesario tener en cuenta diversas hipótesis sobre el uso del espacio, así como las irregularidades morfológicas del lugar, a la hora de seleccionar las diferentes ubicaciones de los puntos emisor y/o receptor. En las campañas realizadas por el proyecto, hemos empleado dos enfoques distintos: el método de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO, por sus siglas en inglés) y el método de una sola entrada y múltiples salidas (SIMO). El enfoque MIMO, propuesto por el ingeniero acústico de la Universidad de Parma e investigador senior del proyecto Artsoundscapes, Angelo Farina (Farina y Chiesi, 2016), implica el uso de un altavoz dodecaédrico fabricado a medida para el proyecto con la innovadora capacidad de activar cada uno de sus 12 altavoces por separado (ver Fig. 1), ofreciendo así un patrón de directividad variable (Farina et al., 2020).

El enfoque SIMO, involucra el uso de una fuente omnidireccional ultraligera (altavoz IAG DD4 junto con un amplificador de potencia IAG AP4GB, ver Fig. 2), respondiendo a la necesidad de aumentar la portabilidad del equipo, de optimizar el tiempo de medida y de monitorizar la señal durante el trabajo de campo.

En ambos casos, para cada pareja de fuente-receptor seleccionada, se registran: una RI omnidireccional usando un micrófono (micW n201 junto con una grabadora Zoom F4) y el software EASERA 1.2 (EASERA); y una RI espacial utilizando un micrófono Ambisonics de tercer orden con 19 cápsulas calibradas (Zylia ZM-1) y el soft-

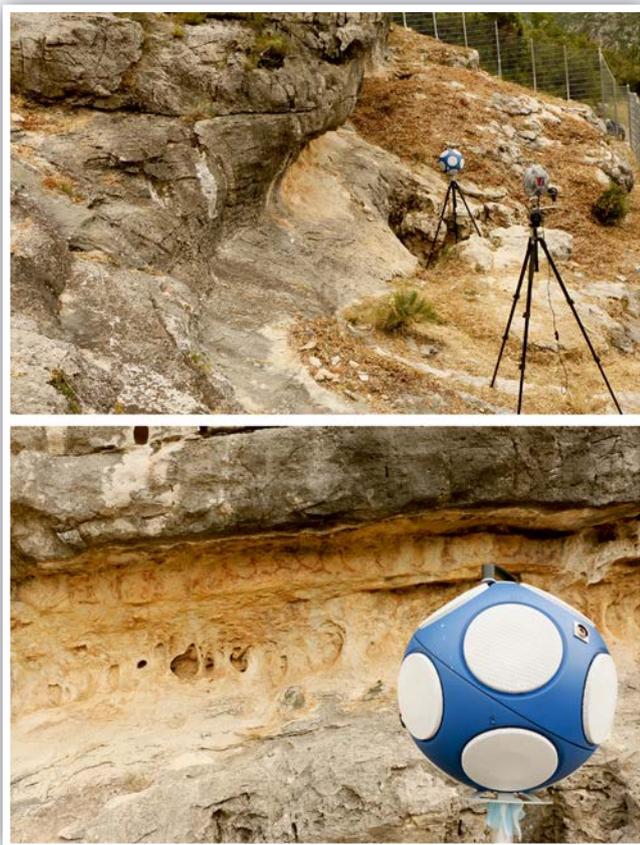


Figura 1. Fotografías tomadas durante la campaña de trabajo de campo en Cataluña (España) en 2020. La imagen superior muestra una combinación de fuente-receptor considerada en el estudio del abrigo de arte rupestre Cocó de la Gralla. La imagen inferior muestra una foto detalle del dodecaedro usado en el enfoque MIMO posicionado frente a las pinturas rupestres, concretamente frente a una posible escena de caza. Fotos de Neemias Santos da Rosa ©Artsoundscapes Project.

ware de procesamiento Matlab¹. Todas las respuestas al impulso registradas se analizan posteriormente con diferentes herramientas software, examinando detalladamente su estructura –prestando especial atención a la dirección de llegada (DOA) de las reflexiones más relevantes– y derivando y evaluando los parámetros acústicos pertinentes en cada caso.

