

Modificaciones de los parámetros ambientales de la Cueva de Nerja provocadas por la entrada de visitantes

Modification of environmental parameters in the Nerja Cave by tourist visits

F. Carrasco Cantos ⁽¹⁾, C. Liñán Baena ⁽¹⁾, J.J. Durán Valsero ⁽²⁾, B. Andreo Navarro ⁽¹⁾ e I. Vadillo Pérez ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Hidrogeología. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, s/n, 29071-Málaga

⁽²⁾ Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003-Madrid

ABSTRACT

In Nerja Cave, since 1993 to present time, the values of underground atmosphere parameters (air and rock temperature, relative humidity, CO₂ concentration and number of visits) have been controlled to verify the anthropogenic modifications that suffer the cave due to the tourist visits. A variation in the environmental parameters related to the opening and closure of the cave to visits is observed every day of the year. During some days on July, and coinciding with the Music and Dance Festival, a different evolution of measured parameters have been verified in one of the chamber, due to the high number of spectators inside the cave (~ 800 persons). This affection happens during a period of time when the cave is normally closed, and in which a total recovery of the background is reached previously to the daily opening of the cave. Anthropogenic modifications produced during the Festival have a temporal cumulative effect, but totally disappear within one week.

Key words: Nerja Cave, tourist caves, anthropogenic impact, environmental parameters

Geogaceta, 31 (2002), 15-18
ISSN:0213683X

Introducción

La Cueva de Nerja está situada en el extremo SE de la provincia de Málaga, a unos 5 km al E de la localidad de Nerja y a unos 500 m al N del pueblo costero de Maro. Se ubica en la vertiente meridional de Sierra Almijara y su entrada se encuentra a 158 metros sobre el nivel del mar.

Es una cueva de desarrollo horizontal, con unos 750 m de longitud entre los puntos más distantes según una línea N-S, y un desnivel total de 68 m (37 m por encima del nivel de referencia, situado en el suelo de la entrada y 31 m por debajo del mismo). Se caracteriza por el amplio volumen de sus salas, que están orientadas en dirección aproximada N-S.

La cavidad tiene un recorrido total de 4.823 m (SEM, 1985) y en ella se distinguen dos sectores (Fig. 1): una zona habilitada al turismo (Galerías Turísticas ó Bajas), que ocupa aproximadamente un tercio del total de la cueva y una zona no turística (Galerías Altas y Galerías Nuevas), que constituye los dos tercios restantes y que sólo recibe las visitas ocasionales de investigadores y de grupos guiados de espeleoturistas, formados por un máximo de 13 personas.

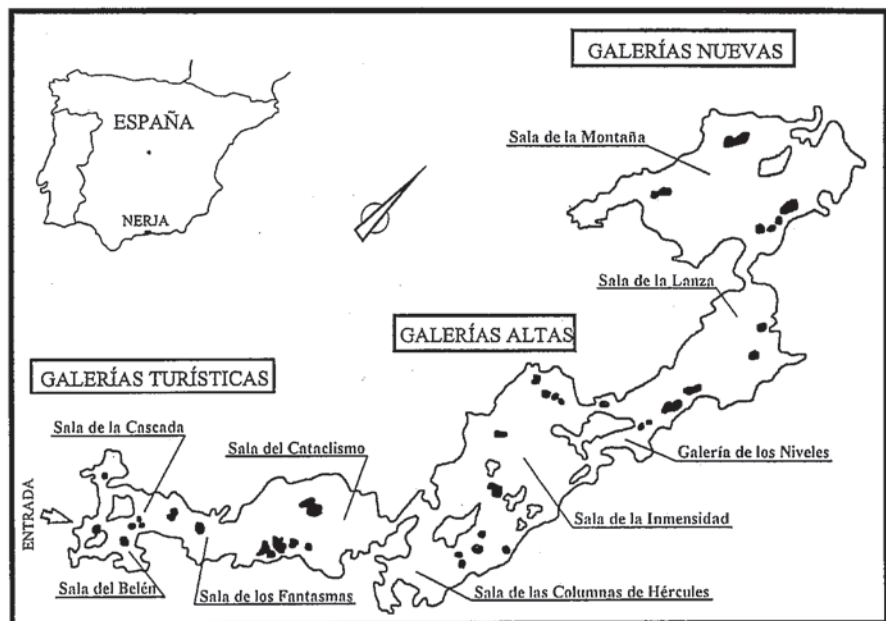


Fig. 1.- Esquema de la Cueva de Nerja.

