

# ANDALUCÍA SUBTERRÁNEA 33

**ESPECIAL RONDA 2020**

Foto: PACO HOYOS. Cueva Coventosa

# ANDALUCÍA SUBTERRÁNEA

Número 33 - Año 2020

EDITA **Federación Andaluza de Espeleología**  
C/ Aristófanos nº 4-1º - Oficina 7

29010 - Málaga

TELÉFONO 952 21 19 29

CORREO fae@espeleo.com

www.espeleo.es

PRESIDENTE F.A.E. **José Enrique Sánchez Pérez**

DIRECTOR ÁREA PUBLICACIONES F.A.E. **Hipólito Sánchez Martínez**

COMITÉ DE REDACCIÓN **Antonio Alcalá Ortiz**  
**Francisco Gutiérrez Ruiz**

DISEÑO Y MAQUETACIÓN **Lalo Fernández**

D.L.: SE-849/99 — ISSN: 1887-7796

*La revista no se hace responsable de las ideas y opiniones expresadas por los autores en sus artículos.*

## Colaboran en este número:

**R. Ferrer; J.A. Romero;**

**A. Mateos; J. Lopera;**

**D. Pérez. G.E.S. de la S.E.M.**

**Alejandro Téllez Gottardi;**

**Alejandro Téllez Gómez;**

**F. Javier Vázquez Ríos. Sección**  
*Espeleológica Marbellí. S.E.M.*

**Pablo Luque Valle. C.D. GEAL;**

*Fundación Aguilar y Eslava*  
*(Cabra-Córdoba).*

**Rafael Bermúdez Cano.**

*Grupo Espeleológico G40.*

**Samuel Perez; Alexis Rivera; Will**

**Berbabe; Máximo Perichí; Eli**

**Martin; Guillem Tordera.**

**José Antonio Mora Luque.**

*Sociedad Espeleológica de*  
*Baena. G.A.E.A.*

**Inmaculada Ayuso Campos. (1);**

**José María Calaforra Chordi.**

*(1) (2). (1) Espeleo Club Almería.*

*(2) Universidad de Almería.*

**Juan Mayoral Valsera (1,2); María**

**D. Simón Vallejo (2, 3); Miguel**

**López Cano (1,2).**

*(1) Club Deportivo Plutón.*

*(2) PAMSUR.*

*(3) Departamento de*  
*Prehistoria y Arqueología.*  
*Universidad de Sevilla.*

**Francisco Ruiz-Ruano Cobo;**

**Rafael Bermúdez Cano;**

**Antonio Alcalá Ortiz;**

**Abén Aljama Martínez;**

**José Povedano Ábalos.**

*Grupo Espeleológico G40.*

**Loreto Wallace Moreno.**

*GES de la SEM.*

**Luc Le Blanc.**

**Julián Ramos Fernández;**

**Olga García Sanz;**

**Benjamín Galacho Jiménez;**

**Loreto Wallace Moreno;**

**Elena Domínguez de la Maza;**

**Soledad Teresa Álvarez**  
**Sánchez;**

**Alejandro Gallego Cort.**

**Marco Corvi.**

**Enrique Bañón Camacho (1,2);**

**Ana M<sup>a</sup> Manzanares Marín (2);**

**Raúl Pérez López (3);**

**José Liza Baños (4);**

**José Á. Povedano Avalos (1). (1)**  
*G40 espeleo.*

*(2) Espeleoclub Resaltes.*

*(3) IGME: Instituto Geológico y*  
*Minero de España.*

*(4) Akawi.*

**Andrés Ros Vivancos;**

**José L. Llamusí Latorre;**

**Ángel Fernández-Cortés;**

**José M. Calaforra;**

**Fernando Gázquez.**

*Universidad de Almería.*

**José Antonio Soto.**

*C.E. de la Naturaleza y el Mar.*



# ANDALUCÍA SUBTERRÁNEA 33

## Presentación

Este número 33 de Andalucía Subterránea acoge en sus páginas la mayoría de las ponencias que iban a ser presentadas y expuestas durante la celebración del gran evento **Ronda 2020, Capital Mundial de la Espeleología y Descenso de Cañones** que teníamos previsto haber celebrado en el mes de mayo del pasado año 2020.

Tras una suspensión temporal por la declaración del Gobierno de España del estado de emergencia por razón de la epidemia del COVID-19, tuvimos que suspenderlo sine die al igual que la casi totalidad de grandes exploraciones y actividades de investigación previstas en el año 2020.

Esperamos que este año 2021 permita retomar todos los proyectos aplazados y poder plasmar sus resultados en una próxima edición de esta nuestra revista de espeleología.

## Índice

4. EDITORIAL: La espeleología federada del siglo XXI
5. Avance en las exploraciones de las grandes simas de la Sierra de las Nieves
15. Técnica 3D SEM para la topografía de cavidades
25. El «paisaje subterráneo» en Juan Carandell Pericay
35. Evolución historiográfica de la colonia de quirópteros de la Cueva de los Murciélagos
63. Caribbean Canyoning 2019
69. Contribución al estudio del uso de las cavidades en Córdoba
76. Sistema híbrido de topografía espeleológica en la cueva de La Pileta
76. (Benaoján. Málaga)
85. Una mirada a los 20 años de desarrollo de Auriga
93. Levantamiento topográfico de la Cueva del Humo (Málaga)
99. La espeleología en La Araña (Málaga. España)
118. Resultados en el karst en yeso de Sorbas
127. La sima de Benis o del Viento
138. The TopoDroid 3D viewer, Cave3D
143. Equipos para la medición de la calidad del aire y el clima en cavidades para espeleólogos
156. José Antonio Berrocal Pérez, *in memoriam*
158. Normas de publicación en Andalucía Subterránea

# La espeleología federada del siglo XXI

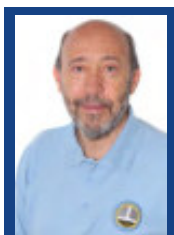
**E**speleología, término procedente de las palabras griegas *speleon* y *logos* que significa «el estudio o tratado de las cavernas», es la actividad multidisciplinar de la investigación del mundo subterráneo que inicia su recorrido como tal en 1894 cuando Edouard-Alfred Martel publicó la obra **Les abismes** (Los abismos) siendo considerado desde entonces como *el padre* de la espeleología moderna de investigación.

A partir de 1960 comenzó a desarrollarse una vertiente más estrictamente deportiva de la espeleología, que sin llegar a tener un sesgo competitivo directo sí que supuso en bastantes casos una *carrera* por obtener marcas y referencias de todo tipo a niveles comparativos, lo que planteó la necesidad de tener una cobertura institucional con el amparo de un seguro de accidentes creándose para ello en 1967 el Comité Nacional de Espeleología dentro de la Federación Española de Montaña, que llevó a la constitución de la Federación Española de Espeleología en 1982, y sus posteriores federaciones autonómicas.

La ley 10/1990 del Deporte consagraba el objetivo de la competición como uno de los fines ineludibles de las federaciones deportivas, lo que llevó al desarrollo del primer reglamento oficial de este tipo y la celebración en Málaga en el año 2005 del Primer Campeonato de España de TPV en Espeleología... no haberlo llevado a cabo hubiese supuesto la desinscripción de la espeleología como modalidad deportiva oficial y la desaparición de nuestra federación.

Las actividades deportivas extraescolares surgidas en las últimas décadas y la existencia de un calendario anual de competiciones de TPV han permitido desarrollar la existencia de Escuelas Deportivas de Espeleología que están sirviendo de cantera para rejuvenecer y revitalizar el número de federados.

Y el auge de los deportes en la naturaleza, ha



**JOSÉ ENRIQUE  
SÁNCHEZ**

Presidente de  
la Federación  
Andaluza de  
Espeleología

hecho aumentar también considerablemente la cantidad de practicantes de la espeleología en su vertiente estrictamente deportiva o de recreación, a los que hay que sumar los cada vez más numerosos participantes en el descenso de cañones... e incluso a los que han ampliado el campo de la exploración a las minas y pozo hídricos.

Han pasado 125 años desde la publicación de Martel, la sociedad ha cambiado paulatinamente en muchos aspectos, incluyendo nuestra actividad, y el término de espeleología como el objetivo de la exploración científica de las

profundidades de la Tierra, guste o no guste, se ha ido ampliando a todas estas parcelas.

La espeleología como tal actividad científica multidisciplinar no está amparada por los estamentos universitarios o científicos de nuestro país salvo para aquellos profesores que desarrollan su labor en una rama especializada concreta, y la mayoría de los espeleólogos no tenemos esos grados académicos que nos permitan integrarnos en ese ámbito.

La espeleología solo está acogida institucionalmente en el ámbito deportivo, y los preceptos que se reciben al respecto son claros: la actividad física destinada a la mejora de la calidad de vida individual, y las competiciones como objetivo de superación, y ello nos permite mantener para todos (deportistas puros o investigadores natos) una federación fuerte y representativa con un seguro de accidentes y de R.C. asequible, un amplio calendario de formación y una estructura administrativa ágil al servicio de todos los federados entre otros servicios.

Adaptemos nuestros conceptos a la realidad de los tiempos, aceptemos y compartamos la práctica espeleológica desde estas diferentes visiones, y sumemos desde cada una de ellas aportando al colectivo la fuerza de la unión para beneficiarnos mutuamente.

Estamos en el siglo XXI. Hay espacio para todos.





Entrada al nevero. (A. Mateos)

**R. FERRER** (1)  
**J.A. ROMERO** (2)  
**A. MATEOS** (3)  
**J. LOPERA** (4)  
**D. PÉREZ** (5)

Grupo de Exploraciones Subterráneas de  
la Sociedad Excursionista de Málaga.  
(G.E.S. de la S.E.M).

**Avance en las  
exploraciones  
de las grandes  
simas de la Sierra  
de las Nieves**

## Resumen

El Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga (Ges de la Sem) continúa con los avances en las exploraciones de las grandes simas de la Sierra de las Nieves. La particular morfología kárstica de este macizo montañoso hace que las exploraciones sean bastante difíciles e irregulares, alternándose frecuentes jornadas infructuosas con otras de grandes avances. Cada vez se hace más patente, sobre todo en la Sima del Aire, que se han producido importantes fenómenos de hipogénesis, pudiendo suponer éstos un alto porcentaje del volumen de la red horizontal. Las principales cavidades en exploración alcanzan actualmente las siguientes dimensiones topografiadas: Sima del Aire (TO-61) - 15.593 m de desarrollo y 720 m de profundidad (según correcciones recientes), Sima del Nevero (TO-39) - 5.434 m de desarrollo y 772 m de profundidad, Sima Prestá (TO-75) - 1.860 m de desarrollo y 803 m de profundidad. El total topografiado de la red que implica a estas tres cavidades que de momento permanece inconexa es de 22.887 metros topografiados.

### En recuerdo

Desde estas líneas queremos dedicar un breve recuerdo a todos aquellos que hace 50 años iniciaron una nueva singladura en la Sierra de las Nieves: es precisamente este año, y en el extraño contexto en el que vivimos, cuando se celebra esta efeméride, para nosotros muy entrañable no sólo por el recuerdo merecido a todos los pioneros, sino también y de forma especial a J. Antonio Berrocal que en esta sierra fue donde empezó junto a otros compañeros el gran periplo en el que aún estamos implicados, y que probablemente durará otros 50 años más. A todos ellos nuestro agradecimiento y reconocimiento.

## Sima del Nevero o Sima Boa (TO-39): (2), (3)

### Introducción/recordatorio

Como ya se divulgó en el nº 28 de Andalucía Subterránea, esta sima fue descubierta en los años 70 durante las campañas de exploración de Sima GESM. Con un pozo de entrada de unos 5 m de diámetro y 12 m de profundidad, apenas continuaba por otro pequeño pozo hasta los -20 m, donde se hacía impenetrable y así siguió hasta 2007.

Entre 2007 y 2015 se trabajó de manera más o menos regular en la desobstrucción, lográndose ésta tras varias decenas de jornadas.

En 2015 se logra franquear el tramo estrecho y se alcanzan los 200 m de profundidad, pero sin posibilidad de continuación razonable.

En 2016, partiendo de cotas más someras, se logró un avance rapidísimo y de gran importancia estructural en el conocimiento de la sima. Se alcanzó la cota de -762 m en la «Vía Activa» y un total de 2.392 m de galerías exploradas. A destacar dos hitos: el pozo-sala «Padrón Morales» con 43 m de diámetro y el ramal fósil que aparecía a la cota de -388 m, dejado pendiente de explorar para el invierno siguiente. Allí se instaló el primer vivac.

### Avances 2017 - 2020

La campaña de 2016 se cerró con una agónica exploración de 25 horas en la Vía Activa, apurando la sequía estival y con un bloqueo aparente por una falla notable. Teniendo en cuenta el gran esfuerzo y tiempo que supone llegar a esta punta y que ya entraba la época húmeda, retomamos como estaba previsto

la Vía fósil. Desde entonces, casi toda la exploración se ha centrado en el sector fósil, desdoblando la cavidad desde -400 hacia abajo.

Esta ruta tiene características propias de su edad e inactividad, como unas dimensiones mayores, caos de bloques, colapsos frecuentes y escasez de agua en la mayoría del recorrido. Aunque realmente se ha necesitado el mismo número de jornadas para explorar su línea principal (hasta la misma cota y distancia desde el vivac que la Vía Activa) la práctica totalidad del recorrido se ha descubierto en apenas 4 días más afortunados. A grandes rasgos, la exploración es más amable en este sector.

A modo de resumen cronológico, las campañas se han sucedido así:

**En 2017** se realizaron 13 salidas, se alcanzó la cota de -761 m en la Vía Fósil y un total topografiado en la cavidad de 3.688 m (1.296 m nuevos).

**En 2018** se realizaron 13 salidas, se alcanzaron las cotas de -772 m en la Vía Activa, -770 en la Vía Fósil y un total topografiado en la cavidad de 4.695 m (1.007 m nuevos).

**En 2019** se realizaron 8 salidas, se equipó el vivac de «Playa Antonio» a -635 m en la Vía Fósil, y solo se pudieron añadir 45 nuevos metros de topografía. Total: 4.740 m.

**En 2020**, pese a la pandemia y las dificultades aparejadas, se realizaron 6 salidas y se alcanzó un total topografiado en la cavidad de 5.434 m (694 m nuevos).

Actualmente los recorridos directos desde el cruce hasta las puntas de exploración, son de 1.147 m en la Vía Activa y 1.188 m en la Vía Fósil. Sin embargo la



FOTO 1: Nevero. Entrada cavidad. (A. Mateos)

morfología de ambas «patas» de la cavidad es bien distinta. La Vía Activa no se ramifica prácticamente nada, teniendo un total de 1.318 m topografiados, mientras que la Vía Fósil tiene una importante profusión de ramificaciones y pozos aportantes, arrojando un desarrollo actual topografiado de 2.691 m.

En la Vía Activa, la revisión de 2018 tras dos años sin visitarla, nos confirma su extrema dureza (unas 8 horas para nosotros de tiempo de retorno desde la punta hasta el vivac) y la dificultad de avanzar más en profundidad. Sin embargo, han aparecido interesantes incógnitas en los techos a medio recorrido.

En la Vía Fósil han aparecido varias zonas destacables:

- La «Gran Fractura» de rumbo preferente 250° y unos 200 m de longitud, que discurre entre los 500 y 600 m de profundidad.
- En el extremo de la anterior fractura, la «Sala Mora», con una longitud de unos 40 m y en su zona central 15 m de anchura por 9 de altura.
- Una interesante red de galerías horizontales que se inicia a -630 m, donde se ha instalado un segundo vivac.





FOTO 2: Nevero - Pozo de Nueva esperanza. (Miguel Benítez)

- Dos cursos de agua independientes, de bastante importancia y proximidad, a unos -670 m: el «Río 1» y el «Río 2».
- El Sector de la Estaca, zona estructurada alrededor de una plataforma elevada entre ambos ríos con 3 notables pozos: dos hacia arriba inexplorados, de 60 y 70 m de altura y hasta 10 m de sección, y otro de reconexión hacia abajo de 50 m de altura y hasta 15 metros de sección.

### **Sima del Aire (TO-61) (1), (4)**

Los intensos trabajos de exploración realizados en la Sima del Nevero, han eclipsado en los últimos años, en cierta medida los resultados en la Sima del Aire (TO-61), por motivos evidentes a la hora de priorizar recursos, (especialmente desde el año 2015) ya que en ese período de tiempo es donde la Sima del Nevero a llevado a cabo un importante período de expansión.

No obstante en este nuevo artículo

aprovechamos para realizar un ejercicio de actualización de los datos que a pesar de publicarse anualmente en el Catálogo de Cavidades (actualizado a 1 de mayo de 2019) de la Revista «Andalucía Subterránea», es sin duda necesario con el doble objetivo de informar al colectivo espeleológico y crear un registro bibliográfico que vaya documentando de manera más completa la evolución de estos trabajos.

Efectivamente desde el año 2010 (Andalucía Subterránea nº21) no se publica en formato de artículo los avances que se han ido llevando a cabo en esta cavidad, pasando en ese tiempo de los 10.206 metros de desarrollo topografiados, a los 15.593 metros de la actualidad, (2ª cavidad por desarrollo de Andalucía y 4ª por desnivel en el Ranking Andaluz), con el fin de plasmar la evolución topográfica de esta cavidad se adjunta una cronología obtenida de las Memorias de la Sierra de las Nieves que el Ges de la Sem edita cada año, concretamente del período 2010 al 2020.



## Cronología evolución topográfica (período 2010-2020)

**Período 2009-2010:** 10.206 m. Desarrollo topografiado. Fecha de la última actualización. (Andalucía Subterránea nº 21).

**Período 2010-2011.** Se topografian 1.470 nuevos metros en el «Sector de la Estalagmita» y del «Sector del Conexionista». La cavidad alcanza los 11.676 metros topografiados.

**Período 2011-2012.** Realización de actividades varias sin incremento topográfico.

**Período 2012-2013.** Se aportan 777 nuevos metros del «Sector del Cañón», la topografía pasa a 12.453 nuevos metros topografiados.

**Período 2013-2014.** Se aportan 757 nuevos metros topografiados de nuevo en el «Sector del Cañón». La topografía se incrementa hasta los 13.210 metros.

**Período 2014-2015.** Se aportan 1.461 metros del «Sector del Padre» y del Cañón. La topografía llega hasta los 14.671 metros.

**Período 2015-2017.** La topografía permanece en 14.671 metros.

**Período 2017-2018.** Se aportan 376 nuevos metros del «Sector del Padre», la topografía asciende hasta los 15.047 metros.

**Período 2018-2019.** Se aportan 160 nuevos metros del «Sector del Padre». La topografía asciende a los 15.207 metros.

**Período 2019-2020.** Se aportan 386 nuevos metros de los «Sectores Fadelpo» y «Vivac principal» llegando la topografía a los datos actuales de **15.593** metros de desarrollo. Este mismo año se volvió a realizar la topografía con sistema Distox, desde la entrada (Punto 0 / 1.435 msnm) de la cavidad, hasta el vivac principal, ya que la topografía antigua fue realizada con cinta métrica, clinómetro y brújula. aportándose un nuevo dato de profundidad que corrige la anterior cota que pasa de -520 m. a -487 m., por lo que la profundidad total de la cavidad pasa de -753 a -720 m. de desnivel total.

Con esta cronología se pone de manifiesto, el carácter ininterrumpido de la exploración con períodos continuos de aportación de datos, donde la topografía siempre supone la parte final o de terminación del proceso de exploración, donde primero se explora e instala, se seleccionan las galerías de mayor interés, para finalmente realizar el levantamiento topográfico, no reflejándose en este proceso el esfuerzo de tiempo y recursos que implica el descarte de incógnitas, o de la realiza-



FOTO 4  
Aire - Buceo sifón  
-720 m.  
(Rogelio Ferrer)



FOTO 5  
Aire- Meandro  
Lindembrock.  
(Miguel Benítez)

ción de actividades de otra índole, que finalmente no aportan información topográfica. Un trabajo que se está realizando a una profundidad media de 500 metros y donde es necesario vivaquear varios días para obtener la valiosa información.

## Principales sectores en exploración

En el período desde 2010 hasta la actualidad han sido varios los sectores de interés, centrándonos principalmente en los que a continuación se detallan.

**Sector Fadelpo:** Sector muy próximo a Sima Prestá (TO-75), de dirección principal N-E equipado con vivac permanente de 4 plazas, desde este sector parten galerías de gran volumen y con corriente de aire activa, que se aproximan a esta cavidad. Su interés ahora es mayor aún si cabe, de-

bido a proximidad de las nuevas galerías e incógnitas descubiertas en la Sima del Nevero (TO-39), por lo que se convierte en un sector de gran interés de cara a exploraciones futuras. Este sector se exploró activamente durante los años 2008-2012, pero se dejó inactivo para darle prioridad a otras zonas de la cavidad.