3. Áreas de estudio y resultados

Desde su inicio en 2018, el proyecto ha realizado campañas de trabajo de campo en 4 continentes: Asia, América, Europa y África. La primera campaña se llevó a cabo en 2019 en Siberia (Rusia), específicamente en la

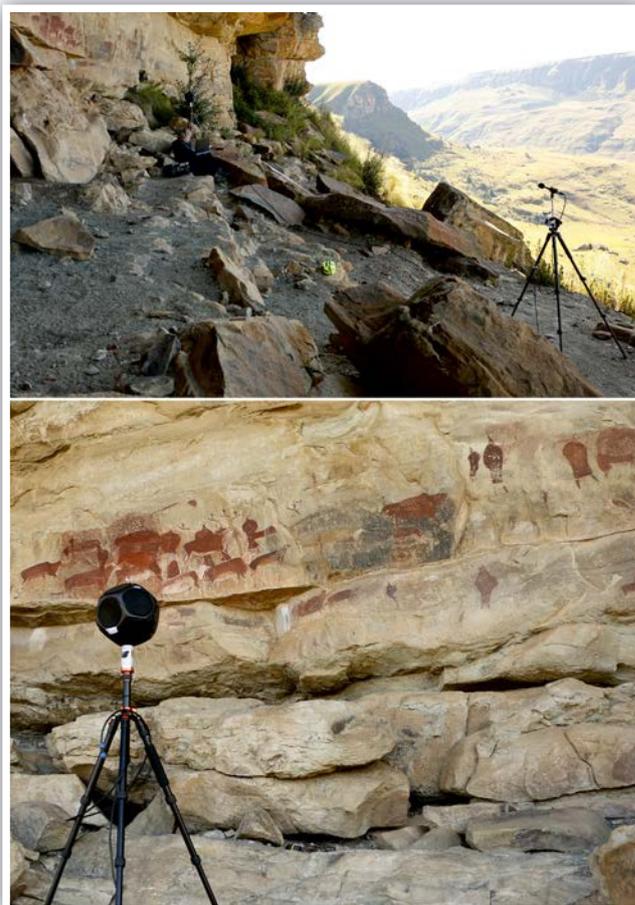


Figura 2. Fotografías tomadas durante la campaña de trabajo de campo en Sudáfrica en 2022. La imagen superior muestra una combinación de fuente-receptor considerada en el estudio de Game Pass I. La imagen inferior muestra una foto detalle del dodecaedro usado en el enfoque SIMO posicionado frente a las pinturas rupestres, concretamente frente a algunas de las pinturas rupestres mejor conservadas de Drakensberg, con figuras de animales de unos 30 cm de largo. Fotos de Neemias Santos da Rosa ©Artsoundscapes Project.

República de Altái. Siberia es una de las regiones más ricas en arte rupestre, considerada, sobre todo en su área más septentrional, el epicentro del chamanismo en su forma clásica (Vitebsky, 2001). Esto se evidencia, por ejemplo, en los notables grabados de chamanes y tambores chamánicos encontrados en el Valle de Karakol. Los sitios de arte rupestre estudiados en la República de Altai se caracterizan por la importancia de los grabados tallados en rocas al aire libre, que se presentan en concentraciones significativas en sitios como Kalbak Tash I, Adyr-Kan, Gran Yaloman y Urkosh XV. Aunque los resul-

¹ Los scripts utilizados para el procesamiento de las grabaciones de tercer orden Ambisonics están disponibles en: Github – MIMO_Matlab https://github.com/xorgol/MIMO_Matlab, Made by Adriano Farina for the Artsoundscapes Project (accessed on 03 May 2024) – y en el repositorio de la Universidad de Barcelona – Benítez Aragón, Daniel; Farina, Adriano; Álvarez Morales, Lidia; Díaz-Andreu, Margarita, 2023, “ERC Artsoundscapes project – SIMO (Single Input Multiple Output) impulse responses processing”, <https://doi.org/10.34810/data629>, CORA.Repositori de Dades de Recerca, V3-.