Fig. 1.- Nerja Cave diagram.

En el sector habilitado al turismo, cuyos parámetros ambientales se analizan en este trabajo, las salas están orientadas en la dirección N35°E y presentan un eje

principal de unos 250 m de longitud. Dicho sector está constituido por una sucesión de salas separadas por edificios de espeleotemas; desde la entrada se suce-

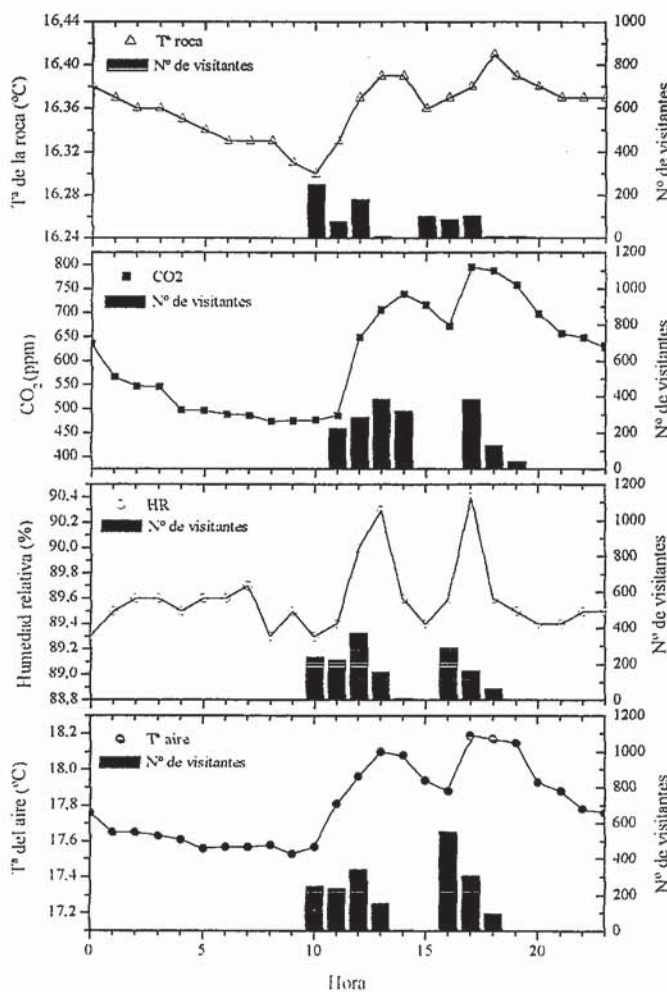


Fig. 2.- Evolución diaria de los visitantes y diferentes parámetros ambientales en el interior de la Cueva de Nerja.

Fig. 2.- Daily evolution of visitability and environmental parameters in the Nerja Cave.