**Sector del Río:** Sin duda fue la sorpresa durante los años 2013 hasta la actualidad, ya que no sólo aportó un buen desarrollo a la topografía del conjunto de la cavidad, sino que también se llegó por esta vía a la cota de mayor profundidad -720 m. aportando el mayor caudal de agua hasta ahora localizado en la cavidad. En esta zona se han realizado 2 inmersiones constatando la continuidad de galería aérea postsifón. También, se está realizando una escalada que ha ascendido hasta los 120 metros constatándose la continuidad con importante volumen. Este sector sigue aportando gran interés para la exploración y por



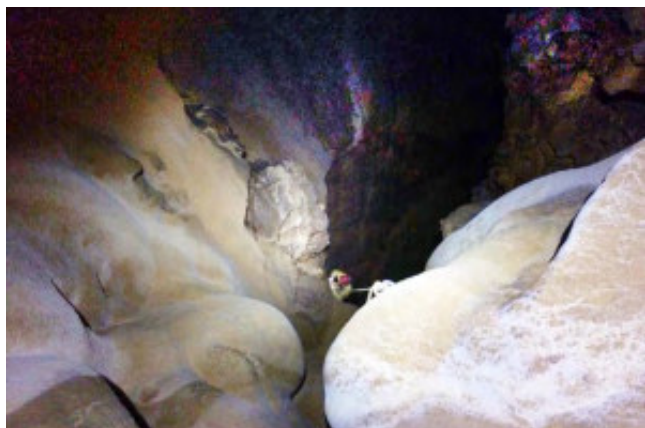
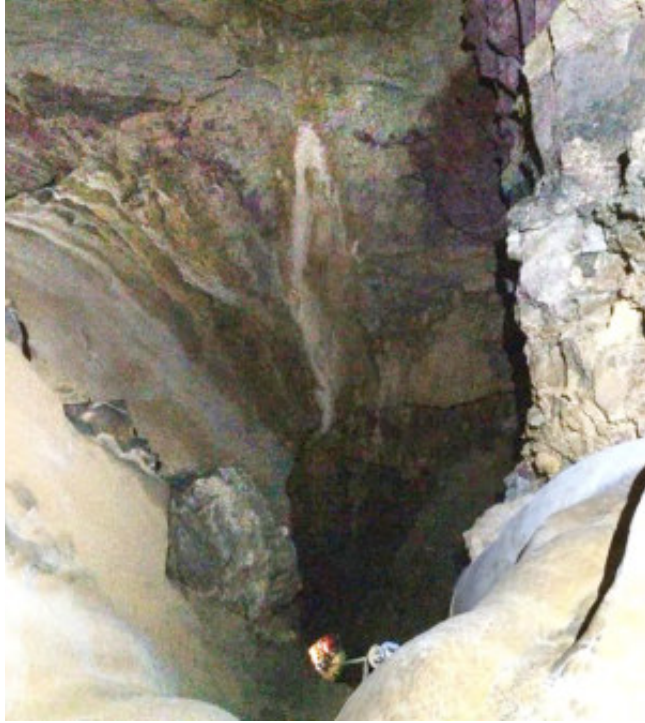
tanto continúa activo, y será uno de los frentes de trabajo en futuras campañas. En la actualidad se está equipando un nuevo vivac de 4 plazas de forma estable.

**Sector de la Estalagmita:** Fue otra de las grandes sorpresas durante las exploración con una aportación de galerías de gran volumen y belleza, fue también de gran interés debido a su proximidad con las galerías de Sima Gesm (TO-2)- Sima de la Luz, tras la reunión con compañeros del Interclub, se constató esta proximidad, insistiéndose durante un par de años en todas las incógnitas pendientes de exploración en la zona (escaladas incluidas), pero de momento no ha sido posible establecer la ansiada conexión entre ambas cavidades.

**Sector del Padre:** De dirección principal N-E, Ha sido el último gran sector explorado, con un desarrollo que se aproxima a los 2.000 metros topografiados, y donde ha aparecido uno de los mayores pozos de la sima (74 m.) y una de las galerías de mayor belleza de la cavidad (Meandro Lindembrock). Destacar que este gran ramal de la cavidad se aproxima también a las galerías de Sima Prestá (TO-75). Actualmente se da por cerrado y se está desistiendo. Es la zona donde las galerías de la cavidad han alcanzado la menor cota, en el entorno de los -400 m.

## Sima Prestá (TO-75) (5)

La actividad en esta cavidad se ha centrado durante los últimos años en una profunda revisión de incógnitas y de la instalación desde la entrada (punto 0 / 1.734 msnm) hasta la cota de -650 m., actualizándose también el vivac ubicado a la cota de -500m. quedando pendiente de reinstalación y revisión el



Imágenes de la Sima Prestá.



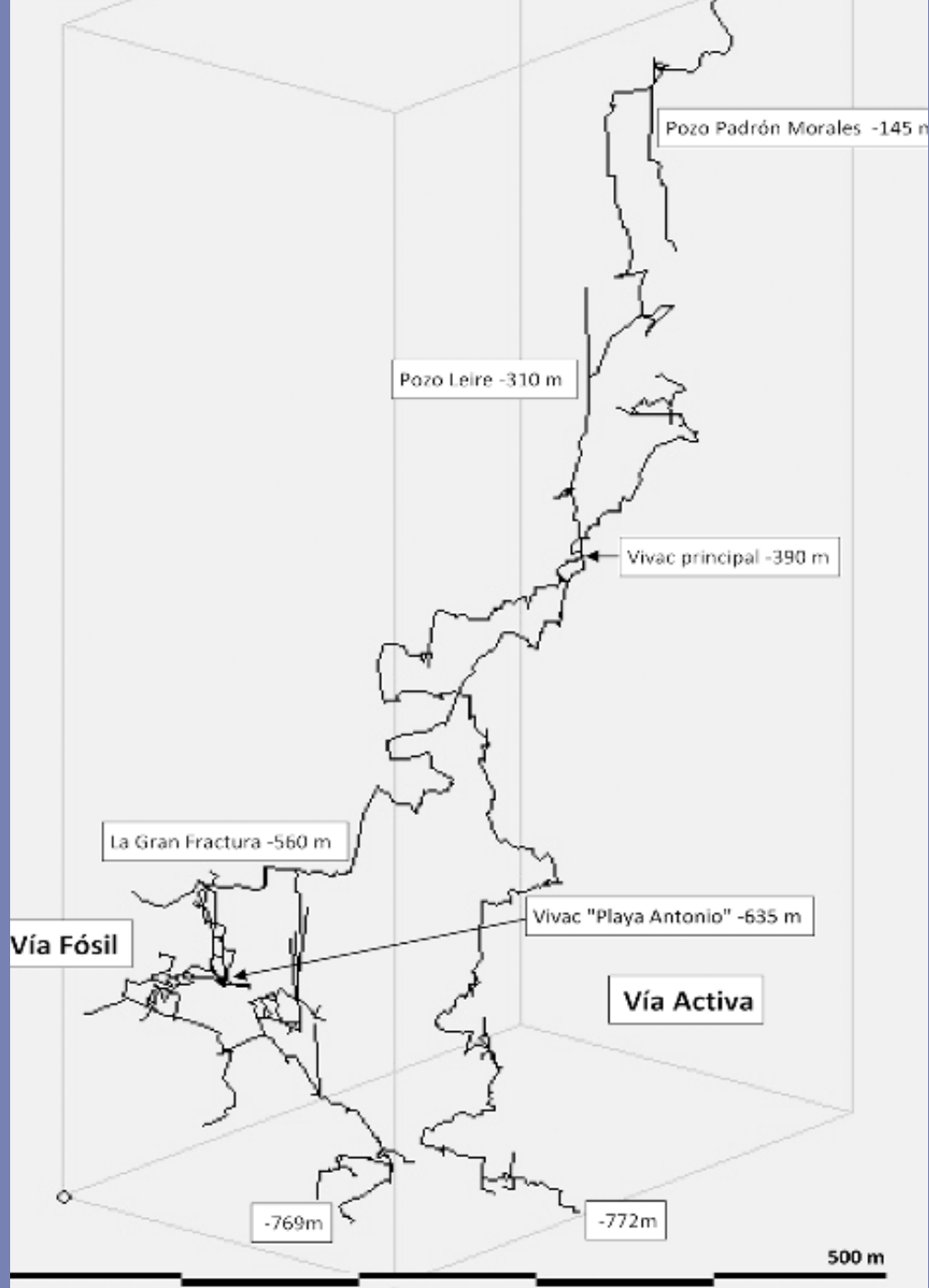
## Sima del Nevero (TO-39) 1.653 msnm

Desnivel: -772 m.

Desarrollo: 5.434 m.



Grupo de exploraciones Subterráneas  
Sociedad Excursionista de Málaga  
GES de la SEM

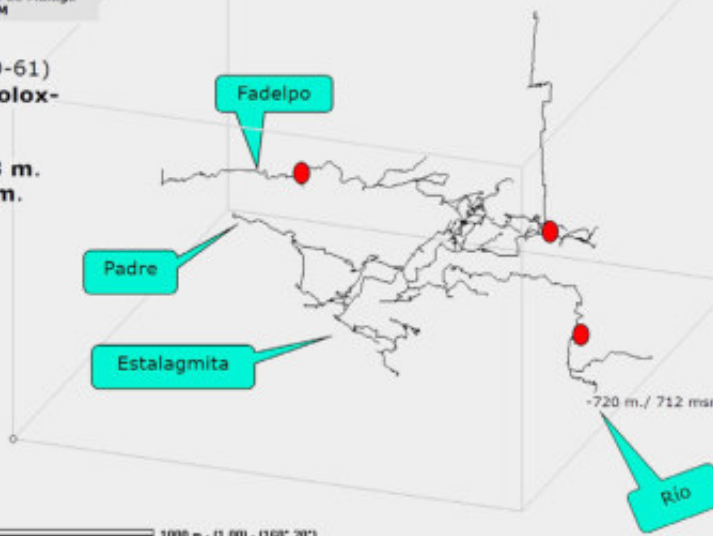




Grupo de exploraciones Subterráneas  
Sociedad Excursionista de Málaga  
GES de la SEM

### Sima del Aire (TO-61) Sierra de las Nieves, Tolox- Málaga

Desarrollo total **15.593 m.**  
Desnivel total - **720 m.**



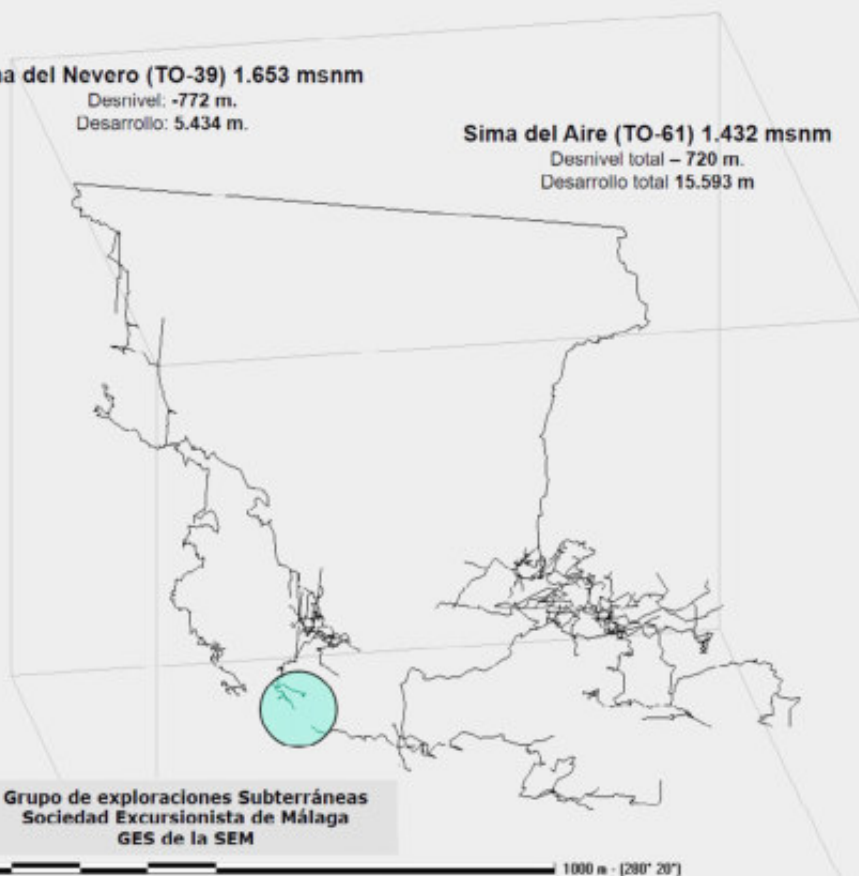
Topo Ink

### Sima del Nevero (TO-39) 1.653 msnm

Desnivel: -772 m.  
Desarrollo: 5.434 m.

### Sima del Aire (TO-61) 1.432 msnm

Desnivel total - 720 m.  
Desarrollo total 15.593 m



Grupo de exploraciones Subterráneas  
Sociedad Excursionista de Málaga  
GES de la SEM

1000 m - [200' 20"]

tramo de -650 m. a -800 m., cuestión que se puso en marcha el pasado año 2.020

Los objetivos en esta cavidad consistirán aparte de lo mencionado anteriormente, en revisar con nuevos sistemas de iluminación las incógnitas a techo en las galerías horizontales que se descubrieron en la exploración inicial, así como comprobar algunas de las incógnitas que han aparecido en el entorno de -600 m.

## Perspectivas de futuro

Es un hecho prácticamente indiscutible, que el paleonivel que existe a la cota de 900 msnm. se trata de un acontecimiento geológico que vinculó a la gran red de galerías y simas que hoy día estamos explorando y documentando, y que esa red drena principalmente en dirección Sur-Este hacia el Río Grande (Sifón de Zarzalones), (N.Goldscheider *et al.* Geogaceta 2004) canalizando las precipitaciones que recargan la parte más oriental de la meseta somital, una de las dos grandes cuencas de captación documentadas en el bloque elevado. (E. Pardo *et al.* 2016). La gran red espeleológica topografiada sobrepasa ya los 40.000 metros de desarrollo en su conjunto y según los diferentes estudios especialmente acerca de su hidrología aportados en la Tesis doctoral de Cristina Liñan, amén de los recientes estudios publicados por el Instituto Geológico y Minero de España I.G.M.E. (E. Pardo *et al.* 2016) en relación a al potencial teórico, esta cifra podría llegar a ser muy superior a la citada anteriormente.

Las ansiadas conexiones que nos permitan físicamente pasar de una a otra cavidad quizá tarden en llegar; de lo que no queda duda, es que durante los últimos 15 años la Sierra de las Nieves se ha convertido en la principal referencia espeleológica de la Comunidad Andaluza y del Sur de

la Península Ibérica gracias a los trabajos aportados por un ingente colectivo de espeleólogos de los diferentes grupos de Andalucía, del resto del País, e incluso de valiosas aportaciones de grupos extranjeros.

Otro tema a destacar y a evaluar durante las próximas campañas, será la de confirmar el carácter hipogénico de la cavidad, especialmente del paleonivel, ubicado a la cota de 900 msnm, ya que muy probablemente se trate de un acuífero confinado que ha dejado en numerosos puntos de la cavidad evidencias, no sólo por las morfológicas típicas de corrosión, sino también por la aparición de múltiples elementos que serían compatibles con este tipo de génesis.

## Bibliografía.

- Liñan-Baena, C. 2005. **Hidrogeología de acuíferos carbonatados en la unidad Yunquera-Nieves (Málaga)**. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas nº 16. Madrid, 322 p
- Revista Subterránea nº 33 2011 «**Un Gran Laboratorio de Investigación del karst**» Rogelio Ferrer Martín, Jorge Lopera Alcalá (Grupo Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga).
- Modelado fractal de la distribución del tamaño de dolinas en el macizo kárstico de la Sierra de las Nieves (Málaga, España)** Pardo-Igúzquiza, E. (1); Durán, J.J.(1) y Robledo-Ardila P.A.(2) 2014
- El sistema kárstico de la Sierra de las Nieves (Málaga, España). Un ejemplo de un karst mediterráneo de relieve alto**, E. Pardo-Igúzquiza (1), J.J. Durán (1), P. Robledo-Ardila (2), J.A. Luque-Espinar (3), S. Martos-Rosillo (3), C. Guardiola-Albert (1) y A. Pedrera (3). 2015
- Memorias anuales Sierra de las Nieves, años 2010 al 2020** Autores varios. (Grupo Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga).





Levantamiento topográfico tridimensional en la Cueva de Palomina. *(Alejandro Téllez Gómez)*

**ALEJANDRO TÉLLEZ GOTTARDI**  
**ALEJANDRO TÉLLEZ GÓMEZ**  
**F. JAVIER VÁZQUEZ RÍOS**

Sección Espeleológica Marbellí. S.E.M.

**Técnica 3D**  
**SEM para la**  
**topografía de**  
**cavidades**

**D**esarrollo de una técnica topográfica basada en formas ya existentes de trabajo como es el caso del **Sistema híbrido de la topografía espeleológica** expuesto por Juan Mayoral Valsera en el **III Simposio Andaluz de Topografía Espeleológica**, celebrado en Málaga en diciembre del 2017 y un concepto de trabajo inspirado en las nubes de puntos, aunque sin aproximarse a lo que es capaz de realizar un escáner láser debido al volumen de datos por segundo que este es capaz de procesar.

Para las medidas en la cavidad utilizamos el Disto-X2 y la App topodroid. Posteriormente esos datos los exportamos a Sketchup para su tratamiento en 3D y a la aplicación Adobe Illustrator para la elaboración en 2D.

El resultado de todo esto queda plasmado en un proyecto de manual, que enfocamos como un documento interno del club, para adoptar unos criterios y pautas comunes de trabajo utilizando estas nuevas tecnologías. Posteriormente publicamos este documento en el número 30 de Andalucía Subterránea (AS 30), «Metodología de trabajo para la topografía espeleológica mediante el Disto-X para 2D y 3D»

Con esta técnica topográfica se consigue un proyecto más detallado de nuestras cavidades comparado con el utilizado normalmente en espeleología. Pero ello nos lleva a tener que hacer un trabajo de campo que nos requerirá más tiempo y un trabajo de gabinete más laborioso. Ahora bien, con la práctica podemos realizar la misma labor de forma más fluida lo que nos irá llevando a realizar cavidades de mayor envergadura.

**PALABRAS CLAVE:** Topografía, Espeleología, 3D, DistoX, Topodroid, Nube de puntos.

Development of a topographic technique based on existing forms of work such as the «Hybrid System of Speleological Topography» exposed by Juan Mayoral Valsera at the III Andalusian Symposium of Speleological Topography held in Malaga in December 2017 and a working concept inspired by point clouds, although not approaching what a laser scanner is capable of doing due to the volume of data per second that it is capable of processing.

For the measurements in the cavity, we use the Disto-X2 and topodroid, then we export these data to Sketchup for processing in 3D and Adobe Illustrator for processing in 2D.

The result of all this is reflected in a draft manual, which we approach as an internal document of the club, to adopt common criteria and guidelines for work using these new technologies. Later we published this document in number 30 of underground Andalusia «Work methodology for speleological topography using the Disto-X for 2D and 3D»

With this topographic technique a more detailed project of our cavities is achieved compared to that normally used in caving. But this leads us to have to do field work that will require more time and more laborious desk work. However, with practice we can perform the same work more fluidly, which will lead us to make larger cavities.

**KEY WORDS:** Topography, Caving, 3D, DistoX, Topodroid, Point cloud.

## Introducción

Llega el momento en el que decidimos abordar los trabajos topográficos con las nuevas tecnologías que se nos ofrecen hoy día, utilizando un distanciómetro láser con brújula y clinómetro incorporado Disto X2 y descargándonos la App de Topodroid como base de trabajo. A partir de aquí empezamos a ver cómo podemos llevar a cabo nuestra metodología de trabajo. Tomamos de base lo que denominamos como estaciones virtuales, que no son otra cosa que generar una estación manual partiendo desde una estación real creada por el Disto X2. Esta idea la adoptamos del sistema híbrido de Juan Mayoral donde dice: «Esto lo conseguimos añadiendo al punto de referencia otros dos, a una distancia de 1 o 2 centímetros, antes de descargar los datos tomados para el grupo con el Disto X2...».<sup>(1)</sup>

¿Cuál es el motivo de crear estas estaciones virtuales? Pues bien, nosotros pretendemos adoptar una toma de visuales creando algo parecido a una nube de puntos, y nos vemos en la necesidad de adoptar un método de trabajo para organizar esa nube de puntos de forma que posteriormente podamos trabajar con ella.

Para ello utilizamos las estaciones virtuales que nos servirán para ordenar esa nube de puntos según los diferentes parámetros espaciales y organizarlos de manera que nos sean fáciles de ubicar. De esta forma, cuando exportamos nuestro proyecto, podemos distinguir las diferentes visuales que se encuentran agrupadas en las estaciones virtuales organizadas según los parámetros espaciales que previamente hemos determinado.

Por lo tanto, la clave o piedra angular de esta técnica de topografía 3D podemos decir que está erradicada en las estaciones virtuales y que con la práctica y desarrollo de esta metodología podremos tener to-



Disto X2 junto con la app de Topodroid, un buen tandem de trabajo.

pografías más exactas y de mayor detalle, pudiéndose enmarcar como herramienta en el estudio de otras disciplinas de investigación como por ejemplo la arqueología, biología, geología y otras muchas ciencias de estudio del medio subterráneo.