tados obtenidos en la zona no explican por qué el arte rupestre se produjo en ubicaciones específicas, sí que sugieren que el aumento de la sonoridad percibida (objetivamente evaluado mediante el parámetro G) y las condiciones de claridad sonora pudieron haber sido uno de los factores considerados en la elección de las ubicaciones del arte rupestre (Díaz-Andreu, Rozwadowski, et al., 2023). Dichas condiciones acústicas, propiciadas por la ausencia de reverberación y ecos en estos espacios abiertos, y las fuertes reflexiones tempranas producidas en las superficies rocosas cercanas, habrían favorecido las prácticas culturales de narración de historias, tanto en forma de discurso como de canto, consideradas fundamentales para las poblaciones locales, según la información de estudios etnográficos realizados en Siberia desde el siglo XIX (Dobzhanskaia, 2017; Harvilahti, 2000; Lama-zhaa, 2018), y a pesar de que no podemos afirmar con certeza que las prácticas culturales eran las mismas hace dos mil años, la consistencia en la cronología de los grabados desde la época prehistórica hasta nuestros días sugiere que esta interpretación es plausible (Díaz-Andreu, Rozwadowski, et al., 2023).

En noviembre de ese mismo año, el proyecto Artsoundscapes inició el estudio del Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica, declarado en 1998 como bien cultural perteneciente al Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. La primera fase de esta campaña, localizada en Cataluña (España), se vio interrumpida en marzo de 2020 debido a la pandemia de Covid-19, por lo que tuvo que ser aplazada hasta julio del mismo año. Se realizaron mediciones acústicas en una selección de 29 abrigo de arte rupestre de morfología similar repartidos por el Terres de l'Ebre, el municipio de Tivissa, la comarca del Priorat, y el sector catalán de la depresión del Ebro. Todos los abrigo compartían características acústicas semejantes, definidas por la ausencia de reverberación y ecos. En este caso, debido a la riqueza y diversidad temática de los motivos rupestres (ver Fig. 1), se investigó la posible correspondencia entre dicha temática y las características acústicas de los abrigo, pero no se encontró ninguna relación estadísticamente significativa entre ambos. Los resultados obtenidos en la segunda fase, enfocada en la Comunidad Valenciana, revelaron algo diferente. Esta etapa, llevada a cabo en el verano de 2021, abarcó 18 abrigo localizados en las áreas del macizo del Caroig y Millares-Dos Aguas. Estos sitios, aunque difieren tanto en el entorno paisajístico en el que se encuentran como en la cantidad de motivos encontrados, presentan una morfología bastante homogénea (similar en gran medida a la

encontrada en Cataluña), lo que permite establecer comparaciones entre ellos. En esta ocasión, nuestro análisis sugiere que el abrigo Las Cuevas de la Araña (lugar donde la cantidad de motivos y su superposición indica que a él acudieron varias generaciones durante probablemente centenares de años) debe entenderse como un lugar de agregación². Los resultados indican que la ubicación geográfica de Las Cuevas de la Araña aumenta la reverberación percibida en este abrigo en comparación con otros sitios satélites (Santos da Rosa et al., 2023). Los tests psicoacústicos realizados sugieren, además, que las fuertes reflexiones sonoras provenientes del propio abrigo así como del cañón en el que se encuentra, que definen sus características acústicas, habrían acrecentado la intensidad sensorial y emocional de las ceremonias que se hubiesen celebrado junto a los paneles pintados (López-Mochales, Lokki, et al., 2023).

Estos resultados, que vinculan ciertas particularidades acústicas con un sitio de agregación en la región de la Comunidad Valenciana, plantean como línea de investigación futura la evaluación de las propiedades acústicas de otros sitios que pudieran ser considerados de agregación, localizados en áreas del arco Mediterráneo más alejadas de la costa, como Aragón o Castilla-La Mancha. El objetivo sería comprobar si se exhiben patrones acústicos, similares a los encontrados en Las Cuevas de la Araña, en otras áreas. De hecho, la ausencia de un sitio identificado como lugar de reunión en el estudio realizado en Cataluña, podría explicar por qué ninguno de los caracterizados mostró una acústica notablemente distintiva en comparación con los demás.

