



III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y MINERO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE CARTAGENA

R- 14049



Instituto Geológico
y Minero de España

Defensa del Patrimonio y Desarrollo Regional VII SESIÓN CIENTÍFICA



LIBRO DE RESÚMENES

Grupo Minero Cabezo Rajao - 1910

Cartagena, 24, 25 y 26 de octubre de 2002

ESTUDIO MICROLICMÁTICO PARA LA VALORACIÓN DE LA PROYECCIÓN TURÍSTICA DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ (ALMERÍA)

A. Fernández-Cortés¹, J.M. Calaforra¹, García-Guinea, J.²

1 G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental

Dpto. Hidrogeología. Universidad de Almería. 04120. Almería. acortes@ual.es

2 Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). C/ Gutiérrez Abascal, 2. 28006. Madrid

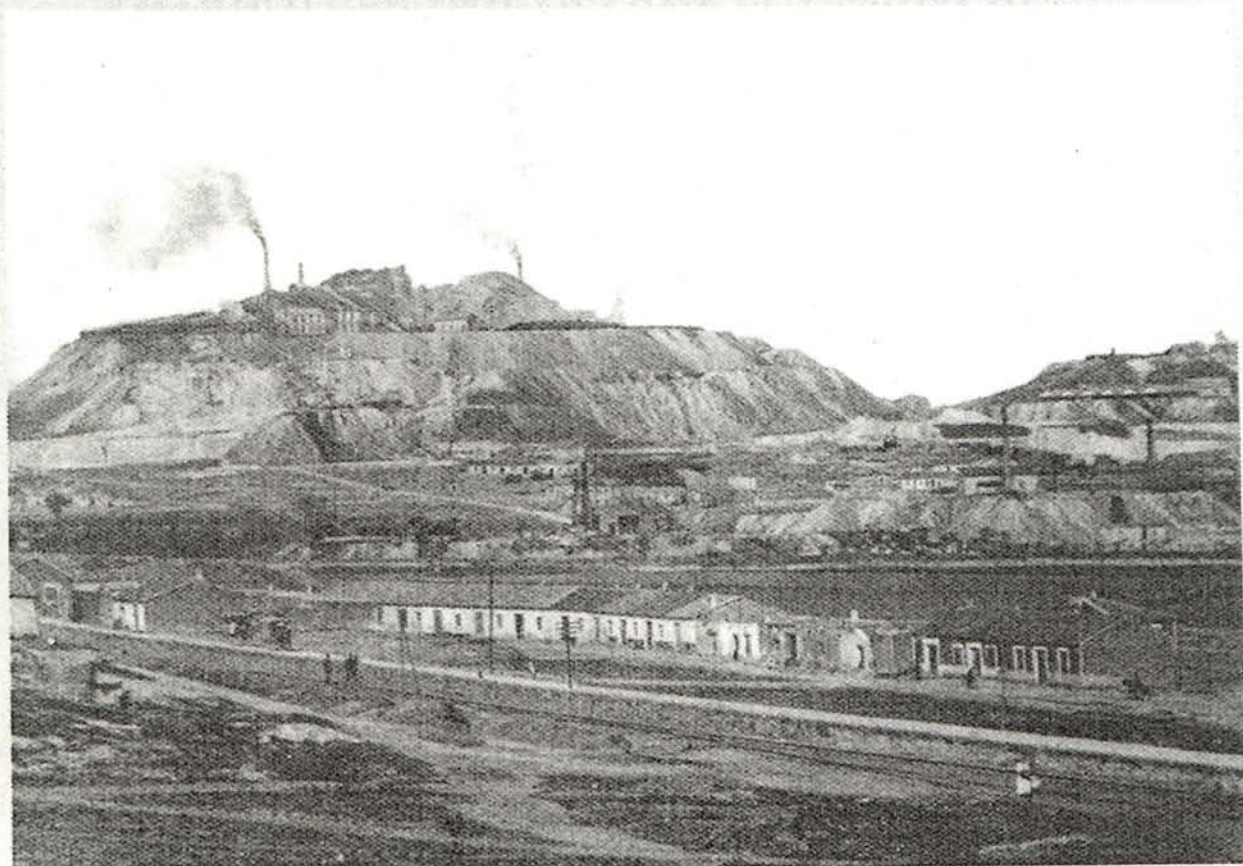
Resumen

La Geoda gigante de Pulpí es una joya del patrimonio geológico a nivel mundial, encuadrada dentro de los vestigios de uno de los núcleos más importantes de la antigua minería del sureste peninsular. Ambos factores apuntan hacia una explotación turística sostenible de este entorno minero, junto con su conservación mediante la asignación de alguna figura legal de protección. En aras de alcanzar estos objetivos, este estudio presenta una primera aproximación del funcionamiento microclimático de la Geoda en régimen de visitas y en relación con el ambiente exterior más cercano a su entrada.