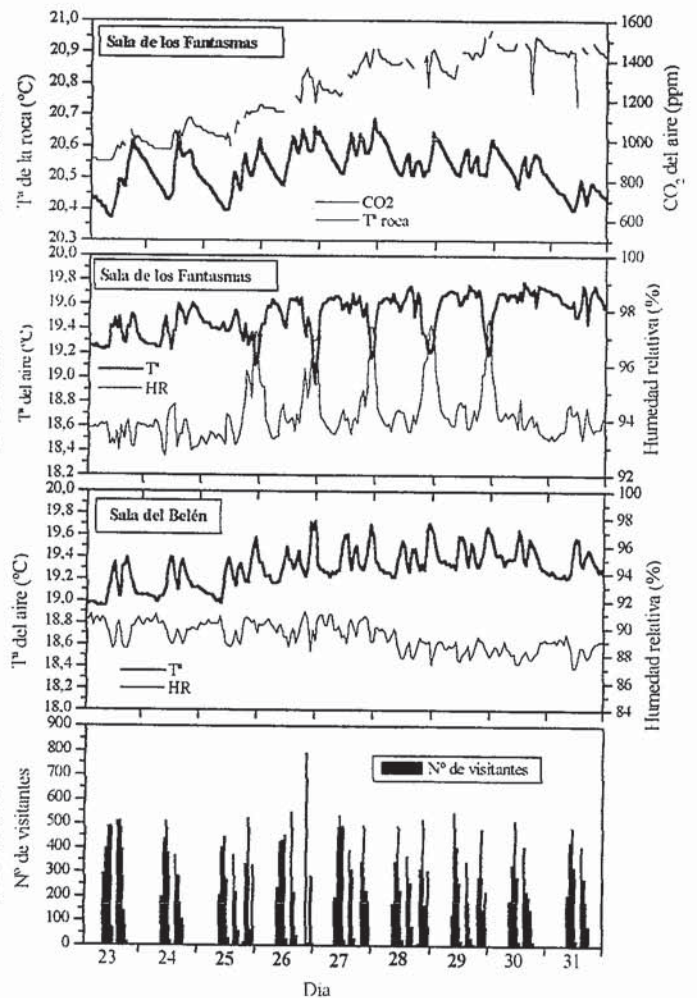


Fig. 3.- Evolución de los parámetros ambientales en el interior de la Cueva de Nerja durante la celebración de los Festivales.

Fig. 3.- Evolution of environmental parameters in the Nerja Cave during Music and Dance Festival.

den la sala del Vestíbulo, la sala del Belén, la sala de la Cascada o del Ballet y la sala del Cataclismo.

Régimen de visitas de la Cueva de Nerja

Desde su habilitación turística en 1960, un año después de su descubrimiento, la Cueva de Nerja es uno de los monumentos naturales más visitados de España, con una media aproximada de 500.000 visitantes por año. La distribución mensual de los visitantes presenta valores mínimos en los primeros y últimos meses del año (11.000 a 20.000 personas/mes) y máximos en el mes de Agosto (90.000 a 120.000 personas/mes).

La cueva permanece abierta al público de seis a ocho horas diarias, con una interrupción de dos horas al mediodía. El horario de entrada actual es de 10-14 h y de 16-18 h, con ampliación hasta las 20 h en los meses de Julio y Agosto. El número de vi-

sitas varía entre 200 y 3.500 personas al día; ocasionalmente se alcanzan cifras próximas a 5.000 visitas algunos días de Agosto. En general, se puede considerar que la visita turística a la cueva tiene una duración aproximada de 45 minutos, dosificándose ésta para que no se concentren en su interior más de 500 personas a la vez.

Durante el mes de Julio, generalmente la última semana, se celebran los Festivales de Música y Danza. Las actuaciones tienen lugar durante cinco días seguidos a partir de las 22 h, con una duración aproximada de dos horas. Durante el espectáculo, la cueva está cerrada para las visitas y se concentran en una sola sala (sala del Ballet) unas 800 personas.

Modificaciones antrópicas sobre el medio ambiente subterráneo

La presencia de visitantes y la iluminación de las cuevas turísticas, como la de Nerja, producen modificaciones en los

parámetros ambientales de la atmósfera subterránea (Fernández *et al.*, 1986; Andrieux, 1988; Cigna, 1993; Mangin y D'Hulst, 1995; Pulido-Bosh *et al.*, 1997; Hoyos *et al.*, 1998; Carrasco *et al.*, 1999; Mangin *et al.*, 1999). El alcance de estas modificaciones depende de factores naturales, como son el volumen de la cavidad y su grado de ventilación, pero también de factores antrópicos, como el tipo de luz empleada en la iluminación, el número de visitantes y el tiempo medio de permanencia de éstos en la cavidad.

Para controlar dichas modificaciones, en la Cueva de Nerja se dispone de una red de sensores distribuidos por las diferentes salas que miden, con una periodicidad horaria, los siguientes parámetros: temperatura, humedad relativa y concentración de CO₂ del aire y temperatura de la roca. El número de visitantes se controla de forma continua, mediante dos sensores ubicados en la entrada y en la salida de la cueva.