Ese mismo verano se completó con éxito otra campaña de trabajo de campo en España, esta vez en el sur de la provincia de Cádiz. Esta involucró una selección de sitios pertenecientes a una de las tradiciones de arte rupestre más significativas del extremo sur de Europa: el estilo Laguna de la Janda, a veces en conjunción con arte esquemático. Otros sitios solo tenían arte de este último estilo. En esta ocasión, la selección de sitios no solo se hizo en función del número y relevancia de las pinturas, sino también buscando una gran diversidad morfológica. La muestra incluye espacios semi-cerrados, como Palomas I (López-Mochales, Lokki, et al., 2023), en la que todavía se pueden ver motivos del Paleolítico y esquemáticos, a pesar de la significativa erosión con forma de panal de abeja sufrida por la roca arenisca típica de la zona debido a los fuertes vientos; pequeñas cuevas en superficie, como Diosa I (López-Mochales, Álvarez-Morales, et al., 2023); y cavidades de espacio limitado

² Dicho de otra manera, se propone que fue un sitio al que los grupos humanos regresaban varias veces al año, mientras que el resto del tiempo se dispersaban por el territorio en pequeñas unidades independientes.

con abundantes e impresionantes figuras, como el Tajo de las Figuras (Alvarez-Morales, Santos da Rosa, Benítez-Aragón, Lazarich, et al., 2023). Además se incluyeron lugares muy diversos, como el complejo Bacinete, que consta de varios abrigos de diferentes tamaños y formas, recordando su abrigo principal a la configuración de un “teatro” contemporáneo, aunque formado de manera natural (Alvarez-Morales, Santos da Rosa, Benítez-Aragón, Fernández Macías, et al., 2023). Esta variedad de sitios permitió explorar diferentes hipótesis de uso en cada uno de ellos, a la vez que se buscaba un patrón común en la relación acústica-arte rupestre. Además, el trabajar con sitios tan diferentes fue clave a la hora de abordar y discutir el uso de estándares de caracterización acústica en sitios naturales de arte rupestre (Alvarez-Morales, Santos da Rosa, Benítez-Aragón, Fernández Macías, et al., 2023).

En la primavera de 2022 se llevó a cabo el trabajo de campo en la cordillera de Drakensberg, en KwaZulu-Natal, Sudáfrica. Se caracterizaron 31 abrigos (incluyendo 3 sin decoraciones), concretamente 13 abrigos en el área de Kamberg y 18 en el área de Giant’s Castle. Estos sitios fueron seleccionados nuevamente siguiendo criterios arqueológicos, etnográficos y técnicos. Para este trabajo de campo, se seleccionaron abrigos comparables en términos de morfología: generalmente superficies rocosas convexas con pequeñas plataformas ubicadas en lo alto de laderas, proporcionando así un alto grado de visibilidad. En cuanto al arte rupestre, estos abrigos albergan arte producido por los San (los antiguamente llamados bosquimanos), caracterizado por figuras humanas y animales pintadas con gran detalle anatómico y una notable habilidad técnica, posiblemente realizadas en los últimos tres milenios (Mazel y Watchman, 1997, 2003). Algunos sitios, como Lonyana y Barnes I, muestran complejas composiciones que parecen representar multitudinarias danzas y rituales asociados a prácticas chamánicas (Lewis-Williams y Challis, 2011). Los resultados obtenidos en los lugares estudiados en Sudáfrica no muestran patrones relevantes que permitan establecer una clara relación entre la elección de los abrigos por los productores de arte y sus condiciones acústicas. Tampoco se encuentran sitios cuyo comportamiento acústico como lugar de celebración destaque de forma individual, ni siquiera el abrigo de Game Pass I – uno de los sitios de arte rupestre más conocidos en Sudáfrica por la relevancia de su arte (Santos da Rosa et al., 2024). Sin embargo, este trabajo de campo ha puesto el foco en el peculiar paisaje sonoro creado por



Figura 3. Fotografía tomada durante la campaña de trabajo de campo en White River Narrows (USA) en 2024. La imagen muestra una combinación de fuente-receptor considerada en el estudio. En este caso la fuente (globo) está ubicada frente a los petroglifos localizados bajo las estructuras para la búsqueda de visiones o vision quests enclosures. Foto de Daniel Benítez Aragón ©Artsoundscapes Project.

los cursos de agua cercanos en alguno de los sitios estudiados (Moreno Iglesias et al., 2022). Esto hace plantearse como futura línea de investigación la posible integración del estudio del paisaje sonoro en el estudio arqueoaústico integral de sitios naturales al aire libre. El reto en este caso radica en cómo poder evaluarlos según los estándares modernos, abordando las incertidumbres inherentes de estar asociados a la cultura de una sociedad prehistórica.

