

# CÁLCULO DE LA VISITABILIDAD MÁXIMA EN CAVIDADES TURÍSTICAS MEDIANTE EL MÉTODO CAVIX: EL SOPLAO (CANTABRIA, ESPAÑA)

*CALCULATING THE MAXIMUM VISITABILITY IN TOURIST CAVES BY CAVIX METHOD:  
 EL SOPLAO (CANTABRIA, SPAIN)*

**Emilio Guirado (1), Fernando Gázquez (2), Ángel Fernández-Cortés (3), Alfredo Argumosa (4)  
 & José María Calaforra (1)**

(1) Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería, Almería, España;

(2) Department of Earth Sciences. Cambridge University, Cambridge, U. K.;

(3) Museo de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid, España;

(4) El Soplao S.L. Consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de Cantabria. España.

E-mail: [e.guirado@ual.es](mailto:e.guirado@ual.es); [jmcalaforra@ual.es](mailto:jmcalaforra@ual.es); [f.gazquez@ual.es](mailto:f.gazquez@ual.es).

## Resumen

La importante infraestructura de control de parámetros ambientales existente en la cueva de El Soplao ha permitido realizar un estudio de la visitabilidad máxima con la herramienta de cálculo simplificado CaViX (Cave-Visitors-X). El control de visitantes, CO<sub>2</sub>, humedad relativa y temperatura, entre otras variables, medidas desde hace años, nos proporcionan los datos ideales para generar eventos que pueden ser estudiados con Cavix (web-cloud). El procesado de datos incluye la adquisición preliminar y elección de los eventos a estudiar. Posteriormente los datos se archivan en multieventos de ficheros simples, incluyendo en ellos los visitantes diarios y las distintas variables a tener en cuenta. En El Soplao hay varias estaciones de control repartidas por las distintas salas que se pueden utilizar para estudiar la evolución y recuperación de la cavidad en distintos puntos. El objetivo es conocer el número de visitantes que puede soportar la cavidad para que se mantenga un equilibrio que permita la recuperación diaria de variables como CO<sub>2</sub>, T o HR para que los microecosistemas dentro de la cavidad se vean afectados lo menos posible por el régimen de visitas. El cálculo se ha simplificado al máximo para que el uso de la herramienta Cavix sea de utilidad en la gestión de cuevas turísticas por lo que únicamente requiere conocimientos estadísticos muy básicos para su uso. Para el cálculo del ejemplo recogido en el presente trabajo se ha elegido el periodo del 1 al 30 de agosto del año 2013, que corresponde a un mes con máxima afluencia de visitantes. Durante este periodo El Soplao experimentó incrementos diarios de concentraciones de CO<sub>2</sub>, y temperatura del aire del orden de 471 ppm y 0,3 °C, respectivamente. El número de visitas durante este mes fue de 50.437, solo ligeramente superior a la capacidad máxima de visitantes estimada en 49.350 visitantes a nivel mensual. Sin embargo, con cálculos a nivel diario se observan más problemas en cuanto a los límites de visitabilidad. Aunque la recuperación por fenómenos de ventilación natural de la cueva a favor de galerías y bocas mineras es bastante satisfactoria, durante determinados días del mes de agosto se sobrepasan los límites de visitantes sugeridos por Cavix (1.900 visitantes diarios) observándose una inercia no deseable en los valores de temperatura y de contenido en CO<sub>2</sub>, que debiera evitarse regulando las visitas máximas diarias a las recomendadas por el programa.