Modificaciones ambientales originadas por las visitas diarias

Durante todos los días del año, se observa un incremento en el valor de la temperatura del aire y de la roca, así como en la concentración de CO_2 del aire, durante las horas en que la cueva permanece abierta al público. En la evolución diaria de estos parámetros (Fig. 2) se observan dos máximos, coincidentes con la permanencia de visitantes en la cueva, separados por un descenso, que corresponde al cierre de la cueva y al apagado de la iluminación durante el mediodía.

En el caso de la humedad relativa del aire, la evolución diaria es variable, aumentando o disminuyendo durante el horario de visita (Figs. 2 y 3). En el primer caso, los visitantes provocan un incremento visible de la humedad absoluta del aire al aportar, a través de su respiración, vapor de agua a la atmósfera de la cueva. El segundo caso se produce cuando aumenta la temperatura del aire sin aumentar la humedad absoluta y, por tanto, se origina una disminución de la humedad relativa.

Las variaciones diarias que se producen son del orden de 0,1 a 0,6 °C, en la temperatura del aire, del 1 al 3 %, en la humedad relativa del aire y de 0,02 a 0,1 °C en la temperatura de la roca (Carrasco *et al.*, 1995, 1999). Los incrementos diarios en la concentración de CO_2 del aire pueden variar entre unos 40 y unos 900 ppm, dependiendo de la época del año.

Durante la noche, debido a la ventilación natural de la cavidad, se produce la renovación del aire de la cueva, lo que conlleva el descenso en los parámetros indicados (Fig. 2). Sólo en determinadas épocas de alta visitabilidad (mes de Agosto), es frecuente que durante la noche no se produzca una recuperación total, especialmente en la concentración de CO_2 del aire, produciéndose un efecto acumulativo, de tal manera que los mínimos diarios son progresivamente más altos durante los días siguientes.

Los valores mínimos de CO_2 en el aire se registran en el periodo de otoño-invierno, de menor visitabilidad y mayor índice de ventilación, y los máximos en verano, coincidiendo con la época de mayor visitabilidad y menor índice de ventilación. El índice de ventilación, determinado a partir de medidas de radón en el interior de la cueva, es 2,8 m^3/s , para el periodo de otoño-invierno y 0,2 m^3/s para el de primavera-verano (Cañete, 1997).