Una metodología algo diferente se usó en el trabajo de campo llevado a cabo en primavera de 2024 en el cañón de White River Narrows, en Nevada (USA). Este distrito arqueológico es un área de petroglifos excepcionales. En esta ocasión, el análisis acústico tuvo 2 objetivos principales: verificar la conexión entre la ubicación del arte rupestre y la presencia de ecos y/o potentes reflexiones sonoras significativamente directivas; y, en segundo lugar, explorar la interacción acústica entre las denominadas estructuras circulares de búsqueda de visión o “*vision quest enclosures*”³ y los paneles de petroglifos. Dada la topografía del entorno, para este trabajo de campo se empleó una fuente sonora de tipo impulsivo para registrar las RI. En concreto, se generaron impulsos mediante la explosión controlada de globos (ver Fig. 3).

El análisis de datos está todavía en proceso, por lo que no podemos aún extraer conclusiones. Sin embargo, esta investigación de alguna manera conecta con el trabajo realizado en Baja California (Díaz-Andreu et al., 2021), y los resultados preliminares apoyan la idea de

³ En este contexto, un “*vision quest enclosure*” es una pequeña área delimitado por un círculo de rocas en la parte alta del primer acantilado, utilizada por algunas tribus nativas americanas durante la práctica ritual y ceremonial de búsqueda de una visión (*vision quest*).

que la acústica fue un elemento importante en la producción del arte rupestre en determinados lugares, y no otros, seleccionados por las comunidades que habitaron este paisaje hace miles de años.

4. Conclusiones

Este escrito presenta una visión general del trabajo realizado por el proyecto Artsoundscapes desde que se inició en 2018. En resumen, el proyecto ha explorado la relevancia de la acústica y la experiencia sonora en los sitios de arte rupestre, buscando la intersección entre acústica, ingeniería y arqueología.

El enfoque metodológico desarrollado para llevar a cabo este proyecto ha permitido analizar las propiedades acústicas de estos sitios seleccionados como “espacios de actuación” individuales en los que se podrían haber celebrado actos rituales y de tipo social y comunitario acompañados por la producción de sonido. La amplia muestra de sitios de arte rupestre considerada, que involucra áreas localizadas en diferentes continentes, sitios con diversas morfologías y ubicaciones en el paisaje, y arte de diferentes culturas y periodos, ha permitido arrojar luz sobre la posible relación entre el arte rupestre y las prácticas rituales o ceremoniales que involucran el sonido, y valorar además de forma global si la relación entre el sonido, la acústica y el arte rupestre puede considerarse un patrón o algo ocasional.

Si bien aún no se ha podido determinar de forma clara si la relación entre el sonido, la acústica y el arte rupestre puede considerarse un patrón o algo ocasional, el trabajo realizado hasta el momento representa un aporte muy valioso al incorporar la componente sonora al estudio e interpretación del arte rupestre, brindando un enfoque multisensorial a la investigación en torno a estos sitios. Los resultados destacan, además, la singularidad de cada caso de estudio. Esta singularidad repercute tanto en las consideraciones necesarias para adaptar la metodología de caracterización acústica estandarizada a cada caso particular, como en la interpretación de los resultados.

Por último, pero no menos importante, al digitalizar la acústica de los sitios, el proyecto Artsoundscapes ha contribuido al campo de la arqueoacústica y al estudio del patrimonio cultural, abriendo nuevas vías para la investigación, la difusión y la preservación de sitios con arte rupestre.