Mediante la monitorización ambiental de la Geoda se ha conseguido caracterizar la variación de los diferentes parámetros físicos del aire y roca (yeso) durante las visitas controladas, semejantes a la que podrían realizarse en una hipotética apertura al público. El periodo de recuperación ambiental de la Geoda tras una visita de tres personas durante diez minutos es muy dilatado, hasta 8 horas para la humedad del aire y superior a un día para el CO₂. La continuidad temporal de las visitas con tiempos de permanencia reducidos puede provocar el deterioro de los cristales de yeso por condensación de vapor de agua, además de problemas tóxicos en los visitantes por acumulación del CO₂. Por estos motivos recomendamos que en la adecuación turística de este entorno geológico se contemple visitas a la Geoda sin un contacto físico-térmico entre el visitante y el interior de la misma.

Palabras clave: Control ambiental, geoda, geo-recurso, uso turístico, yeso.

Patrimonio geológico y minero y desarrollo regional



Editores:

Isabel Rábano
Ignacio Manteca
Cristóbal García



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE CARTAGENA



MINISTERIO
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y MINERO Y DESARROLLO REGIONAL

Editores:

Isabel Rábano
Ignacio Manteca
Cristóbal García

Instituto Geológico y Minero de España

MADRID 2003

Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero (3,2002. Cartagena). Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (7.2002. Cartagena)

Patrimonio Geológico y Minero y Desarrollo Regional / Rábano, Isabel; Manteca, Ignacio y García, Cristobal, eds.— Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2003.

624 p., ils; 24 cm.- (Cuadernos del Museo Geominero; 2)

Incluye bibliografía e índices.

ISBN: 84-7840-497-X

1. Patrimonio geológico. 2. Geología divulgación. 3. Conservación. 4. Congreso. I. Rábano, Isabel; Manteca, Ignacio y García, Cristobal, eds. II.

Instituto Geológico y Minero de España

555:622(460)

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editores.

Las opiniones expresadas en los trabajos recopilados en el presente libro son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no necesariamente coincidentes con las de la organización de las Jornadas.

Explicación de la portada: Grupo Minero Cabezo Rajao, La Unión (Murcia) en 1895. En primer término, línea férrea del ferrocarril minero Cartagena-Las Herrerías. El humo de las chimeneas que se aprecia sobre el Cabezo Rajao corresponde a las máquinas de vapor que se utilizaban en la época para la extracción del mineral de los pozos.

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid

www.igme.es

NIPO:405-03-027-2

ISBN: 84-7840-497-X

Depósito Legal: M - 51.383 - 2003

Fotocomposición: Inforama, S.A. Príncipe de Vergara, 210. 28002 MADRID

Imprime: Ibergraphi 2002, S.L.L. Mar Tirreno, 7 bis. 28830 SAN FERNANDO DE HENARES (Madrid)

ESTUDIO MICROCLIMÁTICO PARA LA VALORACIÓN DE LA PROYECCIÓN TURÍSTICA DE LA GEODA GIGANTE DE PULPÍ (ALMERÍA)

A. Fernández-Cortés¹, J.M. Calaforra¹ y J. García-Guinea²

¹ G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental. Dpto. Hidrogeología. Universidad de Almería. 04120 La Cañada de San Urbano (Almería) (jcalafor@ual.es).

² Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid

RESUMEN

La Geoda gigante de Pulpí puede considerarse uno de los descubrimientos más significativos a nivel mundial, relacionados con el Patrimonio Geológico. Además, se encuadra dentro de los vestigios de uno de los núcleos más importantes de la antigua minería del sureste peninsular. Ambos factores apuntan hacia una explotación turística sostenible de este entorno minero, junto con su conservación mediante la asignación de alguna figura legal de protección. En aras de alcanzar estos objetivos, este estudio presenta una primera aproximación del funcionamiento microclimático de la Geoda en régimen de visitas y en relación con el ambiente exterior más cercano a su entrada. Mediante la monitorización ambiental de la Geoda se ha conseguido caracterizar la variación de los diferentes parámetros físicos del aire y roca (yeso) durante las visitas controladas, semejantes a la que podrían realizarse en una hipotética apertura al público. El periodo de recuperación ambiental de la Geoda tras una visita de tres personas durante diez minutos es muy dilatado, hasta 8 horas para la humedad del aire y superior a un día para el CO₂. La continuidad temporal de las visitas con tiempos de permanencia reducidos puede provocar el deterioro de los cristales de yeso por condensación de vapor de agua, además de problemas de toxicidad por acumulación del CO₂. Por estos motivos recomendamos que en la adecuación turística de este entorno geológico se contemple visitas a la Geoda sin un contacto físico-térmico entre el visitante y el interior de la misma.

Palabras clave: Control ambiental, geoda, georrecurso, uso turístico, yeso.

ABSTRACT

The huge Geode of Pulpí could be considered as a jewel of the Geologic Heritage, framed close to the vestiges of one of the most important old mining regions areas of SE Spain. Both peculiarities point toward a sustainable tourist exploitation of this mining environment, together with its conservation by means of the assignment of some legal figure of protection. In order to reach these objectives, this study shows a first approach of the microclimatic functioning of the Geode and neighboring during experimental controlled visits. By means of the environmental monitoring of the Geode it has been possible to characterize the variation of the different physical parameters of air and rock (gypsum) during the controlled visits, similar to which could be carried out in a hypothetical opening to the public. The period of



environmental recovery of the Geoda after a visit of three people during ten minutes seems to be very long, up to 8 hours for the air humidity and more than one day for the CO_2 . Continuous visits with short times permanency can cause the worsening of the gypsum crystals due to condensation of water, additionally toxic problems related to the accumulation the CO_2 could appear. For these reasons we recommend that the tourist adaptation of this geologic environment would contemplate visits without a physical-thermal contact between the visitors and the Geode.

Key words: Environmental monitoring, geode, geological heritage, tourist use, gypsum.

1. INTRODUCCIÓN

La Geoda de Pulpí constituye un fenómeno único a nivel mundial dadas las dimensiones, perfección, tamaño y transparencia de los cristales, alguno de los cuales llega a medir casi dos metros (Calaforra y García-Guinea, 2000). Su transparencia y estado de conservación la convierten en una joya de la naturaleza. Por otro lado, el marco en el que la Geoda se ubica, el Levante almeriense, ha sido tradicionalmente un territorio cuyas raíces fueron mineras. Prueba de ello lo constituyen los numerosos restos de instalaciones mineras que salpican Sierra Almagrera.

Con el objetivo de dar conocer este descubrimiento a la sociedad y evitar expolios de particulares, se presentó una alternativa, desde el entorno científico, consistente en contemplar la Geoda y su entorno minero como un Patrimonio Geológico-Natural que debería pertenecer, muy especialmente, a la comarca de Pulpí. En este sentido, la posible apertura al público de la Geoda y sus galerías de acceso puede enmarcarse dentro de este esquema de salvaguarda y adecuación turística conjunta (Calaforra *et al.*, 2001). Sin embargo, antes de que se lleve a cabo cualquier actuación es necesario conocer cuales son los riesgos que la Geoda podría sufrir en caso de ser visitada. Con esta idea nace el proyecto "Estudio y valoración de la Geoda de Pulpí" gracias al acuerdo específico firmado entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Universidad de Almería. La finalidad del proyecto es valorar la posibilidad de que la Geoda pueda ser visitada *in situ*; que los visitantes interesados puedan contemplar la Geoda, pero siempre bajo condiciones de protección para la misma y definir esas condiciones (Calaforra *et al.*, 2001; García-Guinea y Calaforra, 2001a y b). En el marco de este proyecto, este estudio presenta una primera aproximación del funcionamiento microclimático de la Geoda con el ambiente exterior más cercano a su entrada. El estudio se ha realizado durante dos meses a lo largo de tres sesiones de visitas controladas. Mediante la monitorización ambiental de la Geoda se ha conseguido caracterizar los diferentes parámetros físicos del aire y de la roca en condiciones tanto naturales como de visita controlada. Con las experiencias de visitas controladas se ha simulado diferentes situaciones en cuanto a número y cadencia de visitantes, semejantes a las que podrían producirse en una hipotética apertura al turismo de la Geoda. Estas visitas se caracterizan principalmente, aparte del número reducido de integrantes y el escaso tiempo de permanencia, porque existe un contacto directo entre el aire y estructura interna de la Geoda con la persona visitante.