## Elementos

### Medición topográfica

La topografía o la interpretación espacial de la cavidad es una herramienta imprescindible para el progreso en el estudio y prospección de cualquier espacio endokárstico, aunque existen métodos mucho más exactos para realizar levantamientos topográficos tridimensionales como, por ejemplo, mediante el empleo de la fotogrametría o con el uso de un escáner láser el cual es capaz de tomar varios cientos de miles de puntos por segundo. Pero la aplicación de estas técnicas requiere de una gran cantidad de tiempo y recursos informáticos para procesar la información y además son demasiados costosos, no estando al alcance del presu-

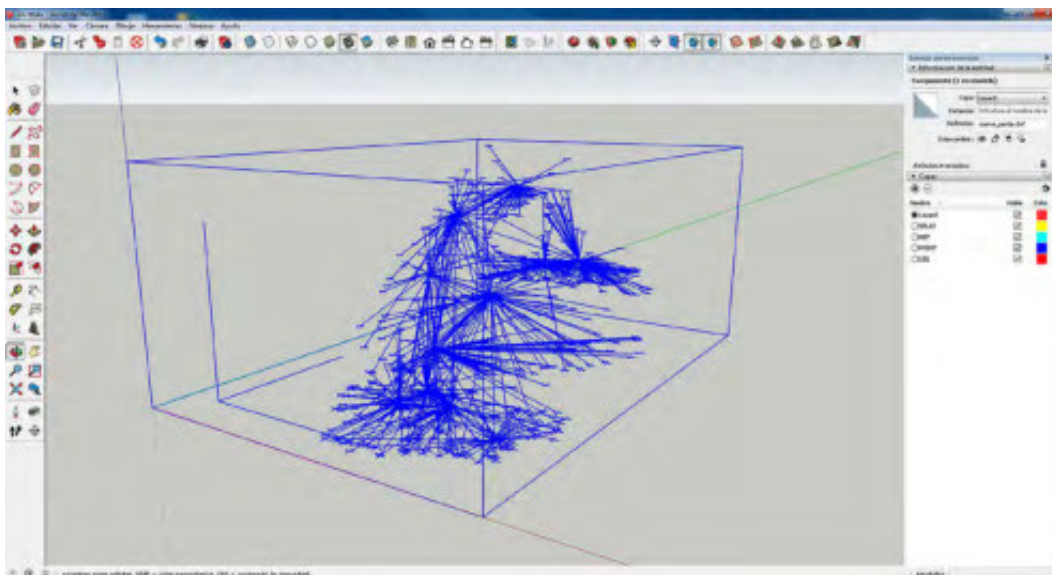




Cueva de Palomina, realizando el levantamiento topográfico tridimensional. (Alejandro Téllez Gómez)

puesto de un club de espeleología. Por otra parte, está el problema que plantea este tipo de aparatos debido a su poca versatilidad dentro de la cavidad, ya que está condicionado a galerías de cierto volumen no pudiéndose usar en lugares de reducidas dimensiones e incluso estar limitados por otros factores como cursos de agua e iluminación en el caso de la fotogrametría.

Por todo ello el DistoX2 se convierte en una herramienta idónea para nuestro trabajo por ser muy versátil, de reducido tamaño, fácil de manejar y por obtener unos resultados fiables y precisos que nos permiten realizar topografías con errores inferiores al 1% respecto a una estación total. Siempre cabe la posibilidad de realizar parte de la poligonal con una estación total, si tenemos acceso a una, en la parte

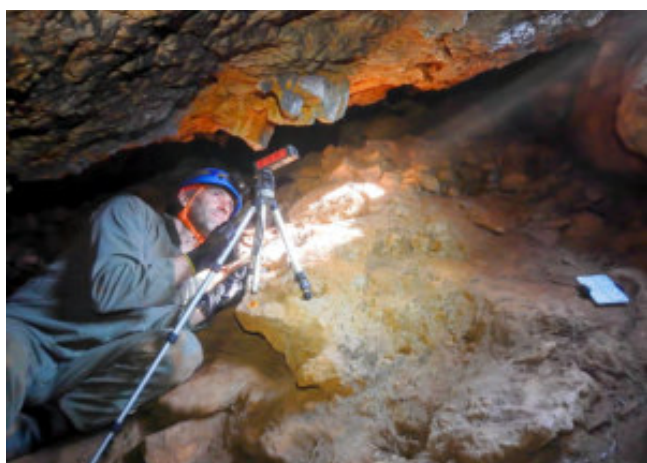


Interfaz del software SketchUp, usado para la malla 3D

de la cavidad donde su morfología nos lo permita y realizar el resto con el Disto-X2. Todo dependerá de las características del proyecto y las posibilidades de acceso a dicho material.

## APP

Una de las peculiaridades que presenta la modificación del distanciómetro Leica Disto X310 en Disto X2, al incorporarle una placa, es que además de dotarla de un clinómetro y brújula electrónica le provee de una conexión Bluetooth, lo que le permite leer los resultados tomados de forma inalámbrica en otro dispositivo. Gracias a esta función podemos hacer uso de una app para facilitar nuestro trabajo de campo. Aunque existen diferentes aplicaciones, nosotros nos decantamos por Topodroid por ser una aplicación de código abierto Android, lo que simplifica nuestro trabajo al poder usar, en nuestro caso, el dispositivo móvil para recibir los datos tomados en la cavidad y, por otro lado, topodroid se puede decir que es el software más evolucionado para trabajar con el Disto X2.

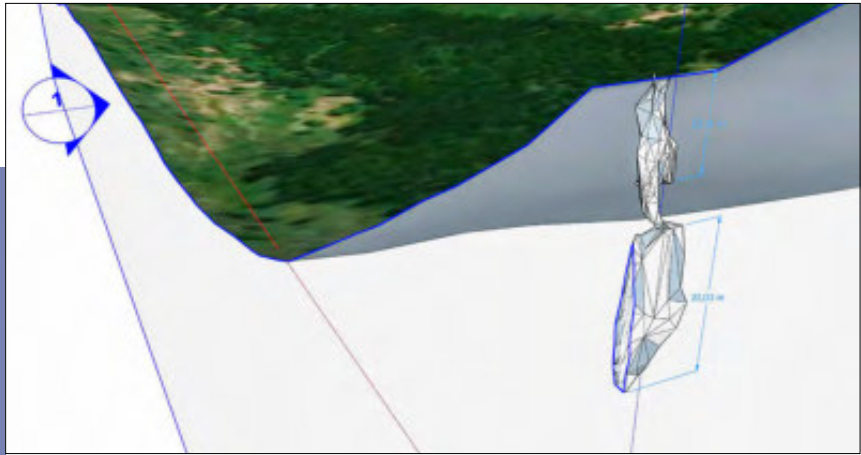


Realizando visuales en la Cueva de Pecho Redondo. (Alejandro Téllez Gottardi)

## Software

Para realizar nuestra topografía en 3D tenemos que buscar la forma de pasar todos los datos almacenados en nuestro proyecto de Topodroid a un software en el que poder realizar nuestro proyecto tridimensional. Existen algunos programas como el Visualtopo que tiene herramientas para visualizar un proyecto topográfico en 3D, pero que se encuentran limitados por la forma

Corte de una sima georeferenciada e integrada en la malla topográfica del terreno. Se puede trabajar con las diferentes capas; el mapa geológico, cartográfico, fotos aéreas...



de trabajo implícita que este lleva y que no se ajusta a la idea de nubes de puntos que pretendíamos desarrollar.

Para ello nos decantamos por buscar un software de diseño y modelado 3D, de los muchos que podemos encontrar en el mercado, que se acomode a nuestras necesidades. Aunque los hay muy potentes como 3ds Max y AutoCAD, nosotros buscábamos un programa más fácil e intuitivo en su manejo. Con estas propiedades encontramos SketchUp, un programa de diseño 3D que posee una interfaz ordenada y sencilla, y con unos principios básicos fáciles de entender, donde invirtiendo poco tiempo vemos resultados satisfactorios.

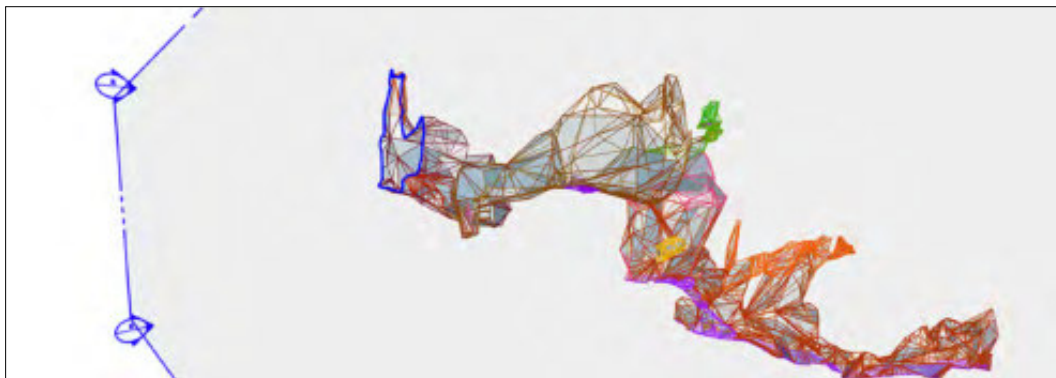
### Técnicas 3D

En virtud de las técnicas o sistemas de topografías usadas en la actualidad en espeleología y después de ver las diferentes formas de afrontar un proyecto de estas características, empezamos a pensar en desarrollar una forma de trabajo adecuada a las necesidades de nuestro club. En el III Simposio Andaluz de topografía espeleológica tuvimos la suerte de asistir a la ponencia de Juan Mayoral Valsera donde nos explicaba cómo funciona su Sistema híbrido de la topografía espeleológica. Aquí vimos la posibilidad que teníamos de crear manualmente unas estaciones a

partir de una estación real de la poligonal. Estas estaciones creadas manualmente y que llamamos estaciones virtuales, por no encontrarse exactamente en el lugar del que parten, sino que le introducimos un error adrede para poder localizarlas posteriormente en nuestro programa de diseño 3D, nos servirán como contenedor de visuales con sus diferentes características espaciales.

A raíz de aquí, sopesamos la posibilidad de realizar una topografía 3D en base a una nube de puntos, por supuesto sin aproximarnos al número o volumen de puntos que es capaz de generar un escáner digital 3D, pero la idea era esa, aunque más que nube se podría tratar de una ligera niebla por poner una nota de humor. La conjugación de estos dos modelos, el sistema híbrido y la nube de puntos por otro lado es donde nace la idea de la técnica adoptada por nuestro club para la topografía tridimensional en espeleología. Ya solo nos quedaba crear un protocolo de trabajo para agrupar u ordenar esa nube de puntos dentro de contenedores, (llámese estaciones virtuales, de manera comprensible), para poder trabajar de forma cómoda y organizada el proyecto dentro del interfaz del software que en nuestro caso por sus características hemos elegido el SketchUp.





El software nos permite hacer tantas secciones de la topografía tridimensional como queramos y en el ángulo que decidamos como si de un TAC se tratase.

## Técnicas 3D SEM

### Trabajo de campo

La forma de trabajar dentro de una cavidad es en principio la misma que las utilizadas hasta ahora para topografiar con la App de Topodroid. Es decir, abrimos un proyecto nuevo en Topodroid, Vamos tomando los datos con el distoX y mediante bluetooth los incorporamos a la App de Topodroid. Esto es válido para la poligonal principal y ramales de la topografía, lo que vendría a ser el esqueleto de la cavidad y para nosotros son las estaciones reales. Las cuales se van creando lanzando tres visuales a un mismo punto (de forma predeterminada por topodroid, parámetro que podemos cambiar).

A partir de aquí empezamos a crear manualmente las estaciones virtuales que partirán desde las estaciones reales de la poligonal e iremos tomando tantos puntos como veamos convenientes para ir «pintando» nuestra cavidad en 3D. Esto va formando la nube de puntos que será la base desde donde crearemos posteriormente la malla 3D que terminará de dar volumen a nuestro proyecto tridimensional.

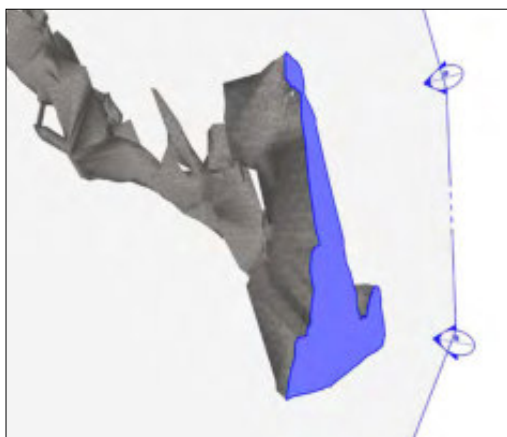
Desde una misma estación real generaremos el número de estaciones virtuales necesarias para ir agrupando los diferentes parámetros; suelo, sección longitudi-

nal, sección transversal, etc. dependiendo de las necesidades de la estación.

El procedimiento de trabajo con las estaciones virtuales que usamos en el club queda explicado en la publicación del número 30 de Andalucía subterránea «Metodología de trabajo para la topografía espeleológica mediante el Disto-X para 2D y 3D».

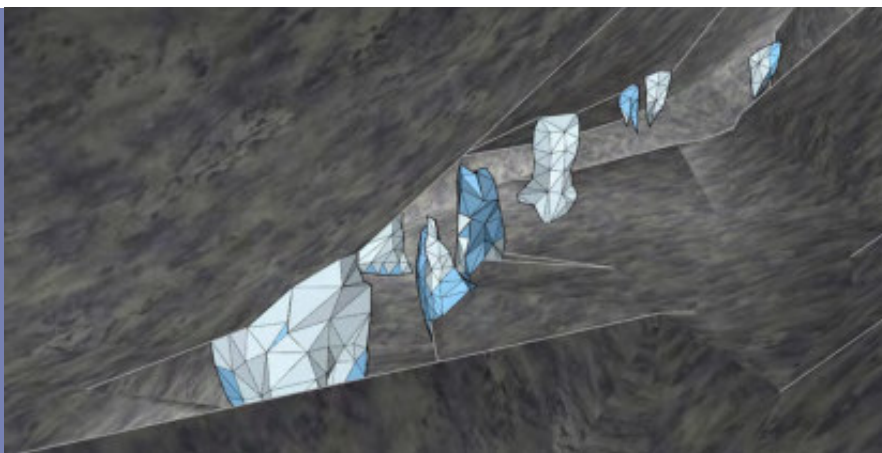
### Trabajo de gabinete

Una vez tomados todos los datos de campo con el DISTO-X2 y almacenados en el móvil o tablet a través de la APP de topodroid, hemos de trabajar toda esa información en nuestro PC para terminar obteniendo la to-



Los cortes de sección pueden ser usados posteriormente para las topografías 2D.

Situación espacial de espeleotemas con un singular interés arqueológico dentro de una cavidad con restos de pinturas rupestres (Cueva de Pecho Redondo).



pografía en 3D. Para ello vamos a ver el formato de archivo que vamos a utilizar, como exportarlo y como poder procesarlo en el software elegido.

Lo primero es la exportación de los datos. Topodroid nos da muchas opciones de exportación de archivos dependiendo del uso y del software que vayamos a utilizar. En nuestro caso vamos a trabajar básicamente con dos programas: el Adobe Illustrator para la creación de los planos topográficos 2D y el SketchUp para la creación de la malla 3D. Tanto para uno como para el otro, los archivos que usaremos serán los DXF, pero la forma de exportarlo es diferente, dependiendo del software al que va dirigido.

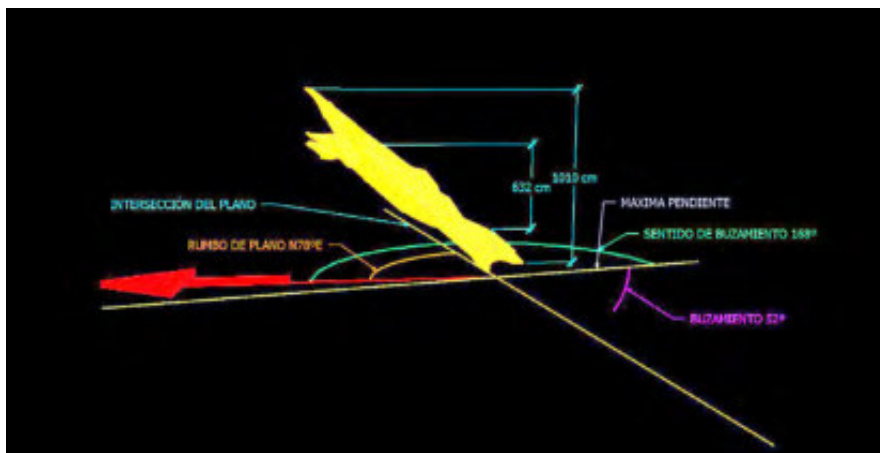
En el caso de exportar el archivo para el SketchUp lo haremos desde la página de proyectos, donde aparece la lista de los proyectos que tenemos en nuestro topodroid; ahí elegiremos DXF y lo guardaremos. Ese archivo tenemos que llevarlo al PC donde tenemos el programa del SketchUp. En nuestro caso lo enviamos por correo electrónico, aunque hay otras formas de llevarlo, y desde ahí nos lo descargamos y guardamos en una carpeta que previamente hemos creado para el proyecto que vamos a realizar en el PC.

A partir de aquí empezamos a trabajar en el SketchUp para crear nuestra malla

3D de la cavidad. Hay que tener en cuenta que un archivo dxf no es nativo de SketchUp por lo que no podremos abrirlo como tal. Para ello tendremos que importarlo desde el mismo software. Por ese mismo motivo de formatos de archivo, el proyecto exportado al ser nativo de AutoCad, interpreta las medidas tomadas por topodroid como «unidades de medida», no por metros, centímetros, milímetros... Cuando importamos nuestro archivo dxf al SketchUp este descodifica e interpreta esas medidas dando como resultado un proyecto reducido del real. Es por ello que hemos de escalar para tener las medidas reales de nuestra topografía 3D. Este detalle del escalado no viene explicado en el artículo de Andalucía Subterránea nº30 por lo que lo vamos a esbozar aquí rápidamente:

Para escalar un proyecto topográfico de forma completa es necesario conocer al menos una de las medidas entre dos puntos de una geometría. Aunque en principio nos vale cualquier elemento, en nuestro caso vamos a tomar como referencia la distancia existente en la poligonal entre la estación 0 y la 1 por ser fácil de ubicar en la maraña de líneas que nos aparece cuando abrimos un proyecto nuevo.

Conocida esta distancia, representada por la visual de la estación 0 a la estación 1 en metros, la podemos ver reflejada en



Interpretación de la malla 3D en el contexto espacial desde el punto de vista geomorfológico de la cavidad. (Cueva de Pecho Redondo).

la tabla de los datos topográficos de nuestro proyecto de Topodroid, buscando la línea correspondiente a la visual 0 1, en la columna de distancias.

Pulsamos sobre la herramienta de medir de SketchUp. Moveremos el ratón al punto final del mismo segmento, (estación 0). Con la herramienta de medir clicamos una primera vez sobre la estación 0. Una línea de medición temporal, con flechas en ambos extremos, se extenderá desde el punto de inicio al mover el ratón y, a continuación, hacemos clic de nuevo en el otro extremo del segmento, (estación 1). La distancia final se indica en el cuadro de control de valores. Seguidamente, mediante el teclado, introducimos la medida correcta, en el cuadro de control de valores y pulsaremos la tecla Intro. Este tamaño servirá de base para ajustar la escala del modelo proporcionalmente.

Nos aparecerá una ventana que nos pregunta si queremos cambiar el tamaño del modelo, aceptamos y veremos cómo el proyecto se escala completamente.

El resto del procedimiento de trabajo con el software del SketchUp Al igual que hemos apuntado anteriormente viene explicado en la publicación del número 30 de Andalucía subterránea «Metodología de trabajo para la topografía espeleológica mediante el Disto-X para 2D y 3D».

## Conclusiones

Una representación tridimensional fidedigna de la cavidad, con un buen nivel de precisión puede resultar de gran ayuda en muchos campos científicos y divulgativos. Hoy día podemos integrar estas topografías a una malla cartográfica 3D a través de las herramientas 3D de los SIG o como en nuestro caso mediante una herramienta conjunta del SketchUp y Google Earth.

Con la inclusión de la cavidad georreferenciada en el territorio se pueden realizar estudios en diferentes campos. En el campo de la hidrología nos puede ayudar a interpretar la intrincada red hidrogeológica de un sistema kárstico obteniendo información del flujo hídrico subterráneo. Si le integramos el mapa geológico a la malla cartográfica podemos interpretar las características geológicas de la zona de estudio y sacar conclusiones sobre el desarrollo endokárstico y ver como los factores geológicos pueden influir y de qué forma en la génesis de las cavidades. También es de interés a la hora de englobarse en conjunto con otras cavidades adyacentes a la hora de intentar unir cavidades que se encuentran próximas ofreciéndonos una visión espacial de la posible conexión. Esta

representación nos ofrece la posibilidad de practicar todo tipo de cortes y secciones de la cavidad y del terreno que nos pueden servir para, entre otras aplicaciones, realizar las secciones de nuestros planos topográficos, además de ser un buen complemento para el estudio morfológico de la cueva.

En el campo de la arqueología, una topografía detallada es una herramienta imprescindible para el progreso de una prospección. La importancia de localizar de forma precisa los elementos arqueológicos en un espacio subterráneo es fundamental para el resultado de un buen trabajo. Aunque como hemos comentado anteriormente existen técnicas más precisas como la fotogrametría y escáner láser 3D, creo que en el medio subterráneo no siempre es fácil llevar a cabo un trabajo con dichas herramientas. Es por ello que la técnica presentada en esta ponencia está a la altura de las necesidades de un estudio arqueológico.

Al igual que en los ejemplos expuesto anteriormente hay otros muchos campos científicos implicados en el ambiente espeleológico donde puede ser útil esta técnica topográfica más precisas e integrar estos estudios en ellos. También tenemos toda un área dentro de la divulgación donde un buen proyecto 3D puede tener mucho partido para desarrollarse. Aún nos queda todo un campo por descubrir que ayudará a conocer mejor nuestro mundo subterráneo.

