

Principales impactos antrópicos en la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva)

Main human impact in the cave of Marvels (Aracena, Huelva)

W. Martín-Rosales (*), A. Pulido-Bosch (*), M. López-Chicano (*), C.M. Rodríguez-Navarro(**) y A.Vallejos (*)

(*) G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental. Facultad de Ciencias, 18071-Granada
 (**) Departamento de Mineralogía. Facultad de Ciencias, 18071-Granada

ABSTRACT

The cave of Marvels has been the object of a detailed study since 1993 which has allowed us to identify the main effects deriving from tourist visits and human activity on the environment. Although the deterioration is by no means irreversible, it should be noted that there are noticeable effects on the subterranean water occupying part of the cave on the air, with an appreciable rise in temperature and carbon anhydride content and reduction in humidity, and on the rock, with evident growths of algae, lichens and fungi.

Key words: karstic cave, human impact, underground climatology, alteration, corrective measures.

Geogaceta, 20 (5) (1996), 1162-1164
 ISSN:0213683X

Introducción

La mayoría de las cavidades kársticas son lugares geológicos de singular interés, patrimonio a proteger de los posibles impactos del hombre. Además del interés científico indudable, muchas de estas cavidades tienen un manifiesto interés económico al constituir una notable fuente de ingresos cuando se explotan con fines turísticos; a partir de ese momento, los riesgos aumentan de manera considerable.

La Gruta de las Maravillas es una de las cavidades kársticas de mayor belleza entre las acondicionadas al turismo en nuestro país. Excavada en el pequeño afloramiento de mármol del Cámbrico inferior sobre el que se asienta parte del núcleo urbano de Aracena (figura 1), posee una longitud total conocida de 2130 m; se desarrolla esencialmente sobre un mismo plano horizontal, aunque se pueden diferenciar tres niveles superpuestos. Los dos primeros, correspondientes al actual recorrido turístico, cubren una longitud de 1000 m; el tercero -más elevado- es inaccesible al público, también de espectacular belleza por su variedad y riqueza de espeleotemas (Martín Rosales *et al.*, 1995). El posible desarrollo en profundidad se desconoce, entre otros motivos, por encontrarse inundada la cavidad en su tramo más inferior.

Aunque el descubrimiento de la cavidad se remonta al siglo pasado (Martín Rosales *et al.*, 1996), su acondiciona-



Fig. 1.- Localización geográfica

Fig. 1.- Geographical location

miento para las visitas turísticas no tuvo lugar hasta 1911; la abundancia de espeleotemas y la belleza de los mismos trascendió pronto; en la actualidad se alcanzan los 160.000 visitantes al año, lo cual constituye una notable fuente de ingresos directos e indirectos para Aracena.

Como sucede con otras tantas cuevas del mundo (Fernández *et al.* 1986; Cigna 1987 y 1993), un medio tan frágil no tiene más remedio que resentirse ante tal afluencia de visitas, especialmente si no se toman determinadas precauciones (Huppert *et al.* 1993). Las autoridades municipales, conscientes de la problemática, solicitaron en 1993 la realización de un estudio detallado tendente a identificar los principales impactos, el grado de alteración actual y la elaboración de una serie

de medidas protectoras y correctoras frente a dichas afecciones.

La red de observación

Con el fin de dar respuesta al interrogante planteado se procedió a diseñar una red de observación de parámetros físicos y químicos (figura 2). Se instalaron cinco sensores para medir temperatura y humedad del aire con un intervalo de 15 minutos. Paralelamente se registró el contenido en CO₂ y la evolución del nivel piezométrico en los lagos, mediante sendos data logger.

Además, se han realizado numerosos perfiles con equipos portátiles a lo largo de la gruta, en los que se midió la humedad relativa, temperatura y velocidad del aire. Dado que era preciso comparar los parámetros medidos con los de los sectores no influenciados por el hombre, se instaló un equipo en el tercer nivel, bien alejado del recorrido turístico.

Identificación de los impactos

En la figura 3 se resumen los impactos sobre los diversos factores ambientales -aire, roca y agua- y su interrelación. El aire es el más inmediatamente afectado por la entrada de visitantes, tal y como se muestra en la figura 4, correspondiente a la sala denominada "Cristalería de Dios". Esta sala presenta numerosas concreciones parietales, en el techo y en el suelo,