2. SITUACIÓN Y CONTEXTO GEOLÓGICO

La mina abandonada que alberga la Geoda se encuentra situada en la vertiente oriental de la Sierra del Aguilón, en la barriada de Pilar de Jaravía del municipio almeriense de Pulpí, muy cerca del límite provincial con la región de Murcia. Las instalaciones mineras donde se encuentra la Geoda fueron bautiza-

das, durante su periodo de explotación, con el nombre de *Quien tal pensara* o *Mina Rica* (Palero *et al.*, 2001). La actividad minera en la zona comenzó a mediados del siglo XIX, extrayéndose hierro y plomo fundamentalmente. Entre 1890 y 1922 las minas de Pilar de Jaravía funcionaron a pleno rendimiento, pasando a una etapa decadente con varias explotaciones posteriores, hasta su cierre definitivo en 1970 (Palero *et al.*, 2001). En la actualidad, la mayoría de las instalaciones han desaparecido y solo quedan vestigios de la floreciente actividad minera de antaño, lo que supone una grave pérdida del patrimonio minero e histórico de la zona.

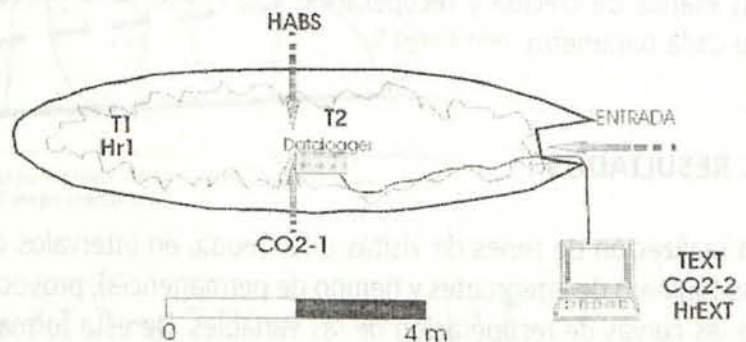
La sierra del Aguilón está situada en el sector suroccidental de la Zona Bética, dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas. Desde el punto de vista estructural se encuadra dentro del Complejo Alpujárride. El área de la mina donde se ubica la Geoda constituye el borde de un horst tectónico delimitado por dos grandes fracturas. El yacimiento del Pilar de Jaravía se enmarca en un nivel de mármoles entre micaesquistos alpujárrides. Los mármoles se encuentran parcialmente reemplazados por siderita en un proceso típico de sustitución de calcita (Martínez-Frías *et al.*, 1988).

La génesis de los cristales gigantes de yeso de esta Geoda puede ser explicada en dos etapas; (1) formación de la cavidad por karstificación de los materiales carbonatados, acompañada de inyecciones de fluidos hidrotermales de origen volcánico; y (2) la infiltración de fluidos causando el crecimiento de extensos cristales de yeso. El estudio de isótopos estables y de las inclusiones fluidas en los cristales indica que existieron procesos de disolución-recristalización de evaporitas, como consecuencia de las variaciones de la influencia agua del mar - agua dulce en el entorno (García-Guinea *et al.*, 2002).

3. METODOLOGÍA

La Geoda se localiza en uno de los niveles más profundos de la explotación minera, a más de sesenta metros de profundidad. Su entrada tiene forma de embudo, con la parte más estrecha acodada en forma de L, de unas dimensiones de tan solo 0.5 m de diámetro en el angosto tubo que sirve de acceso. El interior tiene unas dimensiones de unos 8 m de longitud por 1.7 m de ancho y 1.8 m de anchura (Figura 1). El tamaño medio de los cristales es de 0.5 x 0.4 x 0.3 m. Al ser un espacio reducido con una sola entrada, la monitorización se simplifica, ya que únicamente es necesario controlar el microclima en el exterior y el interior, siendo el intercambio de aire entre ambas parte por una sola vía.

Figura 1. Esquema de la estructura de la Geoda y de la ubicación de los sensores de control microclimático en su interior.