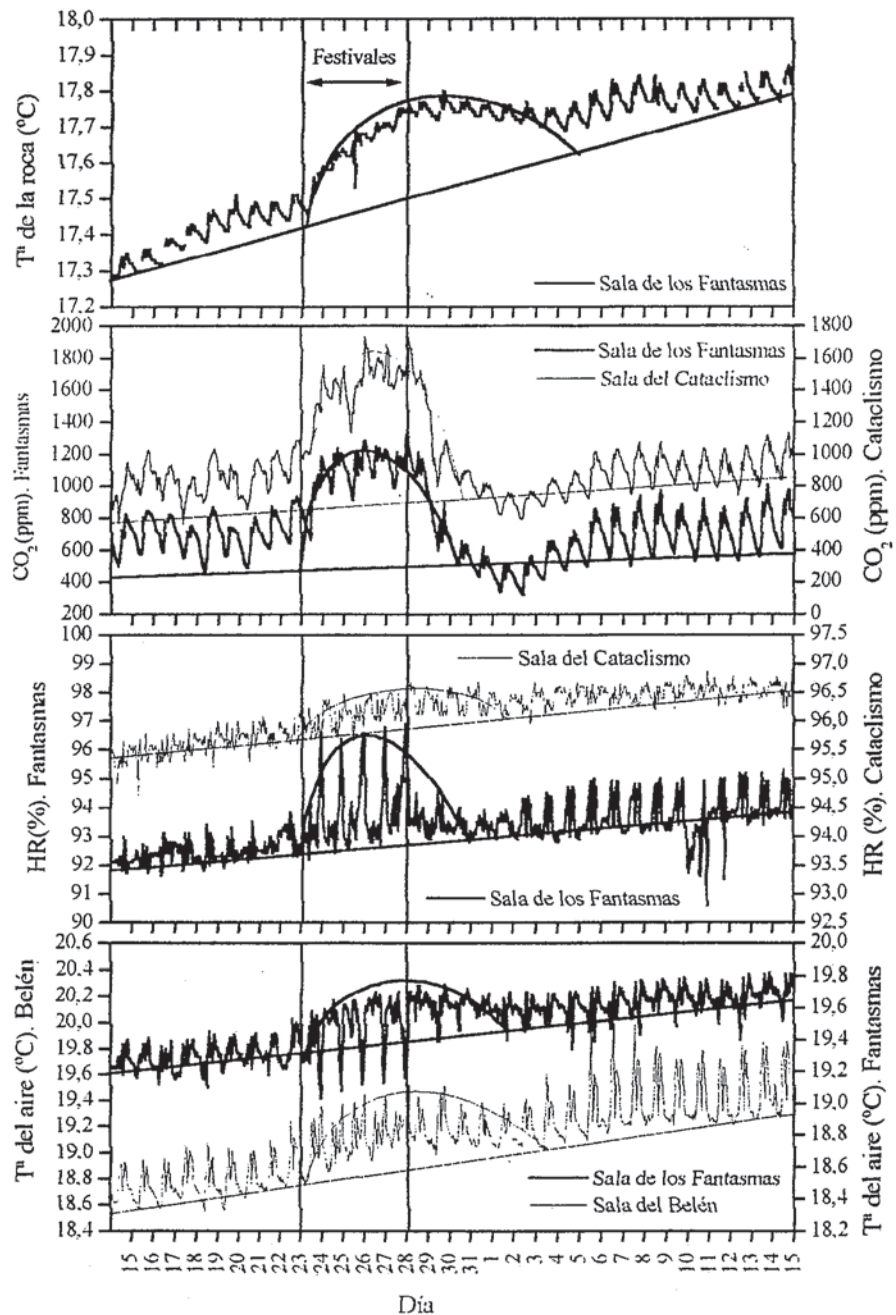


Fig. 4.- Recuperación de los parámetros ambientales en el interior de la Cueva de Nerja una vez concluidos los Festivales. Los abombamientos dibujados en los gráficos corresponden a los efectos provocados por la celebración del Festival.

Fig. 4.- Background recovery of environmental parameters in the Nerja Cave after the Music and Dance Festival. The convex forms marked in graphs are the affections of the Festival.

Modificaciones ambientales durante la celebración de los Festivales de Música y Danza

Con motivo de la celebración de los festivales, a las modificaciones de los parámetros ambientales correspondientes a la apertura al público de la cavidad durante el día, se suman las variaciones de estos parámetros en las horas de celebración del espectáculo, especialmente patentes en el caso de la temperatura, hume-

dad relativa y concentración de CO_2 del aire. Por ello, en este periodo, se producen tres picos diarios en los valores de los diferentes parámetros, dos relacionados con la entrada de las visitas turísticas y uno, de mayor magnitud, aproximadamente a las 12 de la noche, relacionado con la entrada del público al espectáculo (Fig. 3).

En la sala de los Fantasmas, inmediata a donde se celebra el Festival, se observa un claro incremento de la humedad relativa del aire, del orden del 4 %, acom-

pañado de una disminución de la temperatura del aire, del orden de 0,5 °C, alcanzándose valores de este parámetro inferiores a los que se registran en la cueva durante el día (Figs. 3 y 4). Estos valores se producen por el aumento de humedad absoluta en la sala, que conlleva un incremento de la humedad relativa y un descenso de la temperatura. En las salas de Belén y del Cataclismo (Fig. 3) se produce un incremento de la temperatura del aire (entre 0,05 °C y 0,50 °C) acompañado de una disminución de la humedad relativa (entre 0,1 % y 3 %), igual que ocurre en algunas ocasiones durante las visitas.

La concentración de CO₂ del aire aumenta en todas las salas de la Cueva, entre unos 100 y 275 ppm, mientras que la temperatura de la roca aumenta entre 0,02 y 0,12 °C.

Durante los días de celebración del Festival se produce un efecto acumulativo en los valores de los parámetros analizados, porque la cavidad no tiene tiempo suficiente para ventilarse adecuadamente y restablecer sus condiciones naturales. Una vez que finalizan los festivales comienza la progresiva recuperación de los valores habituales para esas fechas del año y la recuperación es total al pasar varios días: de cuatro a seis, en el caso de la temperatura del aire, de tres a cinco días para la humedad relativa, de dos a tres días en el caso de la concentración de CO₂ del aire y de siete a ocho días, para la temperatura de la roca (Fig. 4).