## Colaboran

**Francisco Cantos Liébana**; asesor técnico especialista en topografía.

**Sección Espeleológica Marbellí**; apoyo en los trabajos de campo.

**Delegación de Deportes**. Ayuntamiento de Marbella; cesión de instalaciones.

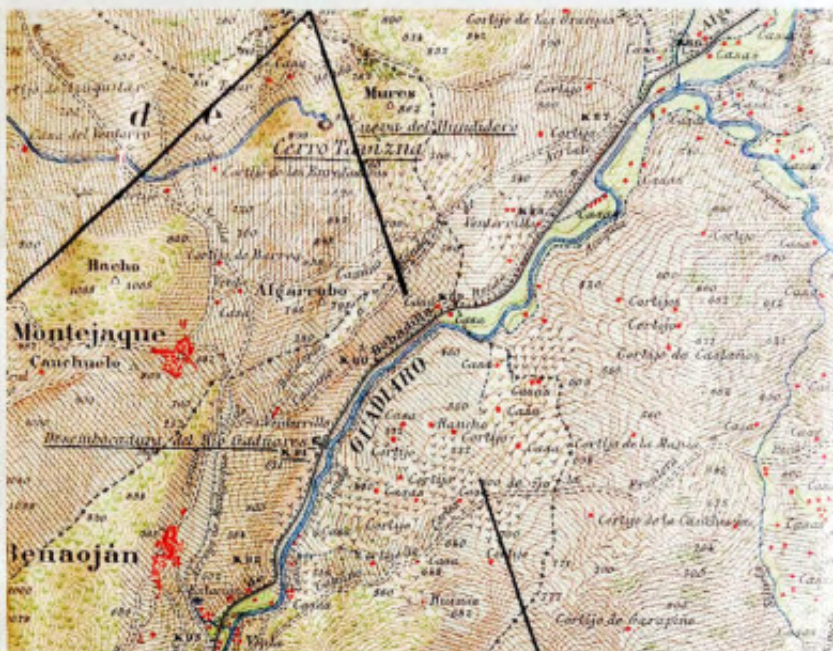
## Notas

1. III Simposio Andaluz de Topografía Espeleológica. **Sistema híbrido de topografía espeleológica. Su aplicación en la nueva topografía de la Vueva de La Pileta (Benaoján, Málaga)**. Mayoral Valseira, Juan; Cortés Sánchez, Miguel; Simón Vallejo, María; Gavilán Zaldúa, María. (página 72).

## Bibliografía

- Mayoral Valseira, Juan, Cortés Sánchez, Miguel, Simón Vallejo, María D. Gavilán Zaldúa, María. **Sistema híbrido de topografía espeleológica. Su aplicación en la nueva topografía de la cueva de la Pileta. (Benaoján, Málaga)**. (Actas del III simposio Andaluz de topografía espeleológica. Málaga diciembre 2017).
- Corvi Marco. Traducción al español, Manuel Guerrero. **Manual de usuario de topodroid. V.2.7.** (2016) <http://marco-corvi.altervista.org/caving/apps/tdmanual/index.htm>.
- Francisco, Cantos Liébana. **Curso de introducción a la espeleología, trabajos de campo.** (Sección Espeleológica Marbellí) 1984.
- Francisco, Cantos Liébana. **Curso de introducción a la espeleología, trabajos de gabinete.** (Sección Espeleológica Marbellí) 1984
- Vázquez Ríos, Fco. Javier. (1). Téllez Gottardi, Alejandro (1). Téllez Gómez, Alejandro. (1). Mayoral Valseira, Juan (2). (1) SEM / (2) Grupo Plutón. **Metodología de trabajo para la topografía espeleológica mediante Disto X para 2D y 3D.** Andalucía Subterránea Nº 30 - año 2018. Federación Andaluza de Espeleología. (<http://www.espeleo.es/pdf/publicaciones/Revistas/AS-30.pdf>).
- Julio Calle Cabrero. **Diseño en 3D con Sketchup.** Gobierno de España. Ministerio de educación, cultura y deporte. ([http://iespenalara.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/MANUAL\\_CONJUNTOL\\_skp.pdf](http://iespenalara.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/MANUAL_CONJUNTOL_skp.pdf)).
- M.J. Domínguez-Cuesta (1), D. Ballesteros (1), M. Jiménez-Sánchez (1) y P. González-Pumariega (2). (1) Departamento de Geología, Universidad de Oviedo / (2) Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo **Posicionamiento. 3D de cavidades subterráneas mediante topografía espeleológica. El ejemplo de la Cueva de El Pindal** (Norte de España).





Fragmento del Mapa Topográfico Nacional, con el **ángulo** de visuales correspondiente a la fotografía descriptiva de la Sima del río Gadures. (Hoja 1050).

Nótese la Cueva del Hundidero, junto al Cerro Tavizna, y la Desembocadura del río Gadures en el Guadalupe, vulgarmente llamada Cueva del Gato. Distancia rectilínea, algo más de 3 kilómetros. Desnivel, 553 - 440 = 153 metros.

4. Mapa Topográfico-Ángulo visual del complejo Hundidero-Gato. Año desconocido.

PABLO LUQUE VALLE

C.D. GEAL (Cabra-Córdoba)  
Fundación Aguilar y Eslava (Cabra-Córdoba)  
pluquevalle@hotmail.com

El «paisaje  
subterráneo» en  
Juan Carandell  
Pericay



Bloque-relieve de la región egabrense, desde el SO. (10 km. de lado)

1, Picacho; 2, Lobatejo; 3, Hoyones; 4, Sima; 5, Viñuela; 6, Fuente del río de Cabra; 7, Cañón del río; 8, Fuente de las Piedras; 9, Jurásico; 10, Triásico; 11, Capa calcárea que da lugar al cañón del río de Cabra; 12, Arroyo del Chorrillo.

1. Sima de Cabra-Bloque Relieve de la región egabrense. Año 1921.

## Introducción

Debido a la influencia del magisterio de su padre y de la Institución Libre de Enseñanza, Juan Carandell Pericay abogó por una enseñanza práctica y real fuera de las aulas, plasmado a través de su multitud de «excursiones escolares» (García García, López Ontiveros y Naranjo Ramírez, 2007). Al mismo tiempo fue un incansable investigador y prolífico paisajista (mapas, cortes geológicos, panoramas, bloques-relieves, perfiles, gráficos o dibujos). Aunque son reconocidos sus estudios y viajes escolares dedicados al paisaje «exterior», también tuvo interés por el paisaje «hipogeo», aspectos éste menos conocido.

En sus apuntes de clase y de estudio, conservados en el fondo documental y personal de Juan Carandell Pericay de la Fundación «Aguilar y Eslava» (Cabra-Córdoba) en el Aula Carandell del IES «Aguilar y Eslava», aparece una carpeta titulada *Paisajes Cársticos* que guarda numerosas imágenes de forma-

ciones kársticas de distintos lugares de la geografía nacional, entre las que figuran las siguientes: Cuevas del Drach (Mallorca), Caverna de la Peña de Candamo (Asturias), Gruta de las Maravillas (Huelva), Sima de la Pileta (Málaga) o Sima de Cabra (Córdoba). Algunas de éstas, coinciden con cavidades que Carandell visitó en algún momento de su vida como estudiante, investigador o docente; elaborando algunos dibujos y realizando fotografías para acompañar sus estudios científicos.

Revisando su amplia trayectoria investigadora y docente, podemos agrupar su interés por lo «subterráneo» en tres facetas bien diferenciadas. En primer lugar, podríamos apuntar la presencia de cavidades en sus paisajes exteriores; después, el estudio científico de cavidades y, por último, su interés por visitar minas. En su «archivo del paisaje» (Guzmán Moral, García García, García Rojas y Naranjo Ramírez, 2016) apreciamos la inclusión de lo «de abajo» como importantes aspectos geológicos y geográficos del terreno.

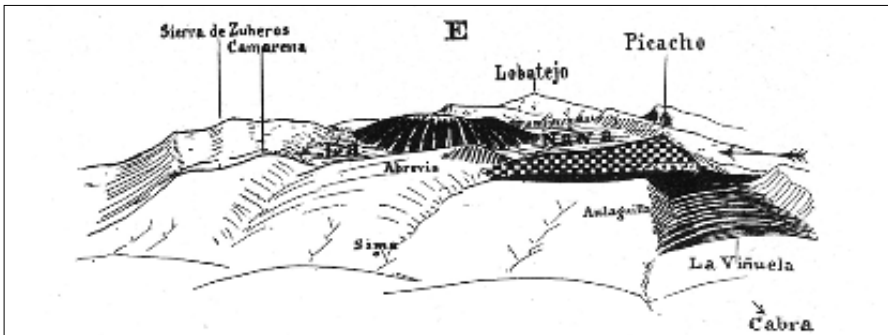


Fig. 2.—Arranque occidental del anticlinal de la Sierra de Cabra. El cuadrículado del Picacho indica el *éclage* miloítico, cretácico, a cuyo pie, sobre las margas cretácicas de La Viñuela — en obscuro — aparecen los yesos del Keuper (v v v v). En medio de La Nava — la prolongación de la ventana de La Viñuela — destaca un mogote cretácico, sombreado en obscuro. Todo lo que queda en blanco, excepto La Nava, es jurásico. La línea Lobatejo, Picacho, Cabra, señala el eje del anticlinal, con los escarpes meridionales rectilíneos. La línea Zuheros, Camarena, Abrevis, Aulaguilla, marca el estiramiento hacia el Norte, o flexión horizontal de los escarpes septentrionales de la ventana, en la que el Picacho penetra en cuña.

2. Sima de Cabra-Croquis del Arranque occidental del anticlinal de la Sierra de Cabra. Año 1928.

## El «paisaje subterráneo» en su paisaje exterior

En su trabajo denominado «Introducción a un ensayo fisiográfico y geológico de la región egabrense (Provincia de Córdoba). (Con un apéndice antropogeográfico)», publicado en 1921c, en su primera página presentó un dibujo sobre el relieve de la serranía de Cabra, donde señaló la Sima de Cabra con el punto 4 del bloque-relieve (*imagen 1*). Nuevamente, en otro artículo que versa sobre la tectónica del Macizo de Cabra; nombrado «Segunda nota acerca de la tectónica de la sierra de Cabra», publicado en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXVIII de 1928b, Carandell recreó una imagen para explicar el arranque anticlinal de la zona occidental de la Sierra de Cabra, en la que marcó la Sima de Cabra en terreno jurásico (*imagen 2*).

Entre sus apuntes *Paisajes Cársticos*, encontramos un fotomontaje de la panorámica de la región Ronda-Grazalema-Ubrique donde marcó el Complejo Hundidero-Gato y apoyó con su loca-



3. Complejo Hundidero Gato-Panorámica Ronda-Grazalema-Ubrique. Año desconocido.

lización en mapa topográfico (*imagen 3 y portadilla*). Aquella cavidad evocó en Carandell un sentimiento de misterio. En su viaje en tren desde Ronda a Algeciras, para visitar Gibraltar, al mirar por las ventanas de su vagón, Carandell pensó y escribió:

«La cinta de indescriptibles paisajes va a comenzar. Próximos ya a Benaoján aparece por la derecha una gran caverna que vomita, espumeantes, las aguas de un río valclusiano típico, el Gaduares, que allá en lo alto, en Mures, taladra pro-

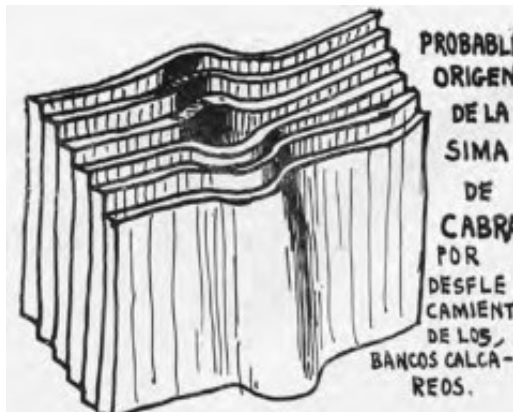


funda sima y recorre más de 5 kilómetros por qué sé yo que misterioso cauce subterráneo».

Texto encontrado en su artículo de la excursión escolar «En la Penibética» publicado en dos ocasiones; la primera en *Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo*, núm. 115, julio 1923, 125-129 y núm. 116, agosto de 1923, 145-149; y la segunda, en el periódico *El Sol de Antequera*, núm. 279, de 28 de octubre de 1923, 2-3; núm. 280, de 4 de noviembre de 1923, 3; núm. 281, 11 de noviembre de 1923, 3 y núm. 282, 18 de noviembre de 1923, 2. Esta misma narrativa fue editada en formato facsímil por la propia Fundación «Aguilar y Eslava» en julio de 2011 con motivo de la celebración en Cabra de las V Jornadas de Institutos Históricos Españoles. De igual modo existe referencia a esta excursión en la Memoria del curso académico de 1922-1923 del Instituto General y Técnico del Aguilar y Eslava que aún conserva la Fundación «Aguilar y Eslava» (Luque-Valle, 2017).

## El «paisaje subterráneo» como objeto de estudio

En el ámbito de estudios científicos cuyo objeto de estudio son las cavidades debemos señalar la siguiente cronología. En octubre de 1914, junto a su maestro y amigo Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan marcharon al pueblo de San Román del Concejo de Candamo (Asturias) con el ánimo de realizar unos calcos de las pinturas paleolíticas existentes en la Caverna de la Peña de San Román. Los hallazgos de su estudio fueron publicados bajo el título «Investigaciones prehistóricas en la caverna de la Peña, San Román (Asturias)» en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XIV año 1914, 457-459. En-



5. Croquis de la interpretación del origen de la Sima de Cabra. Año 1925.

tre sus aportaciones científicas apuntaron algunos motivos geológicos de la formación de la cavidad, levantaron el plano de la caverna y realizaron los calcos de dichas pinturas.

En la primavera de 1922 Carandell con su alumnado realizaron la primera exploración científica que se conoce hasta el momento de la Cueva de los Murciélagos de Zuheros (Luque-Valle, 2018). Pretendieron buscar pinturas rupestres o vestigios arqueológicos (que no encontraron), recogieron muestras de espeleotemas y algún que otro murciélago para su estudio -posiblemente algunos de los que existen en el Museo «Aguilar y Eslava» sean lo capturados en aquella actividad (Luque-Valle, 2016)-. El artículo denominado «La Cueva de los Murciélagos de Zuheros» y publicado en el rotativo local *El Popular*, núm. 1.042, 6 de julio de 1938, 7-8, nos revela dicha información.

En la década de los veinte del siglo XX, Carandell publicó diversos artículos en los que nos descubrió su interpretación de la génesis de la Sima de Cabra (Luque-Valle, 2015). El primero de ellos, fue publicado en *Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo*, núm. 85, enero de 1921, 1-3 bajo el título de «Paisajes de Andalucía. La Sima de Cabra»; cuya reproducción la encon-





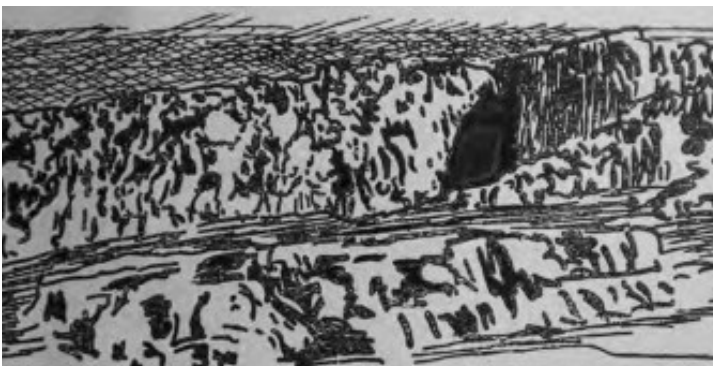
6. Excursión escolar a la Sima de Cabra. Año 1925.

tramos en el periódico local *La Opinión*, núm. 465, 27 de febrero de 1921, 2. En este primer trabajo, dejó bien claro que las opiniones que presuponían la intervención humana en el origen de este pozo estaban fuera de lugar, y que su formación era debida a la suma de diversas circunstancias propias de la naturaleza. Señalando como primera causa, por encima de la litología, a la tectónica. Esta teoría fue defendida en su trabajo denominado «Introducción a un ensayo fisiográfico y geológico de la región egabrense (Provincia de Córdoba). (Con un apéndice antropogeográfico)», publicado en 1921c. Años más tarde, este

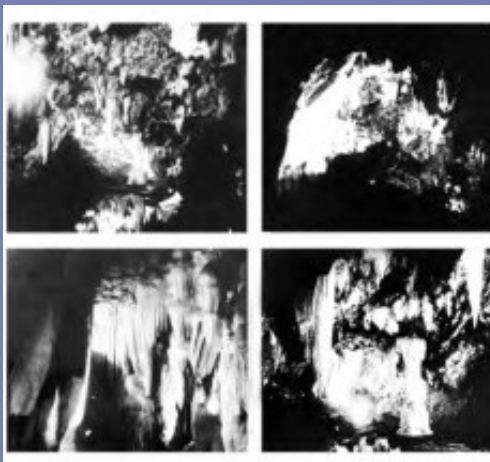
investigador en su conferencia leída el día 31 de marzo de 1925 en el Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Córdoba (Diario Córdoba, 1925) defendió la sierra de Cabra como centro geográfico de Andalucía, cuya publicación titulada «La sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía» apareció en el *Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba*, núm. 14, octubre-diciembre de 1925, 351-3741; que constituyó una tirada especial para los congresistas del XIV Congreso Internacional Geológico a celebrar en 1926, presentó un gráfico (*imagen 5*) que explica el posible inicio de la Sima de

Cabra, a través del desflecamiento de los bancos calcáreos existentes en la zona.

Entre los apuntes de *Paisajes Cársticos*, citada anteriormente, aparece una fotografía de una excursión escolar a la Sima de Cabra (*imagen 6*), suponemos con alumnos de este centro educativo en la que se observan 41



7. Dibujo de la Sima de Cabra. Año 1925.



GRUTA DE LAS MARAVILLAS. 1929

8. Arriba izquierda: Fotografías de la cueva.

9. Arriba derecha: Corte de una galería.

10. Debajo: Croquis de galerías.



Corte de una galería de la Cueva de las Maravillas. línea de fractura o disclasas buzando hacia el NE



Mitad antigua de la Gruta de las Maravillas. La segunda porción descubierta en Septiembre de 1927 y a punto de enlazarse con aquella, completará el romboide por la parte inferior de este plano

personas alrededor de la boca; desconociendo la fecha de la misma, aunque abogamos que debió ser de 1925 o anterior, ya que el dibujo que acompaña a la fotografía fue publicada en 1925 en el pliego 355 de su conferencia-artículo “La sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía” enunciado anteriormente, apareció esta imagen en el pliego 355, igualmente reproducida en la página 2 del quinquenario *La Opinión*, núm. 748, 18 de julio de 1926

y en la hoja 6 de *La Opinión*, núm. 2944, 17 de febrero de 19852. Pero que al no tener ningún título ni estar relacionado directamente con ningún párrafo donde se nombre el abismo egabrense, pasará desapercibido para el lector; fue Luque-Valle (2015) quién le puso significado a dicho dibujo (*imagen 7*). Al pie del croquis su autor escribió lo siguiente:

«Sima de Cabra.- Citada por Cervantes

en Don Quijote, parte 2.<sup>a</sup>, cap. 14.- Tiene unos 114 metros de profundidad, es vertical, y mide unos 15 de circunferencia. Parece originada por una falla. Tiene cavidades hondas a los lados y cerca del fondo mana a veces agua.- Está situada a 1 km. Al E. de la vía férrea de Linares a Puente Genil, frente al kilómetro 37, y a 5 de Cabra».

Estas mismas cifras las aportó en su artículo «Paisajes de Andalucía. La Sima de Cabra», publicado en la revista *Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo*, núm. 85 en enero de 1921, 1-3 y en el rotativo *La Opinión*, núm. 465, 27 de febrero de 1921, 2. Sin embargo, en su trabajo «Introducción a un ensayo fisiográfico y geológico de la región egabrense (Provincia de Córdoba). (Con un apéndice antropogeográfico)» de 1921c, habla de unos 113 metros de profundidad y unos 7 metros de circunferencia en la boca. Estas medidas nos plantean varios interrogantes: en un primer momento, habría que cuestionarse si Carandell ¿midió la Sima de Cabra?, en ningún lugar se afirma que él mismo sondeara la cavidad, como sugirieron Fernández y Plana (1968 en Plana, 1998; en Luque-Valle, 2015); sin embargo, Soca (1965, 58) escribió: «Don Juan Carandell, que, sin descender al fondo, obtuvo la cifra de 113 metros». Así pues, este dato tuvo que obtenerlo de algún modo y dado que la literatura anterior a Carandell no aporta esta longitud, la que más se acerca es la de 114 metros de la exploración de 1841 de los Sres. Torres y Fernández (Luque-Valle, 2015). Se puede pensar que efectivamente realizara tales mediciones. Por otro lado, si así fue, ¿por qué no explica en ninguno de sus textos el método para obtener tales números?

En julio de 1928 Carandell con su alumnado del Instituto Segunda Enseñanza de Córdoba realizaron un viaje escolar a la Gruta de las Maravillas de Aracena (Huel-

va), según publica en el *Diario de Córdoba*, núm. 27712, 21 de julio de 1928, 2, bajo el título «La Gruta de las Maravillas en Aracena. Su origen, sus bellezas». En su artículo de divulgación aprovechó para compararla con las Cuevas del Drach (Mallorca) y Altamira (Asturias), cavidades que debió conocer, al mismo tiempo que aportó algunas nociones geológicas y geomorfológicas de dicha cavidad, nos describió algunas salas de la gruta y enumeró algunos nuevos descubrimientos en la cueva.

No obstante, su valiosa aportación científica (desde la geología) la hizo en su publicación «La Caverna de las Maravillas en Aracena (Huelva)», en la revista *Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo*, núm. 183, marzo de 1929, 63-68; acompañado por gráficos y fotografías propias. La parte final de su artículo lo dedicó a la descripción de la cavidad: sus galerías, sus mantos lacustres (Zafiro, Esmeralda, La Tragedia y Baño de la Sultana o de Zulima) y su variedad de espeleotemas (*imágenes 8, 9 y 10*).