El trabajo de campo consistió en tres sesiones distribuidas a lo largo de junio y julio de 2002. En las dos primeras sesiones se realizaron hasta 25 visitas controladas, continuadas en el tiempo de desarrollo de cada sesión pero con diferencias en cuanto al número de visitantes y tiempo de permanencia de los mismos en el interior de la Geoda. Las visitas fueron de hasta 3 personas con tiempos de permanencia en el interior de 5 y 10 minutos. En la tercera sesión de trabajo de campo se realizó una visita tipo de 3 personas durante 10 minutos con el objetivo de analizar detalladamente las curvas de recuperación de cada parámetro e intentar conseguir una modelización de las mismas.

Para el control ambiental de la Geoda se utilizó un equipo de medida en continuo (Figura 2), con los siguientes sensores: (1) Temperatura del aire: 2 sondas en ° C y con una precisión de 0.01° C, (2) Humedad relativa del aire (%) con una precisión de 0.01%, (3) Humedad absoluta en g/cm³ con una precisión de 0.01 g/cm³, (4) Concentración de CO₂ del aire en ppm, con una precisión de 1 ppm. Se dispuso de suficientes sondas individuales para controlara tanto el interior como el exterior de la Geoda. En todas las sesiones la cadencia de medida y de registro fue de 1 minuto con el objetivo de estudiar en detalle las etapas de crecida y recuperación de cada parámetro.

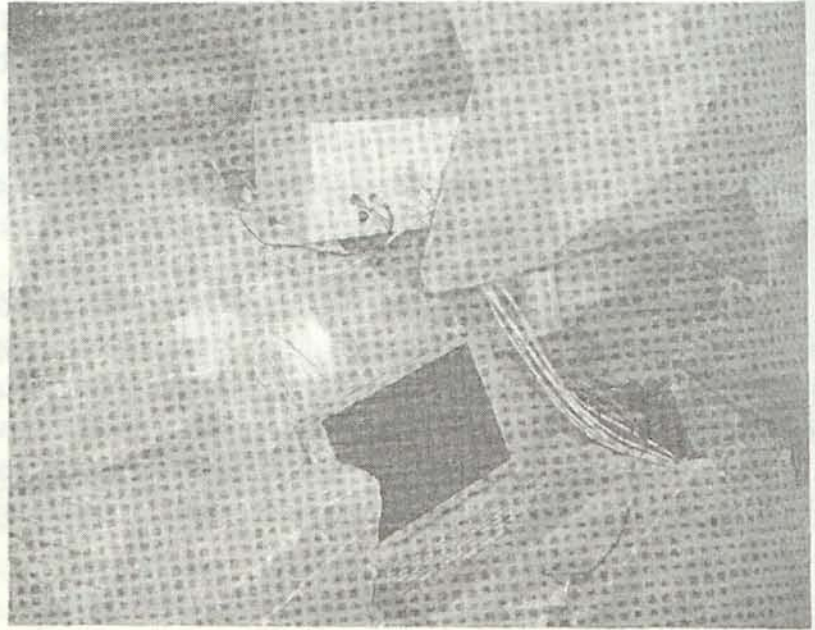


Figura 2. Equipo de medida en continuo de variables ambientales en el interior de la Geoda.

4. RESULTADOS

La realización de series de visitas a la Geoda, en intervalos de 20 minutos y de las mismas características (número de integrantes y tiempo de permanencia), provoca una continua disminución de la pendiente de las curvas de recuperación de las variables. De esta forma, desde la primera hasta la quinta visita de una tanda se incrementan los tiempos de recuperación de la variable para cada visita de forma progresiva. La temperatura del aire de la Geoda empieza a presentar fenómenos de acumulación reseñables cuando se pasa de series de visitas de 1 persona a 2 personas o, bien, cuando en series de 2 personas se amplía el tiempo de permanencia de 5 a 10 minutos. En definitiva, solo teniendo en cuenta la temperatura del aire la Geoda permitiría de forma continuada series de 5 visitas individuales durante 5 minutos cada una (Figura 3).