Conclusiones

El gran número de personas que visitan anualmente la Cueva de Nerja, junto con la iluminación de la cavidad, originan variaciones de los parámetros característicos del ambiente subterráneo, como son la temperatura del aire y de la roca, la humedad relativa y la concentración de CO₂ del aire. La evolución diaria de la

temperatura del aire, de la roca y la concentración de CO₂, muestra dos máximos, que coinciden con las horas en que la cueva está abierta al público, separados por un mínimo relativo, coincidente con el cierre de la cavidad al mediodía. En el caso de la humedad relativa del aire, la evolución diaria es variable, aumentando o disminuyendo con la entrada de visitantes, en función de la humedad absoluta y las variaciones de temperatura. Durante la noche, se produce la recuperación de las condiciones ambientales previas a la entrada diaria de visitantes y, sólo en días con un número de visitantes especialmente elevado, se produce un efecto acumulativo en la concentración de CO₂ del aire de la cueva.

Durante la celebración de los Festivales de Música y Danza, la evolución diaria de los parámetros medidos muestra, además de los dos picos correspondientes a la entrada de las visitas turísticas, un tercer pico correspondiente a la entrada del público al festival. En la sala de los Fantasmas, adjunta a la que se celebra el espectáculo, el tercer pico se corresponde con un incremento de la humedad relativa del aire, acompañado de una disminución de la temperatura del aire, alcanzando este parámetro valores inferiores a los que se registran en la cavidad durante el día. Esta evolución pone de manifiesto un cambio en la dinámica global de la atmósfera de la cueva durante los días de celebración del Festival. Por el contrario, en el resto de las salas de la parte visitable de la cavidad, el tercer pico corresponde a un incremento de la temperatura del aire acompañado de una disminución de la humedad relativa, como sucede algunos días durante las visitas turísticas.

La presencia de hasta 800 personas en la cueva con motivo de los festivales, durante las horas en que habitualmente se produce la recuperación de los valores ambientales previos a la entrada diaria de

visitantes, provoca un efecto acumulativo temporal en los valores de los diversos parámetros ambientales, que desaparece por completo una semana después de finalizar los Festivales.

Agradecimientos

A la Fundación Cueva de Nerja. Este trabajo es una contribución del Grupo RNM 308 de la Junta de Andalucía a los Proyectos IGCP 448 de la UNESCO y PB98-1397 de la DGES.

Referencias

- Andrieux, C. (1988): *Actes des journées Trombes*, Moulis, Ariège, 1, 96-122.
- Cañete, S. (1997): Tesis de Licenciatura, Univ. de Málaga, 84 p.
- Carrasco, F., Andreo, B., Benavente, J. y Vadillo, I. (1995): *Cave and Karst Science*, 21, 27-32.
- Carrasco, F., Andreo, B., Vadillo, I., Durán, J.J. y Liñán, C. (1999): *I Simp. de Geología Cueva de Nerja*, Nerja (Málaga), 323-334.
- Cigna, A. (1993): *Environ. Geol.*, 21, 173-180.
- Fernández, P.L., Gutiérrez, I., Quindós, L.S., Soto, J. y Villar, E. (1986). *Nature*, 321, 586-588.
- Hoyos, M., Soler, V., Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S. y Sanz-Rubio, E. (1998): *Environ. Geol.*, 33(4), 231-242.
- Mangin, A. y D'Hulst, D. (1995): *Simp. Internazionale Grotte turistiche e Monitoraggio Ambientale, Stazione Scient.*, Bossea, Italia, 117-145.
- Mangin, A., Bourges, F. y D'Hulst, D. (1999): *C.R. Acad. Sci. Paris*, 328, 295-301.
- Pulido-Bosch, A., Martín-Rosales, W., López-Chicano, M., Rodríguez-Navarro, C.M. y Vallejos, A. (1997): *Environ. Geol.*, 31, 142-149.
- S.E.M. (1985): *La Cueva de Nerja*, 87 p.