**Palabras-Clave:** Capacidad máxima de visitantes; El Soplao; Cavix; CO<sub>2</sub>; Temperatura, herramienta web.

## Abstract

*The important infrastructure of environmental control parameters existing in the El Soplao Cave enabled to study the maximum visitability using the simplified calculation tool CaViX (Cave-Visitors-X). Monitoring of CO<sub>2</sub> concentration, presence of visitors, relative humidity and temperature, among other variables, measured over years, have provided the ideal database to isolate events that can be studied using Cavix. The preliminary data processing includes the choice of events to study. Subsequently, the data are stored in single file multiple events, including daily visitors and the different variables to be considered. In El Soplao there are several monitoring stations distributed through various chambers, which help to recognize the evolution and recovery of the cavity air at different sites. The objective is to know the maximum number of visitors that the cave can support without altering its natural microclimate. This means that the cave air recovers its natural values of CO<sub>2</sub>, T after HR after the daily visits. The calculation has been simplified to ensure that Cavix tool is easy to use by the cave managers and only requires basic statistical knowledge. For*

the example, we have chosen the period from the 1st to the 30th August 2013, which corresponds to a month with high number of visitors. During this period, El Soplao experienced daily CO<sub>2</sub> concentrations increases of up to 471 ppm and air temperature by 0.3 °C. The number of visits during August was 50,437, just slightly higher than the maximum visitor capacity estimated at 49,350 visitors. However, using daily calculations further problems can be observed in terms of visitability limits. Air parameters recovery by natural ventilation the cave through artificial mining galleries and natural entrances is quite satisfactory, but an undesirable inertia in the CO<sub>2</sub> content and air T has been observed when the visitor limits suggested by Cavix is exceeded (1,900 visitors daily). This fact indicates that the maximum number of visitors should be adjusted using the recommended values calculated by Cavix.

**Key-Words:** Maximum capacity visitors; El Soplao; Cavix; CO<sub>2</sub>; temperature; web tool.

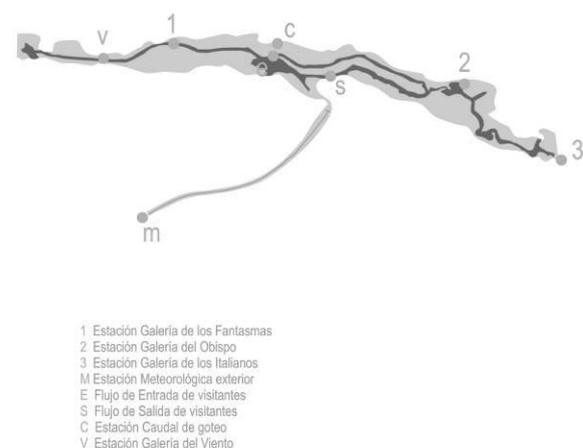
## 1. INTRODUCCIÓN

Se ha utilizado la importante base de datos climáticos existente en la cavidad de El Soplao con el fin de caracterizar eventos diarios de variación de CO<sub>2</sub> que puedan ser utilizados para estimar de capacidad máxima de visitantes aconsejable para cuevas turísticas por medio de la aplicación web Cavix (Guirado *et al.*, 2014). Estos datos se tomaron gracias a la infraestructura de sensores que han monitorizado las condiciones ambientales en las diferentes salas de la cueva de El Soplao desde el año 2007. Esta red de sensores fue instalada por los Grupos de Investigación de Recursos Hídricos y Geología Ambiental y el de Electrónica y Telecomunicaciones, ambos pertenecientes a la Universidad de Almería (Calaforra *et al.* 2011).

La Cueva de El Soplao, se encuentra abierta al público desde 2005 y es una de las cavidades turísticas españolas más estudiadas desde el punto de vista científico (Gázquez *et al.*, 2011, 2012, 2014). Espectaculares conjuntos de excéntricas, así como estalagmitas y estalactitas de enormes dimensiones son los elementos estéticos más relevantes de esta cavidad que recibe más de 200.000 visitantes anualmente (Figura 2). La cavidad se sitúa a 540 m s.n.m. y presenta un desarrollo de unos 15 km de longitud, con apenas 50 metros de desnivel. La longitud de la cavidad se acerca a los 17 km topografiados si se tienen en cuenta las galerías mineras. Recientemente se han descubierto nuevas galerías que han aumentado notablemente el desarrollo conocido de la cavidad. La presencia de entradas artificiales en forma de pozos mineros que conectan la cavidad con el exterior, tiene una gran influencia sobre el microclima subterráneo. De hecho, la cueva da su nombre a la existencia intensos flujos de aire (“soplao”) que ventilan y renuevan su atmosfera periódicamente. Como consecuencia, las concentraciones naturales de CO<sub>2</sub> que se observa durante todo el ciclo anual son relativamente bajas (Calaforra *et al.*, 2011).