La humedad relativa no presenta fenómenos de acumulación durante la realización de las series de visitas de una persona durante 5 minutos. En cambio, el contenido en vapor de agua por unidad de volumen de aire de la Geoda (humedad absoluta) si sufre una acumulación total de 0.2 g/cm³ al cabo de la serie de este tipo de visita. Si se aumenta el número de integrantes y el tiempo de permanencia de la visita, los fenómenos de acumulación son más netos en ambas medidas de humedad. La humedad relativa y la humedad absoluta del interior de la Geoda tienden a experimentar incrementos próximos a cero

conforme se avanza en el número de visitas tipo de la correspondiente serie. Por este motivo ambos parámetros tienden a estabilizarse de forma asintótica entorno a un valor máximo al aumentar el número de visitas. Si se realizan series de visitas continuadas en una misma sesión de trabajo de campo se puede provocar un fenómeno de condensación de agua en los cristales de yeso de la Geoda, con el consiguiente riesgo de aparición de fenómenos de disolución-corrosión de los mismos (Figura 3).

El CO_2 en el aire es el parámetro que responde con mayor rapidez a la presencia humana en el interior de la Geoda. Su recuperación total no ha podido ser evaluada debido a que, tras la visita tipo de 3 personas-10 minutos, la curva de recuperación no inició una tendencia negativa en las dos horas de duración de la experiencia. Su evaluación precisas se realizará en futuros trabajos de campo. En cambio, si se