## El «paisaje subterráneo» de las minas

Gracias a diversas notas de prensa rubricadas por el propio Carandell, conocemos que dedicó varias excursiones escolares a visitar minas a cielo abierto y/o subterráneas. Entre ellas, es muy probable que también visitara algunas minas a cielo abierto tan abundantes en las Sierras de Cabra con el objeto de su estudio y/o enseñanza desde los ámbitos geológico o geomorfológico, pero no tenemos constancia documental de ello; en cambio, si conocemos la visita a la Cantera de los Frailes y su entorno, pero desde el ámbito paleontológico (Carandell, 1921c y 1926a; El Reporter X, 1926 y La Voz, 1926).

Del día 20 al 26 de marzo de 1925 un



grupo de 12 alumnos más tres profesores (González-Meneses, Carandell y Gálvez), realizaron «Excursión escolar a Córdoba, Sevilla, Huelva y Riotinto»; según publicó Carandell en *El Popular* núm. 346, 15 de abril de 1925, 1; núm. 347, 22 de abril de 1925, 1; núm. 348, 29 de abril de 1925, 1 y núm. 349, 6 de mayo de 1925, 1. Como preparación a dicho viaje escolar, diéronseles previamente varias conferencias preparatorias de lo que los escolares verían y visitarían. El quinto y sexto día del viaje estuvieron por Riotinto. Desde Huelva partieron a las ocho de la mañana en dos coches a la cola del convoy de tolvas vacías, salvo algunos cargadas de hierro viejo (Carandell, 1925b, 1), acompañados por un nutrido grupo de alumnos y los profesores D. Ricardo Terrades (director) y D. José Pulido (secretario) del instituto de Huelva. Como apunte curioso, señalar que en la parada en Niebla al grupo egabrense les regalaron fósiles miocenos de las canteras próximas nos dice Carandell (1925b), que fueron: dientes de esqualos, clipeástridos, pectens, ostreas, conus, lucinas, etc. El paisaje de ascenso hasta Riotinto fue una excusa para ir Carandell aleccionando a sus pupilos, hasta al fin llegar al *país de los hombres-topos* (Carandell, 1925c, 1). Su visita pasó por los tanques de cementación y después los hornos Beessemer discurriendo por cada uno de sus elementos de producción. La imagen vista y la experiencia vivida por aquel grupo debió ser dantesca a tenor de las palabras escritas por el profesor:

«La atmósfera es allí irrespirable; los operarios tienen cara macilenta, son viejos prematuros, trabajan con el pañuelo atado a modo de mordaza. El viento, aquel día, no arrastraba los gases asfixiantes, que nos impedían respirar. Y pensábamos, poco más o menos, así: trabajadores: seáis lo que seáis, vengáis de dónde vengáis (lo mismo que nosotros seamos

y vengamos), ganada tenis la gloria, la inmortalidad del alma en el cielo; porque, como Cristo dijo, bienaventurados son los que padecen todas las hambres, todos los sacrificios, todos los sufrimientos. ¿Qué vida será peor: la del mísero labriego, la del pescador o la del operario de las minas y de los hornos?... Qué himno a Dios misericordioso el que allí veíamos, himno hecho de carne y de horror, nó de sillares labrados por artífices, nó de sinfonías arrancadas a órganos suntuosos, nó de inciensos perfumados, nó de pedrerías en que la luz se estrella en cambiantes multicolores. Allí hubimos de vivir la vida del hombre esclavo de la máquina y del crisol gigantesco, donde la química hace en grande las reacciones de un pedazo de mineral colocado en la excavación del carbón de pino, bajo la llama reductora del soplete, efectuadas en cátedra, en el tranquilo ambiente de la cátedra. Esos hombres están redimidos y ocuparán la diestra de Dios. Pues ¡qué éramos nosotros allí, sino los descontentos y murmuradores de la vida, de una vida que entonces se nos transfiguraba en un continuo regalo! Profanábamos con nuestros trajes gentiles y con nuestros rostros delicados aquel templo del dolor, aquel infierno digno de los cantos del Dante, de los aguafuertes de Gustavo Doré, y de la historia trágica de «Jack», el héroe novelesco de Alfonso Daudet.» (Carandell, 1925c, 1).

Al día siguiente recorrieron propiamente la zona minera, las «cortas», momento especialmente dedicado a la interpretación geológica del terreno y a afianzar los conocimientos previamente estudiados en clase. Aprovecharon para pasear por aquellas tierras, visitando el archivo arqueológico y galerías antiguas abiertas por romanos, se adentraron en las entrañas de diversas «cortas»: Corta norte, Corta del

lago, etc. y, finalmente escucharon las enseñanzas de Mr. Browning, responsable de las minas de Riotinto.

Con el Instituto de Córdoba, en el curso 1927-1928 se continuó con el programa de excursiones científicas al *cielo minero* (Carandell, 1928d, 3). Empezó por las minas de plomo de Linares (Jaén), tan solo conocemos este dato a través de la publicación de su excursión a las minas de Peñarroya Pueblo (Carandell, 1928d). Más tarde, el lunes 23 de enero de 1928, visitó con alumnado y colegas las minas de cinabrio-mercurio de Almadén (Ciudad Real), según apareció en la publicación firmada por Carandell «La vida escolar del Instituto de Córdoba. La Cátedra de Historia Natural visita las minas de Almadén» en el *Diario de Córdoba*, núm. 27561, 25 de enero de 1928, 1. En ésta pasaron por todos los elementos propios de la factoría: los picadores, hornos, laboratorio, bodega, laboratorio y mina. Como escribiera el propio docente «ir a Almadén sin bajar al pozo 13 habría sido casi una profanación de aquellos lugares por quien se precia de geólogo y naturalista» (Carandell, 1928a, 1). Su incursión a las entrañas de la tierra, a 350 metros de profundidad, fue toda una oportunidad para enseñanzas y aprendizajes.

Al siguiente año escolar, concretamente el domingo 11 de noviembre de 1928 fueron de excursión a la cuenca minera de Peñarroya Pueblonuevo, según se describe en su artículo «Viaje escolar a Peñarroya Pueblonuevo» del *Diario de Córdoba*, núm. 27812, 15 de noviembre de 1928, 3 y núm. 27813, 16 de noviembre de 1928, 2. Tras la oportuna visita al cerco industrial de la S.M.M.P. (Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya) y la visita al Instituto de esa localidad, los excursionistas finalizaron su viaje con una parada en las instalaciones de la boca mina de hulla llamada Antolín.

## Conclusiones

En su trayectoria científica y docente, concede importancia a las cavidades. Habida cuenta de su interés por situar las cavidades más importantes en diversos tours d'horizon o panorámicas fotográficas, a sus diversos trabajos científicos al respecto y a ser parte importante de sus «viajes escolares» desde su Cátedra de Historia Natural en los dos centros educativos en los que ejerció.

De los trabajos que publica, se observa que el autor es conocedor de otras cavidades españolas con las que compara.

Aunque su interés principal por visitar el mundo hipogeo eran las circunstancias geológicas, se aprecia cierta preocupación por la vida del cavernícola a través de la búsqueda de vestigios prehistóricos

## Notas

1. El Boletín de la Real Academia de Córdoba, de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes, núm. 11, enero-marzo de 1925, que erró en la fecha al indicar que fue el 10 de marzo de 1925. La noticia de tan notable conferencia apareció en el Diario de Córdoba, núm. 26724, 1 de abril de 1925, 1; bajo el título de «Una notable conferencia».

2. Igualmente fue comentado por el profesor Antonio López Ontiveros (1993).

## Bibliografía

- BRAC (1925). **Noticias**. Boletín de la Real Academia de Córdoba, de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes, núm. 11, enero-marzo de 1925, 123-124.
- Cabello, E. (1938). La «Cueva de los Murciélagos» de Zuheros. El Popular, núm. 1042, 6 de julio de 1938, 7-8.
- Carandell, J. (1921a). **Paisajes de Andalucía. La Sima de Cabra**. Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo, núm. 85, enero de 1921, 1-3.
- Carandell, J. (1921b). **Paisajes de Andalucía. La Sima de Cabra**. La Opinión, núm. 465, 27 de febrero de 1921, 2.
- Carandell, J. (1921c). **Introducción a un ensayo fisiográfico y geológico de la región egabrense (Provincia de Córdoba)**. (Con

- un apéndice antropogeográfico). Cabra: Cátedra de Historia Natural del Instituto General y Técnico de Cabra (Córdoba).
- Carandell, J. (1923a). **En la Penibética**. Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo, núm.115, julio 1923, 125-129.
- Carandell, J. (1923b). **En la Penibética**. Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo, núm. 116, agosto de 1923, 145-149.
- Carandell, J. (1923c). **En la Penibética**. El Sol de Antequera, núm. 279, de 28 de octubre de 1923, 2-3.
- Carandell, J. (1923d). **En la Penibética**. El Sol de Antequera, núm. 280, de 4 de noviembre de 1923, 3.
- Carandell, J. (1923e). **En la Penibética**. El Sol de Antequera, núm. 281, 11 de noviembre de 1923, 3.
- Carandell, J. (1923f). **En la Penibética**. El Sol de Antequera, núm. 282, 18 de noviembre de 1923, 2.
- Carandell, J. (1925a). **Excursión escolar a Córdoba, Sevilla, Huelva y Riotinto**. El Popular, nº. 346, 15 de abril de 1925, 1.
- Carandell, J. (1925b). **Excursión escolar a Córdoba, Sevilla, Huelva y Riotinto**. El Popular, núm. 347, 22 de abril de 1925, 1.
- Carandell, J. (1925c). **Excursión escolar a Córdoba, Sevilla, Huelva y Riotinto**. El Popular, núm. 348, 29 de abril de 1925, 1.
- Carandell, J. (1925d). **Excursión escolar a Córdoba, Sevilla, Huelva y Riotinto**. El Popular, nº 349, 6 de mayo de 1925, 1.
- Carandell, J. (1925e). **La sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía**. Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba, núm. 14, octubre-diciembre de 1925, 351-374.
- Carandell, J. (1926a). **La sierra de Cabra. Excursión a Los Lanchares y al Picacho, excursión A-5**. En Novo, P.; Carbonell, A.; Carandell, J. y Gómez Lluca, F. (coords.) De Sierra Morena a Sierra Nevada (reconocimiento orogénico de la región bética). XIV Congreso Geológico Internacional (37-73). Granada: Caja General de Ahorros de Granada.
- Carandell, J. (1926b). **La sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía**. La Opinión, núm. 748, 18 de julio de 1926, 2.
- Carandell, J. (1928a). **La vida escolar del Instituto de Córdoba. La Cátedra de Historia Natural visita las minas de Almadén**. Diario de Córdoba, núm. 27561, 25 de enero de 1928, 1.
- Carandell, J. (1928b). **Segunda nota acerca de la tectónica de la sierra de Cabra**. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, tomo XXVIII, 75-77.
- Carandell, J. (1928c). **La Gruta de las Maravillas en Aracena. Su origen, sus bellezas**. Diario de Córdoba, núm. 27712, 21 de julio de 1928, 2.
- Carandell, J. (1928d). **Viaje escolar a Peñarroya Pueblonuevo**. Diario Córdoba, núm. 27812, 15 de noviembre de 1928, 3.
- Carandell, J. (1928e). **Viaje escolar a Peñarroya Pueblonuevo**. Diario Córdoba, núm. 27813, 16 de noviembre de 1928, 2.
- Carandell, J. (1929). **La Caverna de las Maravillas en Aracena (Huelva)**. Peñalara. Revista Ilustrada de Alpinismo, núm. 183, marzo de 1929, 63-68.
- La Opinión (1985). De Carandell, J. **La sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía**. La Opinión, núm. 2944, 17 de febrero de 1985, 6.
- Fundación Aguilar y Eslava (2011). De Carandell, J. **En la Penibética. En Fundación Aguilar y Eslava**, V Jornadas de Institutos Históricos Españoles, I.E.S. «Aguilar y Eslava», 6 al 8 de julio de 2011 en Cabra. Cabra: Fundación «Aguilar y Eslava».
- Diario de Córdoba, (1925). **Una notable conferencia**. Diario de Córdoba, núm. 26724, 1 de abril de 1925, p.1.
- El Reporter X (1926). **La visita a Cabra y a su sierra de la excursión científica del XIV Congreso Geológico Internacional**. El Popular, núm. 403, 19 de mayo de 1926, 2.
- García García, J.; López Ontiveros, A. y Naranjo Ramírez, J. (2007). **Vida y obra del Geólogo y Geógrafo Juan Carandell Pericay (1893-1937)**. Córdoba: Diputación de Córdoba y Universidad de Córdoba.
- Guzmán Moral, S.; García García, J.; García Rojas, A.M. y Naranjo Ramírez, J. (2016). **El archivo del paisaje Juan Carandell -geógrafo, geólogo y docente.** Cabra: Fundación Aguilar y Eslava.
- Hernández-Pacheco, E. y Carandell y Pericay, J. (1914). **Investigaciones prehistóricas en la caverna de la Peña, San Román (Asturias)**. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, tomo XIV año 1914, 457-459.
- La Voz (1926). **Viaje de Estudio. La estancia de los congresistas geológicos en Cabra**. La Voz, núm. 2249, 20 de mayo de 1926, 6.
- López Ontiveros, A. (1993). **Comentarios a «La Sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía» de Don Juan Carandell Pericay**. Estudios Regionales, núm. 35, 251-289.
- Luque-Valle, P. (2015). **La Sima de Cabra. Un abismo lleno de leyendas, literatura, eventos, naturaleza y espeleología**. Cabra: Asociación Grupo para el Desarrollo Rural de la Subbética Cordobesa.
- Luque-Valle, P. (2016). **Los murciélagos del Museo Aguilar y Eslava**. La Opinión de Cabra. <http://www.laopiniondecabra.com/ampliar.php?sec=especiales&sub=colaboraciones&art=1214>.
- Luque-Valle, P. (2017). **Grazalema, un lugar visitado por Juan Carandell y sus alumnos de Cabra**. La Opinión de Cabra. <http://laopiniondecabra.com/ampliar.php?sec=especiales&sub=colaboraciones&art=1307>.
- Luque-Valle, P. (2018). **Cueva de los Murciélagos (Zuheros-Córdoba), 1938 año de su descubrimiento. Historia de sus exploraciones y exploradores**. Cabra: Museo Arqueológico de Cabra.
- Soca, J. (1965). **Perfil del pueblo de Don Juan Valera**. Mundo Hispánico, núm. 210, septiembre de 1965, 55-58.





Esqueleto momificado de quiróptero. (Emilio Carrillo . Grupo Espeleológico G40)

**RAFAEL BERMÚDEZ CANO**

Grupo Espeleológico G40  
rbermudezcano1@correo.ugr.es

## **Evolución historiográfica de la colonia de quirópteros de la Cueva de los Murciélagos (Zuheros. Córdoba)**

## Resumen

Desde que en 1868 Manuel de Góngora y Martínez mencionara en su libro *Antigüedades Prehistóricas de Andalucía* la presencia de quirópteros en la Cueva de los Murciélagos de Zuheros, muchas han sido las alusiones a la presencia de ejemplares en su interior. El presente artículo realiza un recorrido historiográfico al respecto, entrecruzando datos científicos e históricos, junto a otras aportaciones de interés. Se concluye afirmando que pudiésemos hallarnos ante el ejemplo mejor documentado y contrastado de la pérdida a lo largo del tiempo de una gran colonia de murciélagos cavernícolas en España.

Por otro lado, se pretende contribuir al conocimiento de la existencia y evolución de dicha colonia, que adolece en la actualidad de falta de información histórica.

**PALABRAS CLAVE:** Cueva de los Murciélagos de Zuheros, extinción biológica, España, pérdida de biodiversidad, recorrido historiográfico.

## Introducción

A la hora de bautizar las cavidades andaluzas, ha venido siendo usual la utilización de denominaciones recurrentes entre las que podríamos citar: Cueva del Agua, en referencia a la existencia del líquido elemento o su posible existencia; Cueva del Aire o del Viento, que suele hacer alusión a corrientes de aire detectables en sus bocas, o a un gradiente térmico existente entre el exterior e interior; Cueva del Moro, asociada a leyendas conectadas con nuestro pasado islámico; o Cueva del Tesoro, donde igualmente entran en juego las leyendas, en este caso las que nos hablan de oculta-

ciones de algún tipo de bien preciado en momentos de inestabilidad, que nunca pudo ser recuperado.

Los mamíferos voladores, cuya representación esquemática está presente en gran parte del logotipo de los clubes espeleológicos españoles, también han dado pie a la denominación popular o espeleológica de gran cantidad de cavidades, como es el caso de la que nos ocupa. Y así tenemos nombres en alusión directa a ellos como cueva de los «Murciélagos», «Morceguillos», «Morciguillos», «Morcegallos» o «Vampirillos». Al referirnos al excremento que depositan en el interior de las salas que albergan sus colonias, nos encontramos con cueva de la «Murcielaguina», del «Guano» o de la «Morciguilla». Todos ellos los vemos repartidos por diferentes términos municipales de Andalucía, ya sea en cuevas, simas, abrigos o cavidades artificiales.

En total hemos contabilizado hasta un total de 39 cavidades de entre las conocidas en el ámbito de la espeleología andaluza. Pero de seguro que existen más topónimos que se utilicen de manera popular. Casi todas ellas son naturales, con la excepción de la denominada Cueva de los Murciélagos o Peñatejada; se trata ésta de una cantera de extracción de carretales de piedra iniciada en época romana. Según el conocimiento adquirido, ya sea por nuestra propia experiencia espeleológica o por la contrastada por parte de espeleólogos de otras provincias, la gran mayoría contaron o cuentan con la presencia de quirópteros.

Las provincias de Jaén, Córdoba, Málaga y Granada son las que mayor extensión de terreno kárstico atesoran. Por ello cuentan con mayor número de cavidades, y por ende con más número de los topónimos en cuestión. A ello también habríamos de sumar el hecho de que han contado históricamente con mayor actividad espeleológica.

<b>RELACIÓN DE CAVIDADES CON NOMBRES RELACIONADOS CON LOS MURCIÉLAGOS</b>		
<i>Término Municipal</i>	<i>Sierra o Paraje</i>	<i>Denominación</i>
<b>CÓRDOBA</b>		
Córdoba	Cerro del Aulagar	Cueva de los Murciélagos o Peñatejada
Córdoba	Embalse de S. Rafael de Navallana	Cueva de los Murciélagos o Los Ladrones
Priego de Córdoba	Sierra Horconera	Cueva de los Murciélagos
Priego de Córdoba	Sierra Cristina	Cueva de la Murcielaguina
Rute	Cerro del Morrón Grande	Cueva de los murciélagos o Cueva Roja
Zuheros	Cerro de los Murciélagos	Cueva de los Murciélagos o de Zuheros
Zuheros	Cerro de los Murciélagos	Sima de los Murciélagos o Sima José
<b>GRANADA</b>		
Albuñol	Barranco de las Angosturas	Cueva de los Murciélagos
Alhama de Granada	Sierra de la Almirajara	Cueva de los Murciélagos
Colomera		Cueva de los Murciélagos
Iznalloz		Sima de la Murcielaguina
Alpujarra de la Sierra		Cueva de los Morcegallos
<b>MÁLAGA</b>		
Carratraca	Sierra Alcaparaín y Aguas	Sima los Murciélagos o de la Curra
Gaucín	Peñón del Castillo	Cueva de los Murciélagos I
Gaucín	Peñón del Castillo	Cueva de los Murciélagos II
Alozaina	Peñón del Jorox	Cueva de la Murcielaguina o Algarrobo
Córtes de la Frontera	Cerro de las Motillas	Sima de la Murcielaguina
Córtes de la Frontera	Cerro de las Motillas	Abrigo de la Murcielaguina
Ronda		Cueva los Vampirillos o de la Chorrera
<b>JAÉN</b>		
Hinojares		Sima de los Murciélagos
Valdepeñas de Jaén		Sima de los Murciélagos
Mancha Real		Cueva de los Murciélagos
Hornos		Cueva de la Murcielaguina
Hornos		Sima de la Murcielaguina
Hornos		Complejo Murcielaguina (conex. anteriores)
Hornos		Sima del Guano
Villacarrillo		Cueva de la Morciguilla
Santisteban del Puerto		Cueva de la Morciguilla
Santisteban del Puerto		Abrigo de la Morciguilla de Cepera
Castillo de Locubín	Cerro de la Camuña	Cueva de la Murcielaguina
Quesada		Cueva de los Morceguillos
<b>CÁDIZ</b>		
El Bosque		Cueva de los Murciélagos
Villa Martín		Cueva los Murciélagos o del Búho
<b>ALMERÍA</b>		
Benahadúx	Pico Blanco	Cueva de los Murciélagos
Nuar		Cueva de los Murciélagos
Liar		Cueva de los Murciélagos o Morceguillos
Bacares		Cueva de los Morceguillos
<b>SEVILLA</b>		
San Nicolás del Puerto	Sierra Norte	Cueva de los Murciélagos
<b>HUELVA</b>		
Niebla		Cueva de los Murciélagos

## Historiografía de los quirópteros de la Cueva de los Murciélagos

La Cueva de los Murciélagos de Zuheros podría considerarse como el caso mejor documentado y contrastado, con gran extensión temporal, de la pérdida de una gran colonia de murciélagos en España. Lo acaecido en la misma, por analogía, podría extrapolarse a otras cavidades de las que tan sólo contamos con testimonios o documentos puntuales.

La importancia de la gran concentración de ejemplares de quirópteros se ve reflejada no sólo en su denominación, sino en el hecho de que originase igualmente el topónimo de la sierra en la que se encuentra: el «Cerro de los Murciélagos». Este dato aparece en la prensa provincial en 1884, al referir una subasta donde es vendido como dehesa (Diario Córdoba, 1884), pero se presupone de mucha más antigüedad.