La afluencia de visitantes a la Cueva de El Soplao presenta un marcado carácter estacional, con

un máximo de visitantes en el mes de Agosto y mínimo en Febrero. Para este estudio, se escogió un periodo de máxima afluencia de visitantes, comprendido entre el 1 de Agosto al 30 de Agosto de 2013, durante el cual se contabilizaron 50.437 visitas. Se tomaron como modelo la galería de los Fantasmas y la galería del Obispo (Figura 1) donde hay estaciones microclimáticas midiendo variables como CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, goteo y control de flujo de entrada y salida de visitantes. El objetivo del estudio fue conocer la relación entre el número de visitantes y variables como CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad relativa para el cálculo de umbrales máximos de visitantes que no debería ser sobrepasados para una completa recuperación de las condiciones ambientales en la cueva, y de este modo minimizando el impacto de las visitas. Con este fin, se ha utilizado la herramienta online Cavix (Guirado *et al.*, 2014), que permite calcular de forma sencilla el número de visitantes máximo recomendado para no sobrepasar la capacidad máxima de visitantes de la cueva. El método Cavix será utilizado en trabajos futuros para determinar la capacidad máxima de visitantes en distintos periodos del año, con distintas afluencia de visitantes y condiciones climáticas externas.



**Figura 1.** Topografía de la cueva de El Soplao, localización de las Galerías principales en la zona visitable (1. Galería de los Fantasmas, 2. Galería del

*Obispo, 3. Galería de los Italianos) y estaciones de medida.*

El estudio de capacidad máxima en la cavidad de El Soplao se ha realizado tomando los datos de eventos con picos máximos de CO<sub>2</sub> en relación a visitantes (Figura 3). Estos cálculos se basa en la influencia que tienen las visitas en las cavidades turísticas ya definida en trabajos previos (Pulido-Bosch *et al.*, 1997, Calaforra *et al.*, 2003, Fernández-Cortés 2005, Cuezva, 2008; Lobo *et al.*, 2013 y Cuevas, 2013) mediante el uso de distintas metodologías.

## 2. METODOLOGÍA

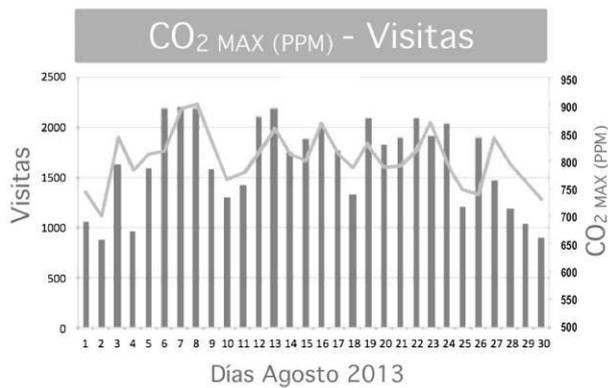
El sistema de control ambiental de la Cueva de El Soplao cuenta actualmente con un total de 26 sensores en 8 estaciones de medida repartidas a lo

largo de la cavidad, tratando de cubrir toda la extensión de la zona visitable. Las variables que se miden son temperatura (T), humedad relativa (HR), concentración de CO<sub>2</sub>, dirección y velocidad del aire dentro de la cavidad, caudal en zona de goteo interior, estimación del flujo de visitantes en las zonas próximas a las estaciones de medida, pasillos de entrada y salida, así como presión barométrica dentro de la cavidad. Además una estación meteorológica exterior registra la pluviometría y la temperatura, permitiendo la comparación del microclima de la cueva con el clima exterior (Gázquez *et al.* 2014). El sistema de control de equilibrio de las condiciones ambientales se definen gracias a la ventilación que tiene la cavidad, consiguiendo en periodos de afluencia moderada la estabilidad de las variables ambientales.