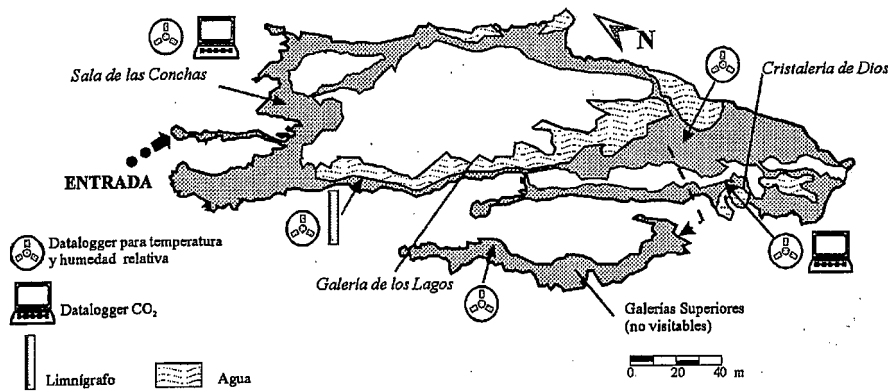


Fig. 2.- Red de control de variables ambientales en la Gruta de las Maravillas.

Fig. 2.- Environmental variable control network in the cave of Marvels

formadas por cristales de aragonito, excéntricas, gours y formas globulares; en ella, la temperatura llega a aumentar cerca de un grado con la entrada de un grupo de visitantes. La afección es más marcada en Julio y Agosto, al ser mayor el número de visitantes y el contraste térmico interior-exterior.

Este efecto térmico es, en cierta medida, acumulativo para cortos períodos, función de la distancia a la entrada de la Gruta; también es bien visible el efecto termorregulador de los lagos, cuyas aguas atenúan la fluctuación térmica. El aumento de la temperatura se acompaña de una disminución de la humedad ambiental que baja hasta un 3 %. El actual sistema de iluminación tiene idéntico efecto al de los visitantes ya que provoca el aumento de la temperatura -por la gran energía liberada- y la disminución de la humedad (Martín Rosales *et al*, 1994).

La concentración de CO₂ suele ser, de manera natural, más elevada en la cavidad que en el exterior, debido a la menor ventilación; esta afirmación se ha podido constatar en esta cavidad, donde la concentración cercana a la entrada es de 600 ppm, y alcanza 1500 ppm en los sectores más distales. Los visitantes hacen que se alcancen 5000 ppm (figura 5); el origen

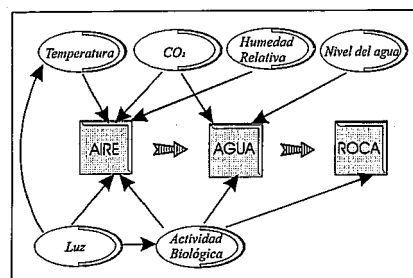


Fig. 3.- Principales impactos sobre los factores ambientales y su interrelación

Fig. 3. Main impact of environmental factors and the relation between them.

biológico del aumento del CO₂ viene constatado por el ligero aumento de la temperatura durante la noche, coincidiendo con el aumento de CO₂ originado por la respiración biológica. Un aumento tan considerable de la presión parcial de CO₂ en la cavidad tiene lógicamente un impacto sobre el medio, por tratarse de una atmósfera mucho más agresiva con respecto a la roca encajante.

La afección al agua subterránea es más patente en la "galería de los Lagos", en donde un gran número de lámparas subacuáticas iluminan las numerosas formas allí presentes. El nivel alcanzado por el agua coincide con el nivel piezométrico del acuífero ligado al afloramiento carbonatado en el que se desarrolla la Gruta; este acuífero se alimenta esencialmente a partir del agua de lluvia que alcanza un valor medio de 900 mm/año. La sequía extrema de los últimos años y la existencia de un sondeo cercano que bombea 7 l/s han contribuido a hacer descender de manera sensible el nivel (figura 6); la paralización de las extracciones y las intensas precipitaciones ocurridas durante los

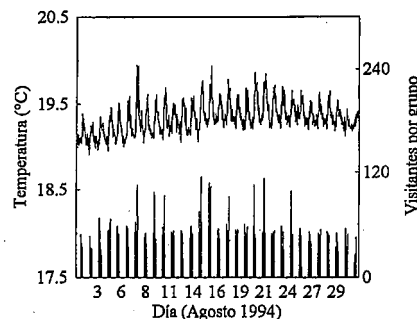


Fig. 4.- Temperatura del aire y número de visitantes por grupo durante el mes de Agosto de 1994 en la sala de la Cristalería de Dios (Gruta de las Maravillas)

Fig. 4.- Air temperature and number of visitors per group during August 1994 in the God's Glassware (Cave of Marvels).

últimos meses han hecho recuperar rápidamente el nivel en la cavidad. La iniciativa de hacer pequeñas cascadas artificiales ha tenido una influencia bien visible, señalada por el cambio de coloración de la roca, debido -posiblemente- a la precipitación de manganeso a lo largo del recorrido del agua sobre la pared.

