



Madrid, miércoles 29 de mayo de 2024

Desarrollan un modelo matemático para optimizar las medidas de conservación de la Cueva de Altamira

- Personal investigador del CSIC participa en la reconstrucción de las concentraciones de gases de la cueva desde 1950 y en la simulación de los cambios que sufrirán hasta 2100 como consecuencia del cambio climático
- La técnica, que incorpora datos de series temporales de imágenes de satélite, es aplicable a otras cuevas



Ejemplo de las pinturas rupestres de la cueva de Altamira. / iStock

Un estudio interdisciplinar en el que participan el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), ambos del CSIC, junto a las universidades de Alicante, Almería y Toulouse (Francia), ha desarrollado un modelo

matemático que aborda la compleja interrelación entre clima, suelo, roca y actividades humanas y su impacto en las condiciones ambientales de la Cueva de Altamira. El estudio, aplicable a otras cavidades subterráneas, utilizó una técnica de modelado global para reconstruir el pasado y proyectar escenarios futuros de concentración de CO₂ en la cueva. Los resultados permiten establecer las medidas para seguir conservando el patrimonio cultural de Altamira al adelantarse a los cambios del clima que previsiblemente modificarán sus condiciones ambientales.

“A partir de las series de datos obtenidas dentro la Cueva de Altamira entre 1996 y 2012 hemos utilizado técnicas avanzadas de modelización matemática para comprender y predecir la dinámica de la concentración de CO₂ en la atmósfera de la cavidad”, explica el investigador del MNCN **Sergio Sánchez-Moral**. “Los factores clave en los que se basa el modelo son las mediciones *in situ* de la temperatura y la humedad del suelo exterior y la temperatura y concentración de CO₂ dentro de la cueva”, continúa. Además, al incorporar al modelo fuentes de datos externas procedentes de series temporales de imágenes de satélite, se ha conseguido simular el comportamiento de la concentración de CO₂ en la cueva bajo diferentes condiciones climáticas y validar los resultados con los datos reales.

El equipo ha desarrollado las ecuaciones dinámicas que controlan la variabilidad temporal y espacial de los flujos de intercambio de gases, energía y materia entre el ambiente exterior y el medio subterráneo. Este enfoque les ha permitido desarrollar el modelo que simula y analiza las interacciones entre estos factores y tiene en cuenta las influencias, tanto internas como externas, en el microclima de la cueva. Según Sánchez-Moral: “El modelo matemático nos aporta información crucial sobre la relación e interacción entre el clima externo y el subterráneo que es clave para el mantenimiento de la estabilidad ambiental de la cavidad y, por tanto, para conservar el valioso patrimonio cultural que alberga”.

La formulación algebraica de los modelos obtenidos confirmó que los principales impulsores del microclima de la cueva son la temperatura exterior, la humedad del suelo-roca y la actividad humana en su interior. Los resultados del estudio resaltan el impacto significativo de la actividad humana en la cueva, particularmente intensa durante el período 1950-1970. “La elevada afluencia de visitantes durante ese período de bajas temperaturas externas, hizo que se acumulara gran cantidad de CO₂ en su interior, favoreciendo los procesos de condensación sobre el techo y la consiguiente corrosión de la roca que sirve de soporte a las pinturas, de ahí que fuera imprescindible tomar medidas para reducir el impacto que las visitas estaban produciendo”, apunta **Soledad Cuezva**, investigadora de IGME. Además, el estudio proyecta desafíos futuros, especialmente en el contexto del cambio climático, que implicará un aumento en la concentración de CO₂ y que agravará los riesgos de corrosión y deterioro de las representaciones artísticas.

Protección del patrimonio

Las pinturas rupestres son el primer aspecto que despierta el interés de la sociedad por conservar los ecosistemas cavernarios. Sin embargo, más allá del componente cultural,

las cuevas son entornos en los que sobreviven especies adaptadas a unas condiciones ambientales muy concretas y que contienen formaciones geológicas (espeleotemas), que nos permiten, entre otras cosas, reconstruir cómo fue el clima del pasado. Proteger tanto la biología como la geología de estos espacios pasa por desarrollar prácticas de gestión sostenible.

Esta investigación pone de relieve la importancia de comprender y monitorear la dinámica de la atmósfera de las cuevas, considerando las influencias naturales y antropogénicas. En este sentido, la integración de diferentes disciplinas es fundamental para diseñar estrategias de conservación que mitiguen los riesgos potenciales para el patrimonio natural y cultural de las cuevas.

M. Sáez, D. Benavente, S. Cuezva, M. Huc, Á. Fernández-Cortés, A. Mialon, Y. Kerr, S. Sánchez-Moral y S. Mangiarotti. **Scenarios for the Altamira cave CO2 concentration from 1950 to 2100**. *Scientific reports*. DOI: doi.org/10.1038/s41598-024-60149-9

CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es