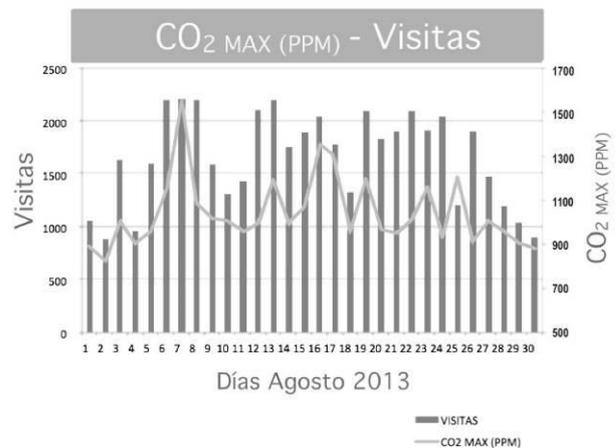


**Figura 2.** A. Entrada de la Cueva de El Soplao. El sistema de acceso consiste en un tren que permite controlar la cantidad de visitantes por visita; B. La cavidad recibió 50.000 visitantes en Agosto de 2013; C. La gran profusión de espeleotemas, particularmente excéntricas y espeleotemas vadosos de gran tamaño, constituyen el mayor reclamo turístico de El Soplao. D. Estacion meteorológica en el interior de la Cueva de El Soplao.

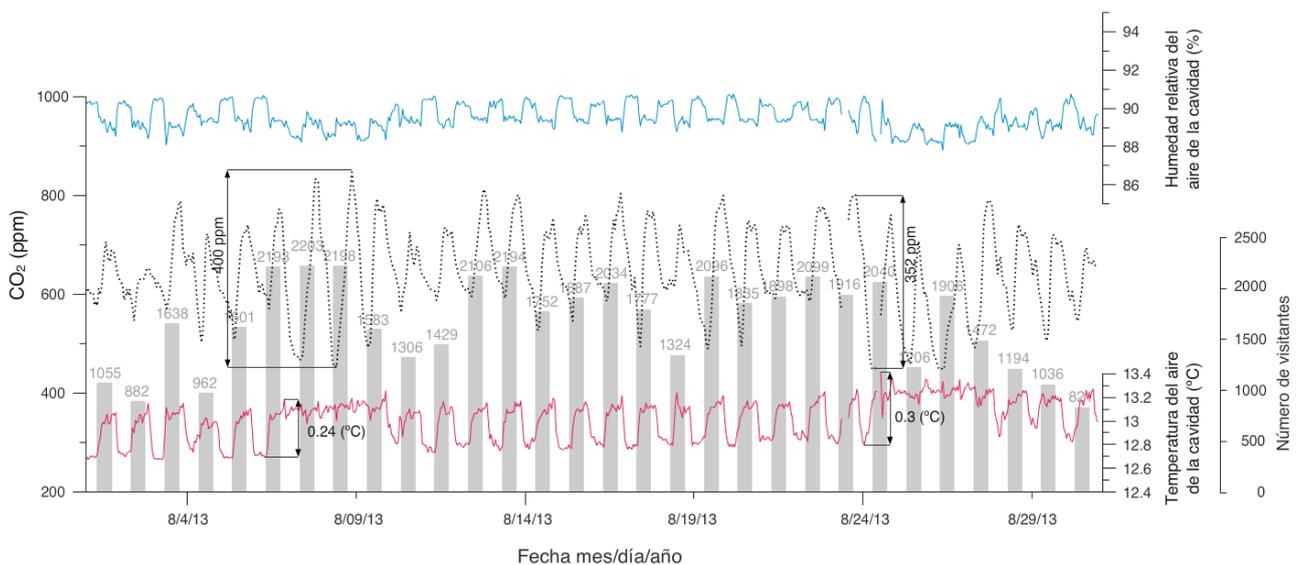
## Galería Fantasmas



## Galería Obispo



**Figura 3.** Relación de visitantes con el CO<sub>2</sub> máximo en las galerías de Fantasmas y Obispo durante el mes de agosto de 2013.