Se espera que futuras investigaciones continúen desarrollando esta línea de trabajo, explorando con mayor profundidad la interacción entre el arte rupestre y el entorno sonoro, así como las implicaciones culturales y sociales de estas conexiones.

Disponibilidad de datos en abierto

Los datos de investigación derivados del proyecto Artsoundscapes están disponibles en acceso abierto en el repositorio institucional de datos de investigación de la Universidad de Barcelona:

ERC Artsoundscapes project (Universitat de Barcelona), May 22, 2023

European Research Council (ERC): 787842

CORA. Repositori de Dades de Recerca

<https://dataverse.csuc.cat/dataverse/artsoundscapes>

Financiación

El proyecto Artsoundscapes ha sido financiado con una Advanced ERC (Grant Agreement No.787842) del European Research Council (ERC) bajo el European Union's Horizon2020 research and innovation programme, cuya Investigadora Principal es la profesora de investigación de ICREA, Margarita Díaz-Andreu. El trabajo de Baja California también ha sido apoyado por la Fundación Palarq, en 2018 y 2021-24.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de las administraciones públicas y de los ayuntamientos involucrados, así como a los propietarios que nos permitieron acceder a los sitios. Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos los y las colegas arqueólogos/as, guías y colaboradores/as que nos brindaron su apoyo durante las diversas campañas de trabajo de campo. Por último, pero no menos importante, extendemos nuestro profundo agradecimiento a todos los compañeros y compañeras del proyecto Artsoundscapes, cuyo trabajo y dedicación hicieron posible este estudio.

Referencias

- Alvarez-Morales, L., Santos da Rosa, N., Benítez-Aragón, D., Fernández Macías, L., Lazarich, M. y Díaz-Andreu, M. (2023). The Bacinete main shelter: a prehistoric theatre? *Acoustics [Special issue: Alvarez-Morales, L. & Díaz-Andreu, M. (eds.) Acoustics, Soundscapes and Sounds as Intangible Heritage]*, 5, 299-319. <https://doi.org/10.3390/acoustics5010018>
- Alvarez-Morales, L., Santos da Rosa, N., Benítez-Aragón, D., Lazarich, M. y Díaz-Andreu, M. (2023). Recovering the intangible acoustic heritage of rock art sites: El Tajo de las Figuras as a case study. En *International Conference – Immersive and 3D Audio (I3DA 2023). Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Bologna, Italy. September 5-7, 2023*. <https://doi.org/10.1109/I3DA57090.2023.10289188>