La roca manifiesta visibles impactos ligados estrechamente a los ya reseñados. En efecto, el cambio de los parámetros ambientales -aumento de CO₂ y temperatura, disminución de la humedad, gran cantidad de energía luminosa- y el transporte hacia el interior de la cavidad de esporas y microorganismos en el calzado y vestimenta de los visitantes han provocado la proliferación de algas, líquenes y hongos, especialmente abundantes en el entorno de los focos luminosos. Estos microorganismos alteran los espeleotemas tanto mecánica como químicamente (Viles, 1987), que acaban por su disgregación mecánica. El estudio comparativo de 25 muestras mediante Microscopía Electrónica de Barrido ("Scanner") ha permitido detectar la existencia de corrosiones múltiples en los cristales que, de no tomar las medidas adecuadas, podrían

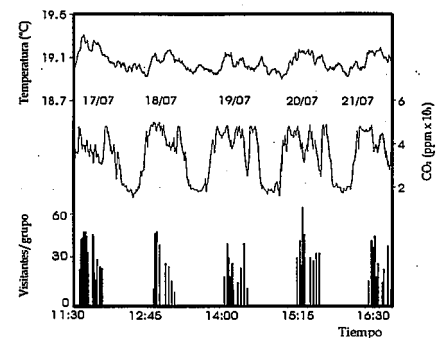


Fig. 5.- Influencia de las visitas en el contenido de anhídrido carbónico del aire en la Gruta de las Maravillas

Fig. 5.- Influence of visits on the carbon anhydride content in air in the Cave of Marvels

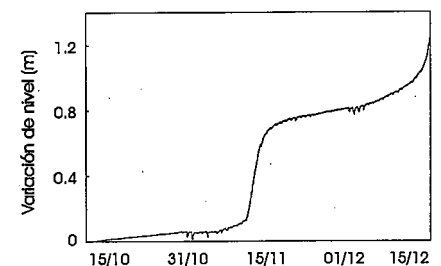


Fig. 6.- Variación del nivel de agua en la Galería de los Lagos

Fig. 6.- Variation in the water level in the Passage of the Pools

deteriorar de forma irreversible numerosas áreas.

Consideraciones finales

Los efectos derivados de las visitas turísticas a la cavidad y de la infraestructura puesta a punto con tal fin, son visibles en el aire -aumento de la temperatura del aire y del contenido en CO₂ y disminución de la humedad ambiental-, en el agua -descenso del nivel piezométrico y precipitación de manganeso en paredes-, y en la roca. En ésta última se han sumado sinérgicamente los impactos, unidos al desarrollo de algas, hongos y líquenes que encuentran un medio muy favorable debido a la energía luminosa suministrada por los sistemas de iluminación.

Como consecuencia del estudio realizado se ha propuesto las siguientes medidas correctoras:

- disminución del número de visitantes por grupo y de la frecuencia de entrada de los mismos.

- colocación de esteras eliminadoras de esporas y otros agentes y microorga-

nismos susceptibles de desarrollarse en el interior de la cavidad.

- Sustitución progresiva del sistema clásico de iluminación por otro constituido por "luces frías", más costoso pero con impacto mucho menor.

- eliminación de las cascadas artificiales.

- Paralización de las extracciones en el sondeo cercano a la cavidad.

- restringir el acceso a aquellos lugares más degradados, al menos durante determinados períodos.

- tratamiento de los tramos más colonizados por la microflora con una solución desinfectante adecuada no degradante de la roca.

- mantenimiento de una red de observación de parámetros ambientales y seguimiento de la recuperación del medio.

Agradecimientos

Al Excmo. Ayuntamiento de Aracena, por la facilidad dada para la realización de los estudios; a la CICYT, proyecto AMB95-0493.

Referencias

- Cigna, A. (1987): *XIV Congresso Nazionale Speleologia*, Italia, pp. 999-1012.
- Cigna, A. (1993): *Env. Geol.*, 21:173-180.
- Fernández, P.L.; Gutiérrez, I, Quindós, L.S.; Soto, J. y Villar, E (1986): *Nature*, 321:586-588.
- Huppert, G.; Burri, E.; Forti, P. y Cigna, A. (1993): *Catena suplement*, 25:251-268.
- Martín Rosales, W.; Rodríguez Navarro, C.M.; López Chicano, M.; Pulido Bosch, A. y Vallejos, A. (1994): *El Karst y los acuíferos kársticos. ejemplos y métodos de estudio*. J.R. Fagundo, A. Pulido Bosch, J.E. Rodríguez Eds. Cuba pp 279-290.
- Martín Rosales, W., López Chicano, M. Rodríguez Navarro, C.M. y Pulido Bosch, A. (1995): *Espeleotemas*, 5:51-62.
- Martín Rosales, W.; Rodríguez García, M. y Romero Bomba, E. (1996): *Bol. Museo Andaluz de la Espeleología*, 5:11-19
- Viles, H. (1987): *Earth surface processes and landforms*, 12:467-473.