**Figura 4.** Selección de eventos para el método Cavix. Relación entre las variables CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa con el número de visitantes en el mes de agosto en eventos diarios.

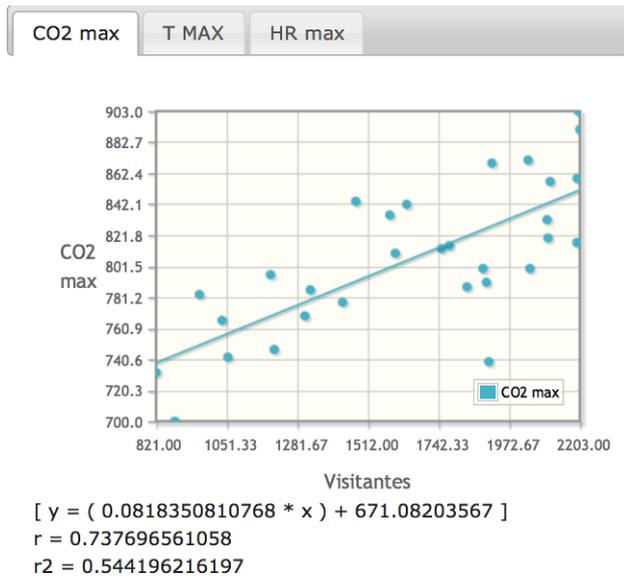
Para la clasificación de eventos se tuvo en cuenta el CO<sub>2</sub> máximo, el CO<sub>2</sub> mínimo y el CO<sub>2</sub> remanente ya que esta variable es altamente influenciada por la presencia de visitantes, así como la temperatura del aire, que también se ve afectada por las visitas. El número de visitantes se compararon con las variables CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa (Figura 4). De este modo, se pudo determinar la influencia que tienen las visitas en el microclima de la cavidad. La herramienta online Cavix ha permitido calcular el número máximo de visitantes recomendados para esta cavidad en un determinado evento.

Con el fin de obtener el valor de equilibrio de la variable CO<sub>2</sub>, se comparó el CO<sub>2</sub> máximo y el CO<sub>2</sub> remanente (diferencias de CO<sub>2</sub> diarias)

determinando por medio de la línea de tendencia, el valor estable de CO<sub>2</sub> que no sería aconsejable sobrepasar (Guirado *et al.*, 2014). Finalmente, se elabora un archivo “csv” separado por comas visitantes en primer lugar y las variables CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa a continuación de los eventos a estudiar. En este caso el mes de agosto de 2013. Una vez generado el “csv” de multieventos (las visitas diarias hacen que los eventos sean cada día) podemos cargarlo en la aplicación web Cavix, se introducen los valores calculado para cada variable (ejemplo Figura 5 para variable CO<sub>2</sub>) y se le asigna un peso en porcentaje a cada variable. Finalmente, Cavix calcula el número máximo de visitantes recomendado.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos de CO<sub>2</sub> máximo, remanente o la variación diaria obtenemos distintas gráficas (Figura 5) que nos ayudan a la valoración de cada variable. Inicialmente, métodos simples de correlación lineal informan sobre si los datos pueden ser tratados o no por la aplicación Cavix. Para ello la relación entre la variable y el número de visitantes debe ser positiva y estadísticamente significativa ( $R^2 > 0.5$ ).



**Figura 5.** Correlación entre la concentración de CO<sub>2</sub> máximo y el número de visitantes en el periodo comprendido entre el 1 de agosto y el 30 de agosto de 2013, en la galería de los Fantasmas de la cavidad El Soplao, Cantabria España.