- Cross, I. y Watson, A. (2006). Acoustics and the Human Experience of Socially-organized Sound. En C. Scarre y G. Lawson (Eds.), *Archaeoacoustics* (pp. 107-116). McDonald Institute for Archaeological Research.
- d'Errico, F., Henshilwood, C., Lawson, G., Vanhaeren, M., Tillier, A.-M., Soressi, M., Bresson, F., Maureille, B., Nowell, A., Lakarra, J., Backwell, L. y Julien, M. (2003). Archaeological Evidence for the Emergence of Language, Symbolism, and Music - An Alternative Multidisciplinary Perspective. *Journal of World Prehistory*, 17(1), 1-70.
- Díaz-Andreu, M., Alvarez-Morales, L. y Santos da Rosa, N. (en prensa). The archaeoacoustics of rock art sites: a methodological review. En P. Jordan, S. Mura y S. Hamilton (Eds.), *New Sensory Approaches to the Past: Applied Methods in Sensory Heritage and Archaeology*. UCL Press.
- Díaz-Andreu, M. y García Benito, C. (2015). Acoustic rock art landscapes: a comparison between the acoustics of three Levantine rock art areas in Mediterranean Spain. *Rock Art Research*, 32(1), 46-62.
- Díaz-Andreu, M., Gutiérrez Martínez, M. d. I. L., Mattioli, T., Picas, M., Villalobos, C. y Zubieta, L. F. (2021). The soundscapes of Baja California Sur: preliminary results from the Cañón de Santa Teresa rock art landscape. *Quaternary International [Special issue: Domingo, I. & Gallinaro, M. (eds.) Impacts of scientific approaches on rock art research: global perspectives]*, 572, 166-177. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.02.026>
- Díaz-Andreu, M., Jiménez Pasalodos, R., Rozwadowski, A., Alvarez Morales, L., Miklashevich, E. y Santos da Rosa, N. (2023). The soundscapes of the Lower Chuya River area, Russian Altai. Ethnographic sources, indigenous ontologies and the archaeoacoustics of rock art sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 30, 335-362. <https://doi.org/10.1007/s10816-022-09562-w>
- Díaz-Andreu, M., Rozwadowski, A., Jiménez Pasalodos, R., Benítez-Aragón, D., Santos da Rosa, N. y Alvarez Morales, L. (2023). Music and storytelling at rock art sites? The archaeoacoustics of the Urkosh area (Russian Altai). *Open Archaeology [Special Issue: Díaz-Andreu, M. & N. Santos da Rosa (eds.) Past Sounds: New Perspectives in the Field of Archaeoacoustics]*, 9(1), art. 20220327. <https://doi.org/10.1515/opar-2022-0327>
- Dobzhanskaia, O. E. (Ed.). (2017). *Muzykal'naiia vcelen-naia luriia Sheikina* (Vol. Alaas). Iakutsk.
- EASERA. Electronic and Acoustic System Evaluation and Response Analysis (EASERA) AFMG Technologies GmbH, Germany www.afmg.eu.
- Farina, A. y Chiesi, L. (2016). A novel 32-speakers spherical source. En *Audio Engineering Society Convention e-Brief 258 Presented at the 140th Convention 2016 June 4-7 Paris, France*. Audio Engineering Society. Online: www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=18162.
- Farina, A., Farina, A. y Armelloni, E. (2020). [Blog] How we take acoustical measurements in the Artsoundscapes project, and how we got there. *Artsoundscapes blog*, 9(12 June), <https://www.ub.edu/artsoundscapes/how-we-take-acoustical-measurements-in-the-artsoundscapes-project/>.
- Fazenda, B., Scarre, C., Till, R., Jiménez Pasalodos, R., Rojo Guerra, M., Tejedor, C., Ontañón Peredo, R., Watson, A., Wyatt, S., García Benito, C., Drinkall, H. y Foulds, F. (2017). Cave acoustics in prehistory: Exploring the association of Palaeolithic visual motifs and acoustic response. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142, 1332-1349. <https://doi.org/10.1121/1.4998721>
- García Atiénzar, G., Barciela González, V., Santos da Rosa, N. y Díaz-Andreu, M. (2022). La modelización del paisaje: iconografía y percepciones visual y sonora en el arte rupestre macroesquemático. *Virtual Archaeology Review*, 13(27), 81-99. <https://doi.org/10.4995/var.2022.16998>
- Goldhahn, J. (2002). Roaring Rocks: An Audio-Visual Perspective on Hunter-Gatherer Engravings in Northern Sweden and Scandinavia. *Norwegian Archaeological Review*, 35(1), 29-61.
- Harvilahti, L. (2000). Altai Oral Epic. *Oral Tradition*, 15(2), 215-229.
- ISO 3382-1. (2009). *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces*. International Organization for Standardization.
- Lamazhaa, C. (2018). Indigenous Methodology and Research of Tuvan Culture. *Sibirica [Special Issue: Uliana Vinokurova (ed.) Indigenous Methodology in the Study of the Native Peoples of Siberia]*, 17(3), 68-82. <https://doi.org/10.3167/sib.2018.170307>
- Laue, G. y Dean, C. (2022). Rock art conservation with a Focus on Southern Africa. En S. Chirikure (Ed.), *Oxford Research Encyclopedia of Anthropology*. Oxford University Press.
- Lewis-Williams, J. D. y Challis, S. (2011). *Deciphering Ancient Minds*. Thames & Hudson.