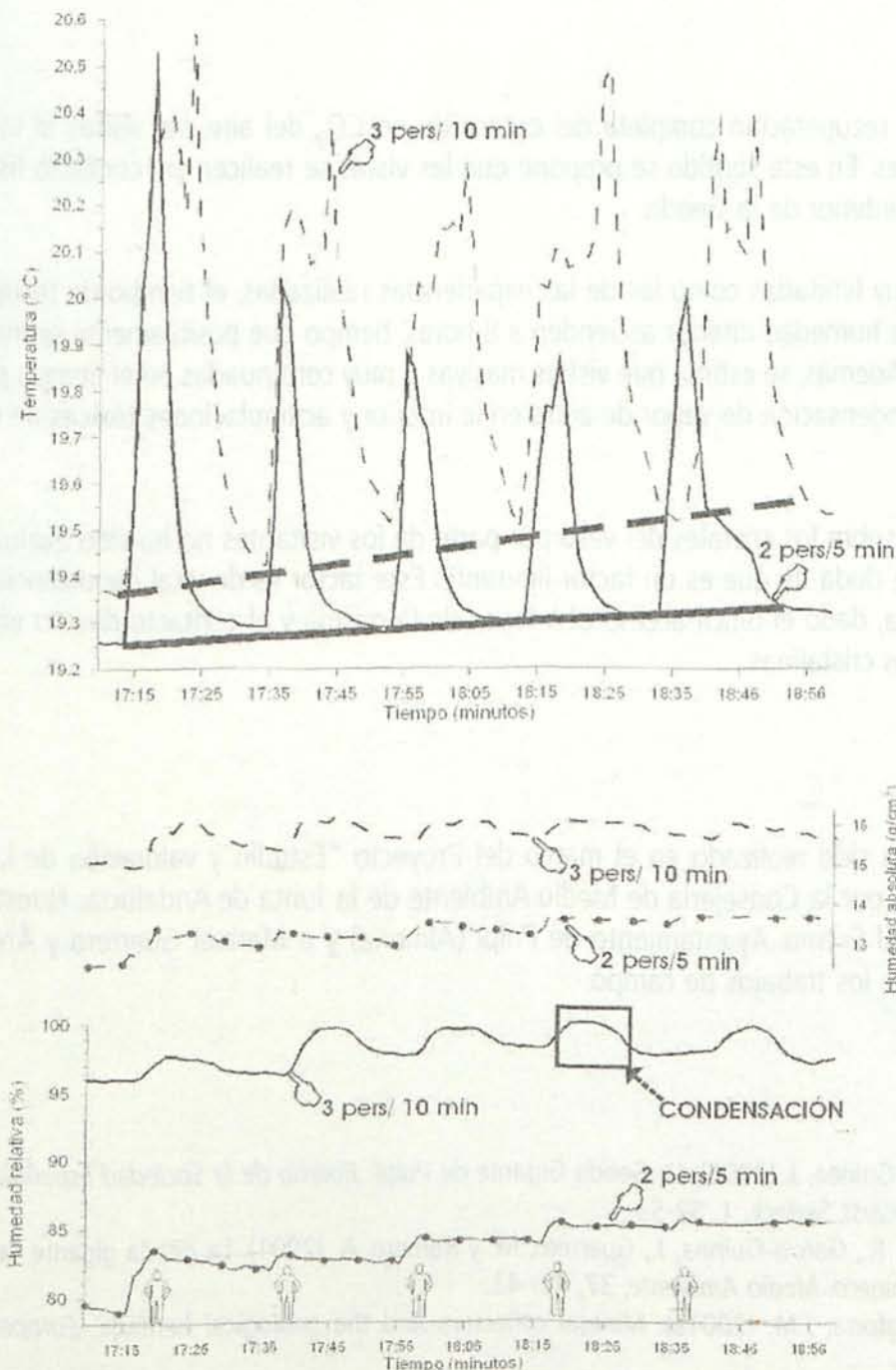


Figura 3. Comportamiento de la temperatura y humedad el aire durante series de 5 visitas al interior de la Geoda. Diputación de Almería — Biblioteca. Estudio microclimático para la valoración... turística de la geoda gigante de Pulpí (Almería)., p. 10

conoce que la presencia de 3 personas durante 10 minutos en la Geoda provoca un incremento instantáneo de CO_2 de alrededor de 350 ppm, de forma que si se producen visitas continuas en un corto intervalo de tiempo podría provocar una acumulación significativa de este gas (Figura 3).

La recuperación de la humedad y de la temperatura del aire sí ha podido estimarse para una visita de 3 personas durante 10 minutos. En el caso de la temperatura la recuperación es rápida durante la primera media hora tras la finalización de la visita. A partir de este momento la tendencia de la recuperación tiende a anularse, de forma que la recuperación térmica se completa tras 5 horas. En el caso de la humedad del aire la tendencia de la curva de recuperación es menor y no presenta una primera fase de recuperación rápida tras la finalización de la visita, tal y como ocurría con la temperatura. Tanto la humedad relativa como la humedad absoluta se recuperan tras 7-8 horas del final de la visita.

5. CONCLUSIONES

A falta de evaluar la recuperación completa del contenido en CO_2 del aire, las visitas al interior de la Geoda no son factibles. En este sentido se propone que las vistas se realicen sin contacto físico-térmico entre la persona y el interior de la Geoda.

Incluso con visitas muy limitadas como las de las experiencias realizadas, el tiempo de recuperación de la temperatura y de la humedad interior ascienden a 8 horas, tiempo que posiblemente se incrementaría al considerar el CO_2 . Además, se estima que visitas masivas o muy continuadas en el tiempo pueden provocar procesos de condensación de vapor de agua en el interior y acumulaciones tóxicas de CO_2 para la salud humana.

El impacto mecánico sobre los cristales del yeso por parte de los visitantes no ha sido evaluado en este estudio, pero no cabe duda de que es un factor limitante. Este factor es de vital importancia en la conservación de la Geoda, dado el difícil acceso al interior de la misma y al contacto directo entre las personas y las estructuras cristalinas.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto "Estudio y valoración de la Geoda de Pulpi" subvencionado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Nuestro más sincero agradecimiento al Excmo. Ayuntamiento de Pulpi (Almería) y a Manuel Guerrero y Ángel Romero por su colaboración en los trabajos de campo.

REFERENCIAS

- Calaforra, J.M. y García-Guinea, J. (2000). La Geoda Gigante de Pulpi. *Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst*, Sedeck, 1, 52-53.
- Calaforra, J.M., Moreno, R., García-Guinea, J., Guerrero, M. y Romero, A. (2001). La geoda gigante de Pulpi: Patrimonio geológico y minero. *Medio Ambiente*, 37, 42- 43.
- García-Guinea, J. y Calaforra, J.M. (2001a). Mineral collectors and the geological heritage. *European Geologist Magazine*, 1, 4-7.
- García-Guinea, J. y Calaforra, J.M. (2001b). La geoda de cristales de yeso de Jaravías (Almería). *Tierra y Tecnología*, 22, 15-20.

- García-Guinea, J., Morales, S., Delgado, A., Recio, C. y Calaforra, J.M. (2002). Formation of gigantic gypsum crystals. *Journal of the Geological Society of London*, 59, 347-350.
- Martínez-Frías, J., García-Guinea, J., López-Ruiz, J. y Benito-García, R. (1988). Contribución al estudio de la metalogenia del sector Herrerías-Sierra Almagrera (Almería). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 12, 261-271.
- Palero, F., Gómez, F. y Cuesta, J.M. (2001). Pilar de Jaravía. La Geoda Gigante de la Mina Rica. *Bocamina*, 6, 54-67.