Los resultados obtenidos al ponderar cada una de las variables de CO<sub>2</sub> (max, var y rem) para la capacidad de visitantes en la cavidad de El Soplao es de en torno a 1900 visitantes al día como máximo. Las ponderaciones (en tanto por 1) utilizadas en este caso fueron 0.8 para un valor máximo deseable de

CO<sub>2</sub> de 800 ppm, 0.1 para una variación máxima diaria de 200 ppm y un CO<sub>2</sub> remanente tras el cierre diario de la cavidad de 100 ppm. Si se compara este valor teórico con los datos de visitantes procedentes de los sensores de presencia, se puede observar que este umbral se superó en muy pocos casos (Tabla 1). Sin embargo, teniendo en cuenta el valor ambiental de esta cavidad, esta situación no es deseable y debería ser evitada en el por los gestores de la cavidad. El sobrepasar de forma continuada los límites establecidos podría llevar a un aumento en los parámetros establecidos como “naturales”, dando lugar así a una alteración en los valores máximos considerados en la ponderación.

En cuanto a las diferencias espaciales de las variables estudiadas, la Galería del Obispo presenta una concentración de CO<sub>2</sub> más elevada que la Galería de los Fantasmas. Son especialmente destacables los picos máximos observados en la primera, mucho más acusados que los registrados en la segunda. Cabe citar que la Galería del Obispo es una de las que mayor profusión de espeleotemas presenta, por lo que la permanencia de los visitantes en su interior suele ser más prolongada. Esto podría justificar las diferencias de CO<sub>2</sub> observadas con respecto a la Galería de los Fantasmas.

Esta recomendación varía según las características de los eventos a valorar, tanto por el número de visitantes como por las características naturales de la cueva en cada periodo del año. La afluencia de visitantes en época estival (49.643 visitantes en el mes de agosto de 2013) es muy superior a la del periodo invernal (2.236 visitantes en febrero de 2013). Por lo tanto la herramienta Cavix debe estar activa y adecuarse a cada una de las situaciones estacionales o de gestión que influyan en la cavidad.

**Tabla 1.** Visitantes registrados durante periodo de monitorización del 1 de agosto al 30 de agosto de 2013 para la herramienta web CaViX de la cavidad El Soplao.

01-08-13	02-08-13	03-08-13	04-08-13	05-08-13	06-08-13	07-08-13	08-08-13	09-08-13	10-08-13
1055	882	1638	962	1601	2193	2203	2198	1583	1306
11-08-13	12-08-13	13-08-13	14-08-13	15-08-13	16-08-13	17-08-13	18-08-13	19-08-13	20-08-13
1429	2106	2194	1752	1887	2034	1777	1324	2096	1835
21-08-13	22-08-13	23-08-13	24-08-13	25-08-13	26-08-13	27-08-13	28-08-13	29-08-13	30-08-13
1898	2099	1916	2040	1206	1906	1472	1194	1036	821

#### 4. CONCLUSIONES

El método Cavix permite evaluar la capacidad máxima de visitantes de una cavidad mediante el estudio de eventos diarios de variaciones en la concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa entre otras variables que se ven afectadas por la presencia de visitantes. En la cueva de El Soplao, el umbral de visitantes en el periodo de máxima demanda (Agosto), no debería superar en ningún caso los 1.900 visitantes al día. En el Agosto de 2013 este valor fue rebasado algunas jornadas. En trabajos futuros se estudiara como varia capacidad máxima de visitantes a lo largo del año, teniendo en cuenta los cambios ambientales naturales del microclima de la cueva.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las instalaciones de El Soplao y al Gobierno de Cantabria el acceso a la base de datos de la información de las diferentes variables ambientales de la cavidad. Al Grupo de Investigación Recursos Hídricos y Geología Ambiental RNM189 de la Universidad de Almería por los materiales necesarios para la elaboración de este estudio. El desarrollo de la herramienta informática CaViX ha sido realizado en el marco del Proyecto GLOCHARID (Global Change in Arid Zones) subvencionado por la Junta de Andalucía.