La primera referencia escrita que nos indica la denominación de la cavidad, en alusión a los quirópteros y la gran cantidad que poblaba su interior, la tenemos en la obra de 1868 titulada «Antigüedades prehistóricas de Andalucía»; del que es autor el que ha venido en denominarse por algunos como padre de la Prehistoria andaluza, Manuel de Góngora y Martínez: «...y la de los Murciélagos, casi un cuarto de legua al Este, en la cañada de los Malos-Vientos. Forman su entrada y boca una apariencia de agiméz sostenido por rudo muñón, en medio el suelo muy pendiente y resbaladizo; la capacidad grandísima; la bóveda, cubierta de estalactitas y estalagmitas; recortados arcos á manera de bambalinas de teatro; montecillos que se elevan aquí y allí; repugnante la suciedad de la murcielaguina;



IMAGEN 3: «Sala de las Formaciones». Cueva de los Murciélagos. Zuheros. (Emilio Carrillo . Grupo Espeleológico G40)

racimos de estos animales pendientes del techo y sin cesar chirriando...».

(Góngora, 1868: 61).

Una vez estudiado el libro y su contexto histórico, lanzamos la hipótesis de que el fragmento arriba inserto está realizado bajo la pluma de Aureliano Fernández Guerra. Hipótesis apoyada en varios hechos: en la amistad establecida entre ambos autores, que el propio Góngora señala en su libro, y que lo lleva a conocer Zuheros y su interés arqueológico; en el hecho de que Fernández Guerra esté afincado en dicha villa y conozca el terreno en sus muchas excursiones por la zona; y en la propia redacción del texto en relación con el resto de la obra.

Una leyenda negra ha envuelto a los murciélagos desde tiempos inmemoriales. Valga como ejemplo este párrafo que se recoge a la hora de realizar un recorrido histórico sobre los mismos:



«Siempre fue objeto de horror entre nosotros, y considerado como hijo del Infierno, pintándose á Lucifer con sus grandes expansiones membranosas». (Martínez,1881: 12).

Las connotaciones negativas, en particular seguían nutriéndose en el siglo XIX con los «bulos y consejas del vulgo». Entre ellas se encontraba la creencia, que siguió latente hasta bien entrado el siglo XX, de la irrespirabilidad del aire originada por la presencia de murciélaguina. Los efluvios y el hedor que transmitía en las salas donde se acumulaba en grandes cantidades, junto al carácter hermético de los antros subterráneos, la provocaba. La ignorancia, el desconocimiento, y el peligro de posibles accidentes alentaba su propagación y mantenimiento. Fueron refrenándose así posibles exploraciones que alcanzaran las zonas más profundas, pudiendo conectar así físicamente las dos entradas, hecho que no acaeció hasta finales de la década de los 30 del pasado siglo. Si ello ocurrió en algún momento con anterioridad nadie dejó constancia de ello en su interior, ni huella en el acervo popular.

Dentro de este marco, nos encontramos en la década de los años 20 del pasado siglo con la cueva como marco docente. Juan Carandell y Pericay, eminente geólogo, explicaba a sus alumnos del Instituto Aguilar y Eslava de la cercana ciudad de Cabra nociones de Ciencias Naturales, a la vez que la exploraban y buscaban en ella vestigios arqueológicos. El siguiente texto, que nos remite a una visita efectuada en 1922, no sólo nos habla de la respirabilidad del aire, sino que también alude a la presencia de quirópteros que eran capturados con fines académicos:

«El doctor Carandell nos llevaba a la gru-



IMAGEN 2: «Gran Salón» de la Cueva de la Murciélaguina. Priego de Córdoba. (Emilio Carrillo. Grupo Espeleológico G40)

ta conocida por la cueva de los Murciélagos situada casi en camino inaccesible, en la cumbre de la árida sierra de Zuheros, para ver si encontrábamos alguna pintura rupestre o vestigios de vida en la época prehistórica, en aquella gruta de formación natural. Pero como no fue posible encontrar las pinturas rupestres que buscábamos, ni los elementos de disponíamos, ni el tiempo podían prolongar la excursión, regresamos a Cabra trayéndonos las estalactitas y varios ejemplares de gigantes murciélagos que dan nombre a la gruta, para hacerle la disección y comprobar la perfecta respirabilidad del aire» (*El Popular*, 1938).

Sin entrar en detalles, encontramos referencias sobre otras exploraciones esporádicas realizadas a la cavidad, que van desde la década de los 20 del pasado siglo a mediados de los 30.

Será en 1937-1938 cuando se produzca un punto de inflexión respecto a la línea historiográfica que vamos exponiendo. Se va a producir el salto del conocimiento comarcal de la Cueva de los Murciélagos al ámbito nacional, gracias a la realización en la misma de investigaciones sobre qui-

rópteros, y exploraciones espeleológicas minuciosas. Éstas darán a conocer, a través de diversas publicaciones y artículos, su colonia de murciélagos, su oculto interés arqueológico y la belleza que le aportan sorprendentes espeleotemas.

Luís Nájera Angulo, ilustre médico que destaca en el campo de la salud pública y en la investigación, realiza varias visitas a la cavidad, dejando constancia tan sólo en sus artículos de dos fechas al respecto: 25 de diciembre de 1937 y 29 de noviembre de 1944. Su objetivo principal era la captura de murciélagos para realizar estudios relacionados con la denominada «fiebre recurrente mediterránea». Con el rigor científico que lo caracterizaba, no sólo define las especies de quirópteros que captura, sino el número muy aproximado que conforma la colonia, lo que además constituye una rareza para los trabajos que se realizan en estas fechas a nivel mastozoológico centrados en murciélagos; también realiza estudios morfológicos y de relaciones de convivencia entre especies. Refiere en su visita de 1937 la existencia de una colonia de invierno en masa única compuesta por 12.000 ejemplares. Los sitúa en una zona de la conocida como Cueva Chica (llamada precisamente Sala de los Murciélagos), en un «anchurón» situado a unos 20 metros de profundidad, por lo que los trabajos de Nájera constituyen el primer estudio científico realizado en la Cueva de los Murciélagos de Zuheros. Sus publicaciones van más allá de un mero interés académico, como fue el caso de Carandell, ligado a alguna disciplina de las que en aquel tiempo ya se estilaban en el campo de las ciencias en boga.

Pero no será hasta un año más tarde cuando se lleve a cabo el descubrimiento de las galerías inferiores, a la vez que su valor arqueológico y belleza natural, lo que provoca su interés mediático a nivel nacional. El 29 de abril y el 2 de mayo de

1938 se realizan las exploraciones. Diversos medios señalan como protagonistas a varios oficiales del ejército destacados en Baena durante el conflicto bélico que asoló España entre 1936 y 1939. Trascienden los nombres de Rafal Naranjo Morales, Ricardo Bárcena, y Francisco Segovia García (AZUL, 1938: 4), pero no se menciona el del también oficial Manuel Fernández Romero, zuhereño y por lo tanto conocedor del terreno, y los ayudantes de los citados militares, cuyos nombres cayeron en el olvido. Años después, al describir la gesta, uno de ellos aludiría a la presencia de miles de quirópteros y a la supuesta irrespirabilidad del aire ya citada:

«Muy cerca de la Atalaya, visitamos la Cueva de los Murciélagos: una gran oquedad habitada por miles de aquellos vespertiliónidos, cuyo estiércol era muy apreciado por los labradores del lugar... La cueva, no obstante, su magnitud, no presentaba detalle digno de mención: pero el Padre Vallejo me señaló una falla en la roca de unos sesenta centímetros de ancha, acerca de la cual circulaban ciertas leyendas, según las cuales no se podía entrar en ella porque su atmósfera no era respirable». (Segovia, 1989: 10).

Las grandes concentraciones de los mamíferos voladores han venido siendo detectadas en las zonas cercanas a ambas bocas, y no en las inferiores, donde las huellas de su estancia son poco significativas. Ello se infiere de las manchas dejadas por su presencia continuada que se observan en los techos, en algunas paredes o en grandes bloques desplomados. Todo ello contrastado por lo que dejaron escrito sus primeros exploradores, los estudios espeleológicos realizadas por el Grupo Espeleológico G40, así como por las diversas entrevistas concertadas para la elaboración del presente artículo:

«Dedujimos también que esta Gran Bó-



IMAGEN 4: Luís Nájera Angulo durante sus investigaciones. Fotografía cedida por Rafael Nájera Morroondo

veda de Bárcena debía tener alguna comunicación directa con el exterior, y que la atmósfera había dejado de ser tan húmeda y sobre todo por haber reaparecido los murciélagos que no se habían visto en todo el complicado itinerario que habíamos seguido».

(*Segovia, 1989: 13*)

«Hace mucho tiempo siendo alcalde mi fraternal amigo don Antonio Romero, nos ofreció una comida al pie de la gruta de los murciélagos, que hacía poco tiempo había sido explorada. Las visitas frecuentes del doctor Nájera, para estudiar las reservas del virus en la sangre de los murciélagos, que se guarnecían en las primeras porciones de la gruta, le daban una aureola de iluminado y realmente tenía madera de investigador».

(*Arjona, 1973: 187-188*).

El 14 y 21 de agosto de 1938, conocidos los descubrimientos realizados por parte de los militares, se repiten las exploraciones, en esta ocasión por parte de jóvenes egabrenses acompañados del sacerdote y profesor de instituto Antonio Peña Luque. El primer día termina en una visita de tanteo, pero el segundo, seis de ellos logran llegar a las zonas bajas de la cavidad, utilizando un recorrido diferente. En esta ocasión penetran

por Cueva Grande. Van un poco más allá, descubriendo a golpe de martillo una de las zonas más significativas de la cavidad como es la Gruta de los Seis, nombre con la que ellos mismos la bautizaron. Miguel Moreno Olmedo, el mayor de ellos con diferencia (contaba con 25 años) y más experimentado en espeleología, vuelve a situar los murciélagos únicamente junto a los accesos en una nota manuscrita que conservan sus familiares:

«Durante la exploración sólo vimos murciélagos en la entrada por arriba de la montaña y en la gruta pequeña, última por donde debía entrar el hombre, a nivel del valle, entrada que después ha sido descubierta». (*Luque, 2016: 135*).

Las huellas detectadas, o presencia de ejemplares en la zona comprendida entre la Sala del Fémur y Laberinto Superior parecen ir en contra de dicha afirmación, ya que en principio se muestran alejadas de la boca si seguimos los recorridos turísticos; pero en realidad tienen conexión rápida con la misma. En las paredes de esta zona se observa una pátina roja, con un espesor de varios milímetros que se atribuía a elementos inorgánicos como el hierro. Pruebas realizadas por espectroscopia infrarroja determinaron su origen orgánico, dando a conocer como elemento mayoritario de la misma el apatito (hidroxi-fosfato de calcio). Así se demostraba que dicha pátina se había formado por el arrastre de los excrementos de murciélago existentes en las salas superiores, infiltración o condensación del agua (*Mora, 2006: 61*). Procesos degenerativos de la misma, como su exfoliación, daban a entender que dicho fenómeno había sido interrumpido, presumiblemente por la desaparición de la colonia que la originaba con sus excrementos.

Cabe presumir que la relación entre el frágil hábitat de los quirópteros con la presencia antrópica hasta la década de los

años 20 del pasado siglo era poco invasiva y perturbadora, ya que se reducía a simples visitas muy esporádicas. Como ya se indicaba en los párrafos anteriores, al menos en la década de los 30 ya se producía la recogida de murcielaguina, que era muy apreciada por los labradores como fertilizante natural mezclado con otros componentes. Su eficacia la aporta la riqueza en nitrógeno y fósforo, además de contener micronutrientes y fungicidas. No sólo se utilizaba por parte de los lugareños, sino que era demandada por los hortelanos de la comarca. El acceso por Cueva Chica se amplió en la década de los 70 del pasado siglo para permitir un recorrido turístico circular. Pero con anterioridad era muy pequeño, lo que aprovechaban los recolectores de murcielaguina para cerrarlo, ocultando así su presencia con el fin de evitar que otras personas le arrebataran sus beneficios:

«...Entraban amarrados con cuerda para andar y después salir por el mismo sitio. Si no se perdían. Y después tenían preparada una mata de ulagas para tapar el agujero, para que nadie entrara después y les quitara el guano». (*Entrevista a JPM, 2020*).

El reconocimiento de la cueva como yacimiento arqueológico no hizo que terminaran las exploraciones, ni tampoco las recolecciones de guano que dañaban el registro arqueológico:

«Desgraciadamente hay también que citar entre los exploradores de esta cueva, a los buscadores de murcielaguina, que alteraron, con la recogida del abono, los perfiles arqueológicos de superficie, perdiéndose sin duda todo el material de ésta, que, a la vista de lo encontrado posteriormente, debió ser muy abundante». (*Fernández, 1967: 68*).

Una vez pasado el paréntesis ocasionado por la guerra no cesan ya las visitas. A



IMAGEN 5: miembros del GEJAM durante sus exploraciones de la cavidad. Noviembre de 1962. (*Archivos fotográficos del GEJAM*)

partir de los años 40 el más asiduo visitante fue Juan Fernández Cruz, zuhereño, farmacéutico de profesión y amante de la arqueología y la espeleología. En 1945 recibe permiso para realizar exploraciones por la Dirección General de Bellas Artes, siendo nombrado Delegado Local de Excavaciones Arqueológicas en 1954 y en 1963 alcalde de Zuheros. De manera furtiva seguían realizándose entradas a la cavidad:

«Se entraba a escondidas a la cueva sin que lo viera nadie, porque le daban el chivatazo al Ayuntamiento. Estaba prohibido entrar a la cueva ya que se estaba empezando a proteger». (*Entrevista a JPM, 2020*).

A principios de los cuarenta Julio Martínez Santa Olalla, quien fuese director del Museo Arqueológico Nacional, a través de Fernández Cruz se interesa por los yacimientos del nombrado como «Neolítico Andaluz de Córdoba». Visita la Cueva de los Mármoles en Priego de Córdoba (en la que realiza una intervención arqueológica), y la Cueva de los Murciélagos de Zuheros. Realiza estudios sobre la cerámica de esta época, poniendo como ejemplo de ella los ejemplares realizados a la almagra encontrados en la cavidad. Es en este momento, teniendo en cuenta que las visitas son cada vez más continuadas, cuando se



procede a la colocación del sistema de cerramientos de Cueva Grande:

«A las 7 u 8 años de aquellas primeras exploraciones, bajo los auspicios del profesor Martínez Santa Olalla, comisario general de excavaciones, se colocó una verja para cerrar la cueva, publicándose el trabajo la Fecha de la Cerámica a la Almagra en el Neolítico Hispanomauretano». (Arjona, 1991).

Ello sitúa cronológicamente el cerramiento de Cueva Grande en torno a 1945. Así pues, los cierres del acceso de Cueva Chica provocados por los recolectores de guano obligan a los murciélagos a realizar su salida cercana al ocaso solar por Cueva Grande, que a su vez se equipa con una reja metálica que no estaba fabricada teniendo en cuenta el facilitárselo.

En 1954 un párrafo escrito por Fernández Cruz nos recuerda en mucho la descripción dada en el siglo XIX por Manuel de Góngora, al describir la colonia de quirópteros en Cueva Grande, que se mantiene en proporciones significativas:

«De primeras, nos encontramos con una gran nave de enormes proporciones, oscuridiza, maloliente, de cuales cúpulas penden infinitos racimos de chirriantes murciélagos...». (Fernández, 1954: 890)

Otro hecho que sigue mermando la presencia de murciélagos en esta misma década de los 50 nos viene transmitido en esta ocasión por fuentes orales; éstas informan de una práctica habitual de los jóvenes de Zuheros de realizar grandes capturas de murciélagos en sacos, con el objeto de soltarlos en la plaza del pueblo para asustar a las mujeres (Junta de Andalucía, 2020). Era extendida la creencia de que éstos se complacían en revolotear sobre el cabello de las mujeres». (Zardoya, 1881: 30).

El interés científico por el estudio de los murciélagos y la captura de ejemplares

no termina en los años 40 con los estudios de Nájera, sino que continúa, instado por el ya nombrado Juan Fernández Cruz, en el seno de la Universidad de Granada:

«Hemos observado en las profundidades de la cueva los murciélagos de Zuheros, en escaso número, unas moscas albinas, y otros insectos que no hemos clasificado, de unos tres o cuatro centímetros de largo, de color pardo amarillento, de grandes alas, y siempre posadas sobre las paredes, jamás en vuelo. Abundan en galerías estrechas cantidades enormes de arañas de patas largas, que podríamos equiparar con la araña doméstica, pero el animal que sin duda llama más la atención es el murciélago. De él, cuyo nombre científico es *Myotis myotis* ya se ocupó en 1945 el señor Nájera, encontrándole un parásito el *Trypasoma megaderme*, que pudiera tener relación con el bocio endémico del hombre, aun cuando no se ha llegado a una feliz conclusión fuera de duda.

Más tarde, por indicaciones de nuestro querido profesor Carlos Rodríguez López-Neyra, catedrático de parasitología de la Facultad granadina de Farmacia, director del Instituto Nacional de esta especialidad, en la que fue de los cinco primeros mundialmente famosos, capturamos varias docenas y con ellas se inició una investigación, quedando paralizada a su muerte. Después, por su discípulo predilecto y no menos querido por nosotros profesor don Diego Guevara Pozo, que actualmente ocupa los puestos del maestro, a más del decanato de la facultad intentamos conseguir más ejemplares, pero incomprensiblemente este animal que da nombre a la caverna ha desaparecido de ella, siendo muy raro localizarle. La verdad es que esperábamos encontrar algo positivo como parásito sanguíneo del murciélago transmitido posiblemente por las enormes garrapatas de que tan abun-

dantes son. No hemos desistido del intento...». (Fernández, 1969).

«Hemos de consignar también que en 1945 el señor Nájera descubre en los murciélagos de esta cueva (*Myotis myotis*) que están parasitados por un tripanosomiasis (*Tr. megaderme*) especie que está relacionada con el bocio endémico del hombre, aun cuando ésta apreciación es dudosa y que más tarde bajo la dirección del profesor Guevara, Director del Instituto Nacional de Parasitología, hemos intentado estudiar, pero por la ausencia inexplicable de los murciélagos hemos tenido que desistir». (Fernández, 1967: 69-70).

Si Rodríguez López-Neyra muere en 1958, teniendo en cuenta el texto anterior, podemos deducir una caída drástica del número de individuos de la colonia de *Myotis myotis* a caballo entre la década de los cincuenta y la de los sesenta. No se trataría de una visita esporádica de Fernández Cruz, sino de un compromiso de éste con la cueva que lo lleva a realizar constantes visitas a la misma (se convierte en la persona que sirve de guía para quienes quieren visitarla de manera institucional), y ser observador de primera mano de las costumbres de los murciélagos que la ocupan. Podría plantearse el hecho de que siendo esta especie una de las más vulnerables a la presión antrópica de las que habitaban la cavidad, sea la primera en abandonarla en busca de otros refugios más seguros.

En el libro de actas del Ayuntamiento de Zuheros consta lo siguiente sobre la sesión ordinaria del día 14 de julio de 1962:

«Pasado al orden del día por parte del Sr. Alcalde Presidente se dio cuenta de la carta recibida del Excmo. Sr. Gobernador Civil de esta provincia relacionada con la Cueva de los Murciélagos en la que se comunica que, pasado la temporada esta de verano, se desplazarán un equipo de espeleólogos

a fin de realizar un estudio determinado en dicha Cueva y que se dé cuenta de ello al Ayuntamiento, Consejo de Falange y Asociación Cultural de esta villa».

El día 28 de septiembre es recogida igualmente en acta municipal que se había efectuado la visita de dicha comisión. La movía el estudio por comprobar las posibilidades de su apertura al público con un fin turístico, y las tareas espeleológicas que habría que realizar para ello. Se efectúa por parte de directivos de la Falange Provincial de Córdoba, y por la doble directiva técnica del grupo de espeleología GEJAM, formado en el seno de la OJE (Retamosa para los aspectos espeleológicos, y Bernier para los arqueológicos).

«...para estudiar las posibilidades turísticas y la tarea espeleológica a realizar, el Subjefe Provincial del Movimiento, señor González Gisbert, el Secretario de la O. J. E., señor Cerrato, y los señores Ortiz Juárez, Díaz, Retamosa y Bernier». (GEJAM, 1963).

Son acompañados por miembros del GAMA de Doña Mencía, primer grupo que realiza actividades espeleológicas en la provincia de Córdoba. Uno de sus miembros, José Jiménez, relata lo siguiente apuntando la existencia de gran cantidad de murciélagos en Cueva Grande:

«Después entramos en el 62 con el otro grupo. Entramos por la puerta de arriba. Bajamos por un desnivel que hay al fondo a mano derecha. Entonces no se veía el techo porque estaba todo cubierto de Murciélagos y tos chillando». (Entrevista a JIU, 2020).

Entre el 11 y 17 de noviembre de noviembre de 1962 se realiza la primera excavación arqueológica en la cueva de los Murciélagos bajo la dirección de Ana María Vicent, directora del Museo Arqueológico de Córdoba. Se realiza en el vestíbulo de



IMAGEN 6:  
Miembros del GEC  
explorando la  
cavidad a mediados  
de la década de los  
60 del pasado siglo.  
(Archivos del GEC.  
Foto cedida por Juan  
de Dios Aguayo)

Cueva Grande y en la Sala de los Estratos de Cueva Chica. En la misma, a parte de la citada directora, participan la arqueóloga Ana María de la Quadra-Salcedo, colaboradores del Museo Arqueológico de Córdoba, miembros del grupo espeleológico GEJAM y dos peones contratados al efecto. Entrevistados dos espeleólogos de los que participaron en la empresa, y una de las colaboradoras del Museo, en las zonas citadas y durante la excavación no aprecian ya la importante colonia que se citaba tiempo atrás. Tampoco recuerdan rastros de ella en las galerías y salas de conexión entre cueva Chica y Cueva Grande. Sí mencionan acumulaciones de guano en el caos de bloques que constituía la zona del «Vestíbulo» de Cueva Grande, hecho que no es de extrañar porque mientras que la zona de Cueva Chica se hallaba expedita, y por lo tanto expuesta a la recogida de murcielaguina, Cueva Grande llevaba cerca de veinte años bajo la protección de una reja.