- López-Mochales, S., Alvarez-Morales, L., Santos da Rosa, N., Díaz-Andreu, M. y Escera, C. (2023). Psychoacoustics of Rock Art Sites: the Case Study of the Shelters Diosa I and Horadada (Cádiz, Spain). En *International Conference – Immersive and 3D Audio (I3DA 2023). Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Bologna, Italy. September 5-7, 2023* (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1109/I3DA57090.2023.10289519>
- López-Mochales, S., Aparicio-Terrés, R., Díaz-Andreu, M. y Escera, C. (2023). Acoustic perception and emotion evocation by rock art soundscapes of Altai (Russia). *Frontiers in Psychology, 14*, art. 1188567. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1188567>
- López-Mochales, S., Lokki, T., Díaz-Andreu, M. y Escera, C. (2023). Psychoacoustic Study of the Rock Art Sites of Cuevas de la Araña (Spain). En *2nd Conference on Sound Perception 2023. CSP 2023. Poznan, 1-3 September. Book of abstracts* (pp. 38-39). Adam Mickiewicz University.
- Mattioli, T., Farina, A., Armelloni, E., Hameau, P. y Díaz-Andreu, M. (2017). Echoing landscapes: echolocation and the placement of rock art in the Central Mediterranean. *Journal of Archaeological Science, 83*, 12-25. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.04.008>
- Mazel, A. D. y Watchman, A. L. (1997). Accelerator radiocarbon dating of Natal Drakensberg paintings: results and implications. *Antiquity, 71*, 445-449.
- Mazel, A. D. y Watchman, A. L. (2003). Dating rock paintings in the uKhahlamba-Drakensberg and the Biggarsberg, KwaZulu-Natal, South Africa. *Southern African Humanities, 15*, 59-73.
- Mehr, S. A., Singh, M., Knox, D., Ketter, D. M., Pickens-Jones, D., Atwood, S., Lucas, C., Jacoby, N., Egner, A. A., Hopkins, E. J., Howard, R. M., Hartshorne, J. K., Jennings, M. V., Simson, J., Bainbridge, C. M., Pinker, S., O'Donnell, T. J., Krasnow, M. M. y Glowacki, L. (2019). Universality and diversity in human song. *Science, 366*(970).
- Moreno Iglesias, D., Álvarez-Morales, L., Santos da Rosa, N. y Díaz-Andreu, M. (2022). Arte Rupestre: Una Perspectiva Desde Los Paisajes Sonoros. En *TecniAcústica Elche 2022. 53º Congreso Español de Acústica y XII Congreso Ibérico de Acústica* (pp. online). Sociedad Española de Acústica.
- Navas-Reascos, G., Alonso-Valerdi, L. M. y Ibarra-Zarate, D. I. (2023). Archaeoacoustics around the World: A literature review. *Applied Sciences, 13*(4), 2361.
- Reznikoff, I. (1995). On the sound dimension of prehistoric painted caves and rocks. En E. Taratsi (Ed.), *Musical Signification* (pp. 541-557). Mouton de Gruyter.
- Reznikoff, I. (2006). The evidence of the use of sound resonance from Palaeolithic to Medieval times. En C. Scarre y G. Lawson (Eds.), *Archaeoacoustics* (pp. 77-84). McDonald Institute for Archaeological Research, University of Cambridge.
- Santos da Rosa, N., Alvarez-Morales, L., Moreno Iglesias, D., Laue, G. y Díaz-Andreu, M. (2024). The sonorous dimension of San rock art: an archaeoacoustic approach to Game Pass shelter. En *Game Pass Symposium. Kwazulu-Natal Museum, Pietermaritzburg, 14-17 September 2022*.
- Santos da Rosa, N., Alvarez Morales, L., Martorell Briz, X., Fernández Macías, L. y Díaz-Andreu García, M. (2023). The acoustics of aggregation sites: listening to the rock art landscape of Cuevas de la Araña (Spain). *Journal of Field Archaeology, 48*(2), 130-143. <https://doi.org/10.1080/00934690.2022.2134964>
- Valenzuela, J., Díaz-Andreu, M. y Escera, C. (2020). Psychology Meets Archaeology: Psychoarchaeoacoustics for Understanding Ancient Minds and Their Relationship to the Sacred. *Frontiers in Psychology, 11*, Article 550794. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.550794>
- Vitebsky, P. (2001). *Shamanism*. University of Oklahoma Press.
- Waller, S. J. (1993). Sound Reflection as an Explanation for the Content and Context of Rock Art. *Rock Art Research, 10*, 91-101.