#### REFERENCIAS

- Calaforra, J.M., Fernandez-Cortes, A., Sanchez-Martos, F., Gisbert, J., Pulido-Bosch, A., 2003. *Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use*. Environmental Conservation 30 (2), 160–167.
- Calaforra, J. M. Fernandez-Cort.s, .., G.zquez, J. A., Novas, N. 2011. Conservando la cueva del El Soplao para el futuro: control de parámetros ambientales. En: El Soplao: una ventana a la ciencia subterránea, pp. 52-57.
- Cuevas González, J. (2013). *Caracterización microclimática e hidrogeoquímica de la Cueva del Canelobre* (Busot, Alicante) Tesis doctoral. Universidad de Alicante.
- Cuezva, S. (2008). *Dinámica microambiental de un medio kárstico somero (Cueva de Altamira, Cantabria): microclima, geomicrobiología y mecanismos de interacción cavidad-exterior* (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis, Universidad Complutense de Madrid).
- Fernández-Cortés, A. (2005). *Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de su uso turístico*.
- García Antón, E., Cuezva, S., Fernández-Cortes, A., Sánchez-Moral, S., & Benavente, D. (2012, April). *Daily variations of CO<sub>2</sub>, d13CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> of cave air controlled by external weather conditions: example of rapid survey in Altamira cave (north of Spain)*. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 14, p.4859).
- Gázquez, F., Calaforra, J.M. y Forti, P. 2011. Black Mn-Fe Crusts as Markers of Abrupt Palaeoenvironmental Changes in El Soplao Cave (Cantabria, Spain). International Journal of Speleology. 40(2), 163-169.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Rull, F., Forti, P. y García-Casco, A. 2012. Organic matter of fossil origin in the amberine speleothems from El Soplao Cave (Cantabria, Northern Spain). International Journal of Speleology. 41(1), 113-123.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Forti, P., Stoll, H., Ghaleb, B. y Delgado-Huertas, A. 2014. Paleoflood events recorded by speleothems in caves. Earth Surface Process and Landforms 39, 1345–1353.
- Gázquez, J. A., Novas, N., MacLennan, J., García, R. y Ros, M. 2014. Telecontrol ambiental en tiempo real de la cueva de El Soplao. 1er Congreso Ibero-Americano 5º Congreso Español sobre Cavernas Turísticas Ibero-América subterránea”, CuevaTur 2014. Aracena.

- Guirado, E., Gázquez, F., Fernández-Cortés, Á., & Calaforra, J. M. (2014). Cavix: Método simplificado de cálculo de la visitabilidad máxima en cavidades turísticas (aplicación web-cloud). In *Ier Congreso Ibero-Americano 5º Congreso Español sobre Cavernas Turísticas "Ibero-América subterránea", CuevaTur 2014*.
- Lobo, H. A. S., Boggiani, P. C., & de Jesus Perinotto, J. A. (2009). Capacidade de carga espeleoturística no brasil: estado-da-arte e tendências i. In *Congresso Brasileiro de Espeleologia* (Vol. 30, pp. 101-106). Disponível em: <[www.cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe\\_101-106.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe_101-106.pdf)>.
- Pulido-Bosch, A., Martin-Rosales, W., López-Chicano, M., Rodríguez-Navarro, C. M., & Vallejos, A. (1997). *Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain)*. *Environmental Geology*, 31(3-4), 142-149.

---

**Editorial flow/Fluxo editorial:**

Received/Recebido em: Mar. 2015

Accepted/Aprovado em: Jul. 2015

---



**PESQUISAS EM TURISMO E PAISAGENS CÁRSTICAS**

Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE)  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

[www.cavernas.org.br/turismo.asp](http://www.cavernas.org.br/turismo.asp)

*Refrendada por la Asociación de Cuevas Turísticas Iberoamericanas*