Una vez concluida la excavación se cierra el acceso de Cueva Chica para la protección del yacimiento mediante un muro de obra:

«Cuando se acabó la excavación Ana María dijo que se tapiara la boca de Cueva Chica porque había creado expectativas, y se temía que pudiera haber gente que la expoliara» (*Entrevista a EPG, 2020*).

Ya no se trata de ocultaciones de la misma como hicieran los recolectores de guano, sino de un cierre efectivo que obliga a la colonia a salir irremediamente por Cueva Grande.

Las visitas realizadas por los miembros del GEJAM no terminan con la intervención arqueológica. Comprometidos con la exploración a fondo de la cavidad y con la realización de un plano topográfico alargan sus exploraciones hasta 1965. Del 1 al 5 enero de dicho año organizan una salida a Zuheros durmiendo varios días en el interior de la cavidad, hecho que los ubica junto a la boca de Cueva Grande en el momento de la salida de los quirópteros al exterior. Hay que tener en cuenta que el acceso por Cueva Chica estaría tapiado en estos momentos según ya antes comentábamos. La descripción del espeleólogo Antonio Mediavilla es muy ilustrativa en lo referente al asunto que nos ocupa:

«Me acuerdo perfectamente de que había muchísimos murciélagos. Accedían a la planta de abajo, al gran salón, por un pequeño agujero que había, que se bajaba con escala y que ahora está totalmente cambiado. Entrábamos por Cueva Grande. A mano izquierda salía una galería que se comunicaba profundizando con la Sala de las Formaciones...entre un caos de bloques se accedía, y por ahí salían los mur-



IMÁGENES 7 y 8: Estado en que se encontraban los accesos a Cueva Chica y Cueva Grande a finales de los años 60. (Archivos del GEC. Fotos cedidas por Juan de Dios Aguayo)

ciélagos en gran cantidad. Como aquello era estrecho salían poco a poco. Nunca había visto tantos murciélagos. Nos sentábamos allí a esperar que pasaran porque se golpeaban contigo si les bloqueabas la salida. Cuando parecía que ya habían pasado empezaban otra vez a pasar. Ahora, conociendo las costumbres de los murciélagos entiendo que ocurría a ciertas horas...Había piñas de murciélagos en el techo, en la Sala de las Formaciones, de allí es donde salían. También había murciélagos en Cueva Chica pero no en esas cantidades. Ahí había menos, habría unos veinte en toda la sala. Después he visto murciélagos, pero no en esa cantidad». (Entrevista a AMD, 2020).

Esta es la última referencia que tenemos de una población con gran número de individuos. También es la única de la presencia significativa de quirópteros en las zonas más profundas de la cueva. Lo que da a pensar en el hecho de que cuando estuvo cerrado totalmente el acceso por Cue-

va Chica se provocara un desplazamiento en la ubicación de la colonia.

El relevo a las exploraciones del GEJAM se toma por parte del Grupo espeleológico Córdoba (GEC), el cual se hallaba respaldado por la Diputación Provincial de Córdoba. Es precisamente de ésta, a instancias de la Corporación Municipal de Zuheros, de donde parte la idea de realizar un nuevo estudio de la cavidad que se lleva a cabo por el citado grupo. Su actuación en la cueva la podemos diferenciar en tres momentos:

En el año 1965 se realiza la exploración y topografía de la cavidad. Para ello, según consta en los archivos de dicho grupo, se realizan 11 salidas. Según lo extraído de estos se contrastan las siguientes fechas de salidas: 6, 7, 13, 20 y 21 de febrero de 1965.

Según Fernando Magariño Soto y Juan de Dios Aguayo, dos de los tres miembros integrantes del GEC en aquél momento, no existían muchos ejemplares de murciélagos cuando realizaron sus exploraciones:

«Había pocos murciélagos. Se les veía en-



trar y salir, algunos se veían en el techo, pero no grandes concentraciones. Uno aquí, otro allí, pero en poca cantidad». (*Entrevista a FMS, 2020*).

«Se les veía cuando entrabas al final de Cueva Grande. No era una gran colonia, serían unos quince o veinte. No recuerdo piñas en el techo. Y por la parte de abajo, según se iba entrando, no recuerda haber visto». (*RVH*).

«Se veían manchas negras en el techo, pero no se veían piñas de murciélagos». (*Entrevista a JDAA, 2020*)

A finales del año 1966 se acomete el proyecto gracias al cual es llevada la energía eléctrica hasta la puerta de la cueva. El segundo paso antes de llevarse a cabo una electrificación integral del interior de la cavidad, con miras a su explotación turística, fue la realización de una iluminación provisional. La instalación del cableado necesario es llevada a cabo por miembros del GEC. El 29 de diciembre de 1967 se presenta un presupuesto del material necesario, y se ejecuta a principios de 1968. Esta iluminación era indispensable para los trabajos de acondicionamiento interior para el trazado turístico. No se trató de una luz fría, por lo que hubo de afectar a los quirópteros tanto por su aspecto lumínico, como térmico. También propició el acceso de más personas al interior.

A finales de la década de los sesenta nuevos miembros se integran en las salidas del GEC. Uno de ellos, José Antonio Magariño Soto, que al menos realizó unas siete visitas a la cueva, mantiene la afirmación de la escasa existencia de murciélagos en estos momentos, si los comparamos con los que se había visto tiempo atrás.

«Las veces que fui a la cueva de los murciélagos había una cantidad pequeña de murciélagos. Salían cuando llegábamos y habría unos 30 o 40. En la primera sala, dispersados, siete u ocho juntos,

en otros sitios diez o doce. También se veían en otras zonas de la cueva; en Cueva Grande estaba la mayoría y el resto en pequeños grupos aislados». (*Entrevista a JAMS, 2020*).

Otro factor que hubo de afectar a la caída del censo de quirópteros fue el inicio del uso de los llamados biocidas. Entendidos éstos en un concepto amplio como aquellos elementos químicos, de origen sintético o natural, que se han venido utilizando para eliminar o paliar los efectos nocivos provocados por ciertos organismos en determinadas actividades, en particular las agrarias y forestales. Se trataría de pesticidas, insecticidas, bactericidas, herbicidas (cada vez más utilizados por la puesta en práctica del «no laboreo»).

Aunque no ha cambiado su persistencia en el ambiente y en los seres vivos, se ha conseguido mitigarlos a lo largo del tiempo, aunque no al cien por cien como se infiere de la siguiente directriz institucional:

«...fomentar que se minimice la aplicación directa de productos fitosanitarios y que se reduzcan los potenciales riesgos de contaminación difusa en los siguientes tipos de ambientes: entorno de cuevas, simas, oquedades, puentes de piedras o edificios singulares que sirvan como refugio de murciélagos, así como las zonas conocidas de alimentación» (*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014: 20*).

En el caso que nos ocupa son los insecticidas, en particular el DDT, los que se hallan más imbricados con el descenso de las colonias de quirópteros. Éstos son susceptibles de ser afectados lesivamente, tanto en su cadena trófica, al existir una depresión en la cantidad de artrópodos existentes en su zona de hábitat, como en su propio organismo, donde se pueden producir acumulaciones de estos productos que pueden

ser con el tiempo incluso letales. En el caso que nos atañe, quizá los más significativos son los que han venido utilizándose en el olivar, al ser éste el principal cultivo agrícola de la comarca, y el que afecta a una mayor extensión de terreno.

A lo largo del siglo pasado, el empleo masivo y generalizado de biocidas, iniciado después de la Segunda Guerra Mundial, ha sido definido como uno de los factores para justificar el importante declive de las colonias de murciélagos. El DDT se constituyó como el organoclorado más conocido y utilizado. Éste es un insecticida no sistémico persistente con acción por contacto e ingestión que afecta al sistema nervioso. Debido a su toxicidad y persistencia (que provocó que aún pueda ser detectado en los suelos mediante análisis) hizo que fuese decayendo su uso a partir de los años 60, prohibiéndose finalmente, siendo reemplazado por insecticidas menos persistentes (Guardia, 2008: 48). La legislación española fue a la zaga, siendo normatizado su uso en 1971; en el 1975 se prohibieron algunos biocidas que contenían ciertos componentes específicos, entre ellos algunos organoclorados, pero no el DDT. Si en relación a los murciélagos hay pocos estudios, son nulos los que afectan a su relación con dichos biocidas (Guillén et al., 1991). Para obtener más datos de conocimiento al respecto, e inferir posibles hipótesis, hemos tenido que recurrir a personas que iniciaron la venta en la zona de productos fitosanitarios o los utilizaron, conocedores de sus características y efectos. La utilización del DDT la sitúan entre finales de los 60 y principios de los 70. Los efectos nocivos para la flora y la fauna han venido siendo obviados en pro de sus beneficios, tanto para la sanidad como para la economía.

El 29 de diciembre de 1970 se presenta un proyecto en la Diputación Provincial de Córdoba para la apertura y el acondicionamiento del trazado interior de la cueva con

vistas a su puesta en valor como cavidad turística. Se ejecuta durante todo el año 1971 y principios de 1972. El seguimiento y control de esta actuación se lleva a cabo por un geólogo, Manuel Navarro Gracia, y dos espeleólogos, todos ellos miembros del GEC. En lo respectivo a los espeleólogos, casi todo el desarrollo fue supervisado por parte del integrante del GEC Vicente Salinas de la Puente, y los tres últimos meses por Ricardo Veroz Herradón, espeleólogo del grupo cordobés GULMONT, con estrechos lazos con el GEC. Elisa Poch Gómez, que acompañaba en algunas ocasiones a Vicente Salinas en sus tareas de control, habla de una colonia existente en 1971 de al menos 100 especímenes en Cueva Chica con poca representación de guano, que seguía concentrándose en Cueva Grande. Estas afirmaciones no descartan la existencia de quirópteros en otros lugares de la cavidad a los cuales no accedían. Pero durante las exploraciones de las zonas no transitables por el público por parte del G40, a las cuales no entraban los recolectores de murciélaguina, no se observaron acumulaciones antiguas de dichos excrementos. Ricardo Veroz se persona en la cavidad dos veces por semana durante los dos últimos meses, cuando se estaba terminando de enlazar Cueva Chica con el exterior, coincidiendo con la temporada de invierno:

«No recuerdo durante lo de las escaleras gran cantidad. Había murciélagos, pero pocos. Normalmente iba por la tarde sobre las dos o las tres, o algunas veces iba y comía con los propios operarios». (*Entrevista a RVH, 2020*).

No hemos encontrado referencia alguna sobre el impacto que estas actuaciones hubieron de tener sobre la colonia que aún quedaba en la cueva, pero todo apunta a que hubo de ser muy perjudicial: el asestamiento de la última puntilla que la relegaría a un relicto de lo que fue. Una

situación que al día de hoy aún no ha iniciado una curva ascendente. Estamos hablando de la existencia por primera vez de un alumbrado eléctrico, aunque fuese provisional, a base de cableado y portalámparas; de la presencia humana continuada durante poco más de un año; y de la labor diaria de al menos tres operarios que, con medios manuales e incluso con martillo compresor, se afanaban en la tarea de picar la roca para realizar escaleras, fracturar bloques, desplazar otros y ampliar los pasos más estrechos que durante años habían frenado o entorpecido el paso. Este proyecto no sólo alteró significativamente la morfología de la cavidad, sino que hubo de afectar al microclima existente al ampliar pasos estrechos y, en particular, las galerías que terminaron conectando ambas bocas con el objeto de tener un recorrido turístico circular. Como colofón final el acceso de Cueva Chica fue igualmente cerrado con una verja metálica, como lo fue en su momento la de Cueva Grande, sin contar con una vía que facilitase la entrada y salida de los murciélagos.

Tras estas tareas todo hacía pensar que la apertura de la cueva estaría cerca, pero las obras de acondicionamiento final se fueron retrasando. El denominado como «alumbrado artístico», entendido éste como una red de iluminación definitiva, tarda años en llegar. Aunque ya se presenta un proyecto en 1977 se ha de esperar un nuevo impulso de reactivación de la apertura de la cavidad para que se produzca su ejecución final durante gran parte de 1983.

El 28 de marzo de 1983 Pedro Romero Zarco, acompañado de José Rey realiza un reconocimiento de quirópteros en la cavidad, cuyos datos publica años después en su tesis doctoral *Quirópteros de Andalucía y Marruecos*. No era la primera vez que lo hacía, habiendo estado en ella en dos o tres ocasiones con anterioridad. A finales de los años 70 encontró que no había práctica-

mente ejemplares. El día mencionado recorrieron a fondo las zonas más significativas de la cueva detectando pocos murciélagos, por lo que, conociendo los datos aportados por Nájera, se preguntaron, tal y como hacemos en este artículo, qué había sucedido con ellos y a dónde se habrían trasladado. Llegando a la conclusión de que los estudios de Nájera, con la recogida masiva de ejemplares, fue el inicio en la merma de la colonia, produciéndose finalmente la hecatombe tras el acondicionamiento turístico de la cavidad. Dicho investigador no sólo capturó muchos individuos como ya hemos comentado, sino que indirectamente pudo iniciar un efecto perjudicial en los que quedaban. En aquellos momentos no se tenía conocimiento del hecho de que alterar su hibernación podía llegar incluso a provocar su muerte, si derivaba en una actividad que mermara las reservas de grasa que habían acumulado para poder resistir la misma. También lanzaron hipótesis sobre el posible traslado de la colonia a otras cavidades más o menos cercanas.

Según Pedro Romero, a finales de los años 70 el Director General de la Agencia de Medio Ambiente de Andalucía (después Consejería), Tomás Azcárate, le hizo una consulta como especialista en el asunto antes de conceder los preceptivos permisos a la apertura turística. En referencia a los murciélagos le trasladó el hecho constatado de la existencia de una muy escasa representación de los mismos. Empezaba a existir un notable interés por la fauna, pero ello no fue óbice para que, entre el desarrollo turístico y por lo tanto económico de la zona, o el intento de recuperación de la colonia, se optara por lo primero, más aún cuando estaba en juego el interferir en un proceso que llevaba gestándose desde principios de los 60, promovido vehementemente por el Ayuntamiento de Zuheros, y respaldado por la Diputación Provincial.

En marzo de 1991 se produce la apertura turística de la cavidad, que a excepción del cierre provocado por la pandemia del covid 19, se ha mantenido hasta el día de hoy. Según Antonio Jesús Caballero Pulido, que durante todo este tiempo ha ejercido como guía de la cueva, cuando se abrió podría tener como mucho una colonia de 100 murciélagos, habiendo detectado un decrecimiento paulatino, calculando que en la actualidad no habrá más allá de 25 ejemplares. Nos confirma una presencia constante de quirópteros en Cueva Chica, en particular en el rellano de entrada y en el cuarto de las luces (pequeña sala que se camufla junto a la entrada).

El inicio del siglo XX coincide con los estudios espeleológicos realizados por el Grupo de Exploraciones Subterráneas de Priego. Sus miembros exploran a fondo la cavidad, realizando un gran número de salidas. Según uno de los más activos en aquellos momentos, Antonio Moreno Rosa, y los recuerdos del autor del presente estudio que participó en las mismas, se confirmó la presencia de un reducido número de ejemplares, en consonancia con lo planteado hasta el momento. Éstos no solían faltar en Cueva Grande, junto a la denominada zona del Mostrador (por ubicarse en un rellano junto a la boca un mostrador para la venta de las entradas); y en particular mantenían su presencia en el cuarto de las luces, sobre todo en verano, único lugar donde se veían algunos individuos juntos pendiendo del techo. En cuanto a guano solía también verse en el entorno de la Sala del Fémur y Laberinto Superior, pero en pequeñas cantidades.

En el contexto europeo, la población de quirópteros en Andalucía adquiere un alto nivel de relevancia tanto por su número como por su diversidad. Los murciélagos cavernícolas conforman la mayor parte de la misma. Dentro de este grupo están considerados todos aquellos que fijan su hábitat

en medios subterráneos, ya sean cavidades naturales (cuevas, simas o abrigos), como las artificiales (minas, canteras, túneles y otros antros localizados en el subsuelo). A finales del siglo XX, a nivel general, el estado de su conocimiento era precario. El paliar esta deficiencia fue uno de los factores para que se firmara en 1993 un convenio entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Estación Biológica de Doñana. Entre dicho año y 2005 se efectúan una serie de actuaciones encaminadas a realizar el inventario, seguimiento y conservación de refugios de murciélagos cavernícolas de Andalucía. El objeto del mismo era localizar los refugios que albergasen las colonias más importantes y relacionarlos entre sí, identificar sus poblaciones y las especies que las componían, detectando sus problemáticas para intentar subsanarlas o erradicarlas. En relación a la Cueva de los Murciélagos de Zuheros se constató que la presencia de ejemplares de quirópteros había pasado a ser meramente testimonial como ya se estimaba de antemano, poniéndola como ejemplo, al igual que ocurriera con la Cueva de las Ventanas (Piñar. Granada), de cavidad donde se había producido la pérdida de grandes colonias (Junta de Andalucía, 2005).

Según se indica en el último censo realizado en la cavidad a instancias de la Delegación Territorial de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (Junta de Andalucía, 2020), en referencia a un informe inédito (Ibáñez et al., 2005), en 2003 se realizaron tres censos en la cueva, en época de celo, invernada y reproducción, detectándose en los tres periodos una presencia escasa de murciélagos. Dicho informe se encuadraba en el proyecto citado en el párrafo anterior.

Los estudios de la provincia de Córdoba se desarrollan en su mayoría durante el transcurso del año 2005, junto a la provincia de Jaén. En el primer inventario realizado



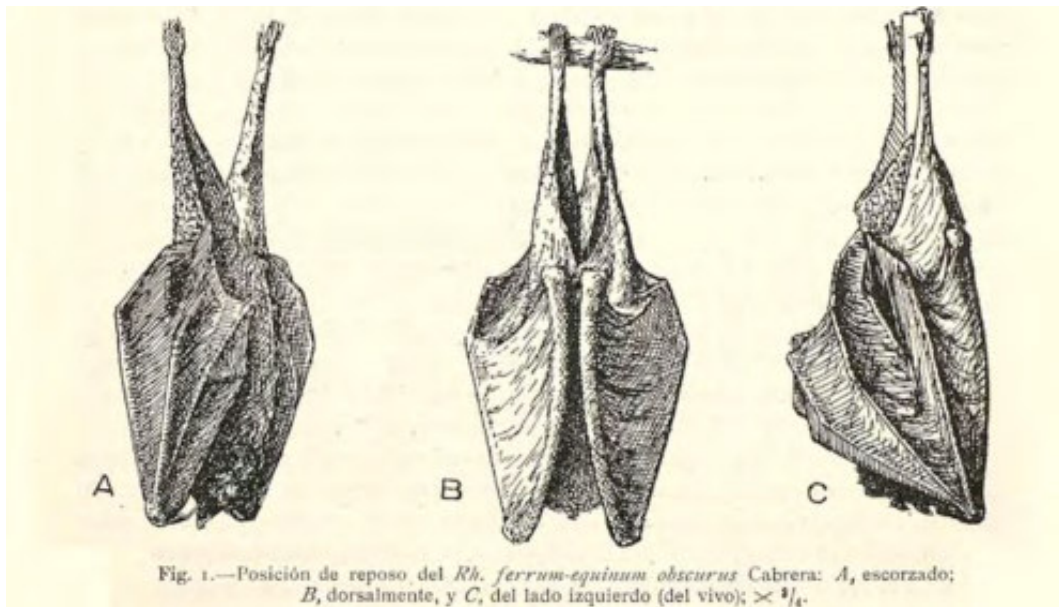


IMAGEN 9: Ilustración extraída de Morales, 1935: 439.

en sus 44 colonias se denotaba un buen estado de conservación por encima de la media comunitaria, aunque la densidad de 3,2 colonias por kilómetro cuadrado no se hallaba entre las más altas. En lo tocante a la primera, las colonias más importantes se distribuían principalmente por las Sierras Subbéticas y Sierra Morena. Para la cavidad en cuestión la Consejería aportaba un número que no llegaba a los 50 ejemplares. En relación a las especies, la que contaba con mayor representatividad, era el murciélago de herradura pequeño (unos 20), estando compuesto el resto por murciélagos de herradura grande, ratonero grande y ratonero de oreja pequeña (Expósito, 2006; Expósito, 2007). En publicaciones ligadas al citado proyecto, tras citar los datos aportados por Nájera en 1937, se llegaba a decir que la cavidad era *una atracción turística que carece de murciélagos* (Migens et al., 1999). El método utilizado para censar las colonias se realizó mediante un instrumental muy sensible (equipos de grabación, con cámara sensible a los infrarrojos y detector de ultrasonidos) colo-

cado a las puertas de la cueva al atardecer para captar la salida de los ejemplares de quirópteros de su refugio. Permitiendo no sólo contabilizar su número, sino identificar las especies de forma precisa.

El 6 julio de 2020 se realiza un nuevo censo de quirópteros por parte de la Delegación Territorial de la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía. En esta ocasión se entiende que la Cueva de los Murciélagos formaría parte de un complejo subterráneo en el cual se incluye Sima José (también llamada Simajo de Zuheros o Sima de los Murciélagos); así se introduce una tercera boca para realizar los estudios, como es el acceso a ésta. Con este nuevo parámetro se aportan unos datos sobre el conteo de la colonia veraniega que se eleva a 208 individuos. Se añade Sima José al refugio subterráneo ante la sospecha de conexión con Cueva Chica y Cueva Grande. Uno de los objetivos que se planteó el Grupo Espeleológico G40 durante los estudios que realizó en el Cerro de los Murciélagos de Zuheros, que se extendieron desde el 2009 al 2014, fue verificar

precisamente esta posibilidad; lo sugería el hecho de que ambas cavidades se ubicasen en la misma fractura geológica y a escasa distancia, además de la leyenda urbana de que existió una exploración que las unió. Los resultados hicieron desestimar dicha hipótesis, pues exploradas ambas de manera concienzuda no se llegaron a conectar de manera física; realizándose sendas topografías, e uniendo ambas mediante la realización de una conexión con una toma de datos en el exterior, se concluyó que sus zonas más próximas se hallaban a 250 metros de distancia. Aunque los estudios no respalden la existencia de un complejo cavernario, siempre cabe la posibilidad de que los murciélagos utilicen unas vías de comunicación a las cuales no se haya accedido físicamente aún por parte del hombre. Pero este hecho no va en consonancia con lo observado durante los años de investigaciones del G40, ya que en ningún momento se percibe en el interior la presencia de una cifra parecida de quirópteros a la aportada. En ninguna de las jornadas de exploración y trabajo espeleológico se verificó una población que fuese más allá de unos 15/20 ejemplares. Tampoco los guías entrevistados, que han cubierto visitas guiadas ininterrumpidas desde el término de los estudios del G40, han percibido la existencia de una colonia que se aproxime a los 208 ejemplares.

Nos encontramos por tanto ante un ejemplo representativo de presión continuada humana sobre un medio natural subterráneo. Distinguiría en este sentido entre cuatro periodos:

- 1.- **Hasta 1937:** donde las visitas son muy esporádicas y las agresiones directas conocidas a la colonia son muy escasas, como la recogida de algunos especímenes con fines académicos, asumibles para un equilibrio en el hábitat cavernícola.
- 2.- **De 1937 a 1962.** Se empieza a romper

dicho equilibrio, iniciándose un decrecimiento del número de ejemplares que la habitan. Factores que intervienen son:

La captura de murciélagos para usos científicos.

El aumento de visitas que conlleva el descubrimiento de la belleza de las galerías inferiores.

Las exploraciones y visitas generadas por el interés arqueológico. El aumento de la demanda de murciélagos por parte de los hortelanos.

La colocación de una reja metálica en el acceso por Cueva Grande y la práctica de cierre de Cueva Chica para su ocultación.

- 3.- **De 1962 a 1991:** largo periodo de gestación, preparación, ejecución y espera para su apertura al público: Se inicia con las primeras excavaciones arqueológicas que vienen acompañadas de exploraciones espeleológicas por parte del grupo cordobés GEJAM. Seguirán con las realizadas por el Grupo Espeleológico Córdoba (GEG). Primera colocación artificial de luces y acondicionamiento con escalones. Tendrá su punto álgido en el acondicionamiento del itinerario turístico mediante la ejecución de escaleras y ensanchamiento y apertura de galerías y finalizará con la instalación de una red eléctrica e iluminación definitiva.
- 4.- **De 1991 hasta nuestros días:** el 21 de marzo de 1991 se produce la apertura turística de la cavidad. Se han mantenido de forma ininterrumpida las visitas hasta nuestros días, con la excepción del cierre puntual debido a las especiales circunstancias creadas por la pandemia del Covid-19. El permiso final por parte de la recién creada Agencia de Medio Ambiente es aportado ante la casi inexistente colonia de murciélagos.

## Los murciélagos de la Cueva de los Murciélagos

Nájera Angulo, en su faceta de mastozoólogo, expone una clasificación de los murciélagos españoles en sus estudios de quirópteros con fines experimentales (Nájera, 1945 y Nájera, 1947). Teniendo en cuenta sus costumbres, hábitat y número de ejemplares de la colonia, los encasilla en tres grandes grupos, intentando con ellos desbancar la clasificación que se venía realizando que los dividía entre gregarios y solitarios: salvajes, domésticos y cavernícolas (Nájera, 1947: 327). Sigue así la estela de otros especialistas en la materia que habían estudiado la fauna quiropterológica española, entre los que destacan Cabrera Latorre (quien hasta ese momento había catalogado 21 especies), y Morales Aguacino. Al referirse a los *salvajes* comenta que *suelen encontrarse aislados o en grupos muy pequeños, refugiados en los huecos de los árboles y edificios ruinosos*, citando 11 especies de los mismos. Los domésticos los asimila a pequeñas colonias que no van más allá de entre 6 y 20 individuos que se refugian *en las casas y demás edificios habitados o ruinosos*; cita 3 especies. Por último, define los cavernícolas como *aquellos que se albergan en grutas o cavidades naturales o artificiales*, constituyendo las colonias más numerosas, adquiriendo mayor fijeza al buscar óptimas condiciones microclimáticas (Nájera, 1947: 325-325).

Como se ha expuesto con anterioridad, en su visita de 1937 indica la existencia de una colonia de invierno en masa única compuesta por 12.000 ejemplares. Estaríamos probablemente en época de hibernación, y así habría que considerar la situación de la colonia. La formaba según sus cálculos 2.000 ejemplares de *Myotis myotis*, llamado comúnmente «ratonero me-

diano», 10.000 de *Miniopterus schreibersi* o «murciélagos de cueva», y algunos ejemplares de *Rhinolophus ferrumequinum* o «murciélago grande de herradura». Llega a comentar que era la más numerosa que había visto nunca (Nájera, 1947: 326). En el mismo artículo refleja como el cómputo se realiza en función de los ejemplares capturados, que se elevan a 480, y el espacio que dejan libre en el techo de donde penden, comparándose con el resto del área ocupada por la colonia. Con ello y un fácil cálculo matemático contamos con una cifra total. Su segunda visita, o sea, la de 1944, se podría adscribir a un periodo otoñal, donde, según los conocimientos que tenemos sobre murciélagos las colonias pueden ser inestables, pudiéndose trasladarse de unos refugios cercanos a otros.

Al referirse a la zona de la cavidad denominada como Cueva Grande, Nájera deja constancia de la existencia de gran cantidad de murcielaguina, no observando en ninguna de sus salidas quirópteros. Habría que especular con la posibilidad de que esta zona pudiese haber sido utilizada en época de cría, en los meses de primavera y verano.

En la revisión de la colección de quirópteros que se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales, donde se contabilizan 1400 ejemplares (divididos en 146 especies de 11 familias), nos encontramos con tres ejemplares de la provincia de Córdoba. Aunque no indica cómo llegaron al lugar muy probablemente provienen de la colección de Nájera, ya que éste visitó las cuevas de donde se indica su procedencia. Uno de ellos (*Myotis myotis*) proviene de la Cueva de los Murciélagos (Ibáñez y Fernández, 1989).

Según ya referimos, los datos que se aportan en este informe de 2020 concluyen en que la colonia de cría veraniega se halla formada por 208 individuos dividi-

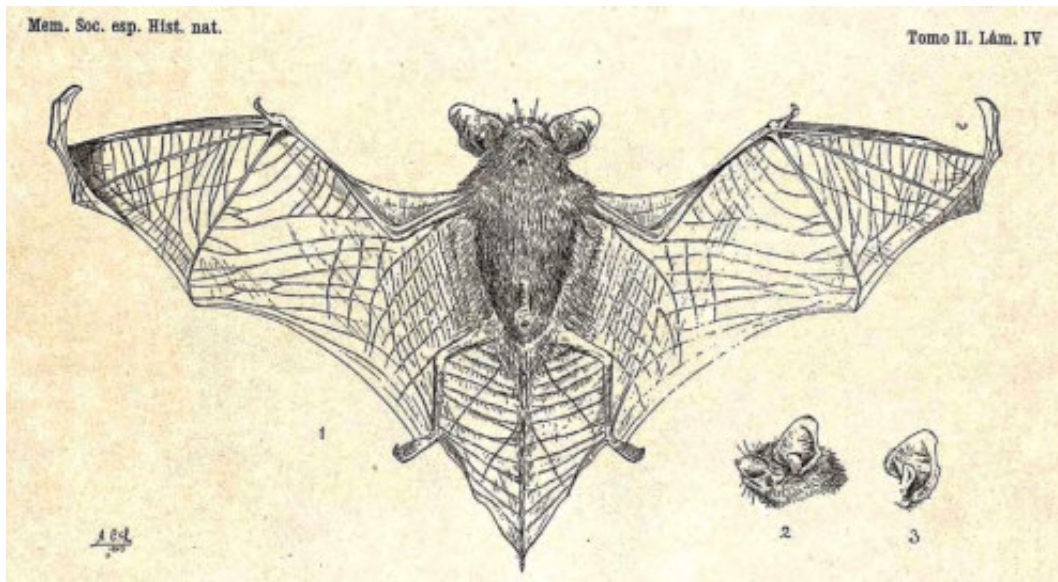


IMAGEN 10: Extraída de Cabrera, 1903. 292.

dos en cuatro especies (una más de las que señalara Nájera): 4 *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) o «murciélago grande de herradura» 39, *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) o «murciélago pequeño de herradura», 159 *Myotis myotis* (Borkhausen)/*M. blythi* (Tomes, 1857) o «murciélago ratonero grande/murciélago ratonero mediano», y 4 *Miniopterus schreibersi* (Kuhl, 1817) o «murciélago de cueva» (Junta de Andalucía, 2020). Todos ellos por el uso de refugios se consideran cavernícolas estrictos (Garrido et al., 2008: 61). Se mantiene por tanto las especies que ya citara Nájera a mediados del siglo XX, a la que se añade el *Rhinolophus hipposideros*.

Los problemas de detectabilidad que por sus características aporta el *Myotis blythi* frente al *Myotis myotis* (al haber transcurrido relativamente poco tiempo de su distanciamiento del tronco evolutivo), determinan que sea difícil su separación, y por ello se los engloba en bloque. González Álvarez distingue las especies según su presencia y número en abundantes o relativamente frecuentes, de abundancia media, y raras o con escasa o nula información. Las detec-

tadas en la cueva de Zuheros las inserta en el primer grupo, designándole una amplia distribución en la Península Ibérica, relativamente común en refugios subterráneos sean o no naturales (González, 1991).

Según las correspondientes fichas del «libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía», cuya autoría del borrador corresponde a Pedro Romero Zarco, todas las especies citadas se distribuyen ampliamente por Andalucía, siendo cavernícolas o utilizando refugios subterráneos. Fuera de ellos tan sólo se establece el *Rhinolophus hipposideros* que utiliza construcciones rurales que posean oscuridad y tranquilidad.

Ya desde los primeros momentos del estudio de los murciélagos en España, a finales del siglo XIX y particularmente en la primera mitad del XX, se habla de la dualidad de hábitat de los rinolófidos españoles tanto en cuevas como en espacios abiertos. Eran momentos en que se fijaba la vista en los ya realizados en Alemania, Francia o en Inglaterra (como los de Didier, Jeannel o Millais) siguiendo «la inveterada costumbre de aplicar al estudio de la fauna española cualquier nueva aportación que



se realice en país ajeno al nuestro...» (Morales, 1935: 437). En la provincia de Córdoba (Montoro), y en las zonas aledañas de Sierra Morena en Ciudad Real, ya se cita la existencia de esta especie en 1881 (Martínez, 1881: 19); también afirma Morales las asociaciones de especies en cavidades, donde ésta participa, aunque en número escaso. Esta asociación de especies (*grégaire*s en contraposición con *solitaire*s como dirían los franceses) se mantuvo y se sigue manteniendo en la Cueva de los Murciélagos, siguiendo esa línea ya marcada donde los especímenes de *Rhinolophus ferrumequinum* se cuentan en escaso número. Nájera ya los capturó en conjunto en las «piñas» que pendían de los techos asociando las tres especies ya citadas (Nájera, 1947:322) cuando existía una gran colonia; Morales habla de haber sido el primero en detectar *in situ* la asociación entre *Miniopterus schreibersi* y *Rhinolophus ferrumequinum* (Morales, 1935: 440) y con *Myotis myotis* (Morales, 1936:435). Cierto es, que los *Myotis myotis* y los *Miniopterus schreibersi* tienden a asociarse en grandes colonias, mientras que los *Rhinolophus ferrumequinum*, aun siendo gregarios, suelen agruparse en pequeños grupos. Esto ya sería detectado en los comienzos de las investigaciones citadas.

«...si bien es verdad que se colecta esta especie aisladamente algunas veces, esto ocurre en las menos siendo lo corriente encontrarla en pequeñas colonias de quince a treinta o más ejemplares reunidos -en un rincón de la misma galería- en reducidos grupos de tres, cuatro y siete individuos separados por pocos centímetros, en los que a menudo los componentes de cada uno de ellos están en íntimo contacto los unos con los otros como abrigándose mutuamente...». (Morales, 1935: 438).

Nájera expresa su conformidad en

cuanto a lo dicho en el párrafo anterior, e incluso la transcribe literalmente en uno de sus artículos. No detecta este gregarismo como especie aislada, se refiere a una masa única con asociación de tres especies capturadas. En los estudios a los que he podido acceder realizados por los investigadores de la Estación Biológica de Doñana no se aportan datos sobre la disposición interna del hábitat, sino los dados por el instrumental ubicado en las bocas para la detección de individuos; pero, como ya se ha referido, si hemos podido obtener información de personas que han estado en relación directa con la cueva, en particular los guías, que han tenido una visión continuada en el tiempo de su comportamiento y evolución. Todo ello, junto a nuestra propia experiencia dentro de los estudios espeleológicos realizados por el grupo G40, está en consonancia con lo expuesto en este trabajo, o sea, con la detección en particular de pequeños grupos aislados de murciélagos. Los que más se observan son los ejemplares de murciélago grande de herradura, avistados en diversos rincones de la cavidad, en particular en Cueva Grande.

Fernández Cruz, como ya vimos, en contacto con prestigiosos investigadores granadinos, ya no cita los *Miniopterus schreibersi*, centrando sus estudios combinados con Rodríguez López-Neyra, en un primer momento, y con Guevara Pozo más tarde, en los *Myotis myotis*; esto lleva a pensar que fueron la primera parte de la colonia en desaparecer o mermar en extremo, precisamente la de mayor población según Nájera. Habría que suponer la existencia de una mayor o menor sensibilidad de las distintas especies a la hora de soportar las continuadas agresiones antrópicas que, como ya hemos expuesto, siguieron una línea ascendente, con cada vez menores intervalos de tiempo y a mayor escala.

Fijémonos ahora en esta afirmación:

«La conclusión definitiva a que estos he-

chos conducen es la de que conocemos todavía bastante mal la ecología de los Quirópteros, y que sólo atrayendo hacia el estudio de la biología de estos pequeños mamíferos el interés de nuestros naturalistas, podremos ir colmando las lagunas que hoy existen». (Nájera, 1947: 329-330).

Desde los estudios realizados durante los años 30 y 40 se ha avanzado mucho sobre el estado del conocimiento general de los murciélagos cavernícolas; aunque son muchas aún las incógnitas que presentan por sus especiales características y particularismos con respecto a otras especies del mundo animal. Necesitan de unas condiciones de hábitat tanto óptimas como estables para llevar a cabo sus ciclos anuales, siendo sensibles a cualquier alteración que detectan a través de distintos sentidos. Buscan por tanto refugios y lugares adecuados dentro del mundo subterráneo. Reaccionan ante molestias lumínicas, olfativas, acústicas, vibratorias, cambios térmicos o de humedad (provocados estos últimos hasta por la propia presencia humana). Captan incluso cómo funciona el mundo exterior, hecho fundamental a la hora de ajustar el tiempo de hibernación. La inducción por cualquier medio a despertarlos en un momento inadecuado, o a realizar una anormal actividad, les puede llevar a un agotamiento por estrés e incluso a la muerte (Palacios et al., 2010).

El problema viene dado cuando nos adentramos en el estudio de una cueva en particular. Como en el caso que nos ocupa podremos tener conocimiento de la presencia de mayor o menor número de quirópteros, pero si no se nos aporta datos sobre la época del año en que se realice la visita, y no contamos con referentes que contrastar con las cavidades del contexto del hábitat de la colonia, tendremos una visión sesgada de la realidad. Habría que

tener en cuenta que cada refugio subterráneo puede tener unas condiciones geomorfológicas, de temperatura y humedad diferentes, parámetros que influyen mucho a la hora de que las colonias las elijan como ideales para su utilización. Murciélagos de Zuheros, además de contar con amplios espacios en su interior, tiene la peculiaridad de poseer zonas estancas en cuanto a temperatura; por un lado, Cueva Grande posee registra temperaturas adecuadas a la media de las cavidades de su entorno y, por otro, Cueva Chica las tiene muy inferiores, llegando incluso a temperaturas bajo cero, fácilmente detectables cuando han llegado a producirse hasta carámbanos de hielo.

Al día de hoy, aunque los investigadores del CSIC de la Estación Biológica de Doñana han realizado diversos estudios en la cavidad en cuestión, tan sólo se han centrado en el conteo del número de ejemplares que se detectan en las bocas. Y no han sido lo suficientemente amplios aún para abarcar y cerrar el ciclo vital de los murciélagos, por lo que hemos de tratarlo con los datos proporcionados de manera general o con los realizados en otras cavidades concretas.

Las cuatro especies detectadas en la cueva (*Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis* / *M. blythi* y *Miniopterus schreibersi*) se hallan recogidas en el Real Decreto 139/2011 de 4 de febrero, en su catálogo anexo de especies silvestres protegidas y/o amenazadas. Menos la segunda, el resto se incluye en la categoría de «vulnerables».

Siguiendo los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en las fichas del «libro rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía», en cuanto a nivel de amenaza todos ellos se califican como vulnerables a la extinción: *no estando en peligro o en peligro crítico, sufren a medio plazo un riesgo de extinción en estado silvestre* (Junta de Andalucía, 2001: 284).

## Pérdida de la colonia

El mayor o menor grado de sensibilidad de las distintas especies que han poblado la Cueva de los Murciélagos, parece haber estado imbricado directamente en el proceso de pérdida de la colonia. En este sentido el *Miniopterus schreibersi* o «murciélago de cueva» fue el primero en decrecer en número. Precisamente éste, con 10.000 ejemplares, era el más abundante según los cálculos de Nájera en 1937. Le siguió el *Myotis myotis* o «ratonero mediano» con 2.000 algunos ejemplares según dicho cálculo. Se observa por tanto que son las especies más gregarias las más afectadas. Dicho gregarismo provoca que respondan en «cascada» ante los estímulos que alteren la estabilidad de su hábitat, produciéndose una alarma generalizada que se prolonga mucho más allá de la duración de aquello que provocó la situación. Pudiéndose dar el caso que abandonen la cavidad o se provoque la muerte de individuos, especialmente si las perturbaciones se dan durante las épocas críticas como la hibernación y la cría (PALACIOS et al., 2010: 598).

El *Rhinolophus ferrumequinum* o «murciélago grande de herradura» quizá sea por tanto el menos afectado y el que se ha mantenido de manera constante. Su número no es definido con exactitud por Nájera, pero de sus afirmaciones podemos extraer que, tal como sucede hoy en día, eran pocos, al utilizar la expresión de que eran *algunos ejemplares*.

Sus depredadores naturales, ya sean pequeños mamíferos carnívoros o aves rapaces nocturnas, no aparecen como factor que contribuya a la desaparición progresiva de la colonia de murciélagos de la cueva en cuestión. Al contrario, después de lo desgranado en este artículo, vemos como su interrelación con

el hombre ha sido factor determinante a través de agresiones de diversa índole. No podemos hablar de una causa única, aunque podamos colocar unas por encima de otras en cuanto a su significación, sino que tendríamos que hacerlo de un compendio de motivaciones directas o indirectas:

- La presencia humana cada vez más intensa que terminó por afectar al ritmo biológico de la colonia y a su hábitat físico: visitas de curiosos de las zonas más próximas a la boca y lugar de hábitat usual de los murciélagos, recogida de murciélagos para fertilizantes, resguardo de ganado y pastores, estudios científicos, exploraciones de la cavidad...y, finalmente y de manera continuada hasta nuestros días tras la apertura como cueva turística.
- Acondicionamientos para el recorrido turístico.
- Electrificación del recorrido turístico. Esto no sólo repercutió en el efecto perjudicial lumínico, sino en un aumento de la temperatura en las zonas cercanas a los focos cuando los quirópteros necesitan de unas condiciones estables y determinadas de temperatura.
- Recogida de ejemplares para fines científicos o académicos.
- La captura de ejemplares para la realización de «bromas». Este hecho, que como ya dijimos se traducía en la recogida de sacos completos de murciélagos para soltarlos en la plaza del pueblo ante la presencia de mujeres, nos habla del poco conocimiento de la población ante los efectos beneficiosos de estos animales. En particular para la agricultura, precisamente el motor económico por el cual se movía, y en la actualidad se mueve junto al turismo, el pueblo de Zuheros.
- Cierres temporales de Cueva Chica por parte de los recolectores de guano y por protección del patrimonio arqueológico.

# Cueva de los Murciélagos de Zuheros

## Planta 1. Cueva Grande: Entrada/ Sala de las Formaciones/Sala del Fémur



Entrada coordenadas UTM DATUM ETRS89

▲ Cueva grande 30 5 x: 384802,22 y: 4155806,96  
z: 976,55 msnm

- Suelo concrecionado
- Suelo arcillo
- Colada
- Colada Estalagmítica
- Columna
- Clovas
- Arta Rupícola

- Comunicación entre Planta 1ª
- Comunicación con Planta 2ª
- Comunicación con Planta 3ª

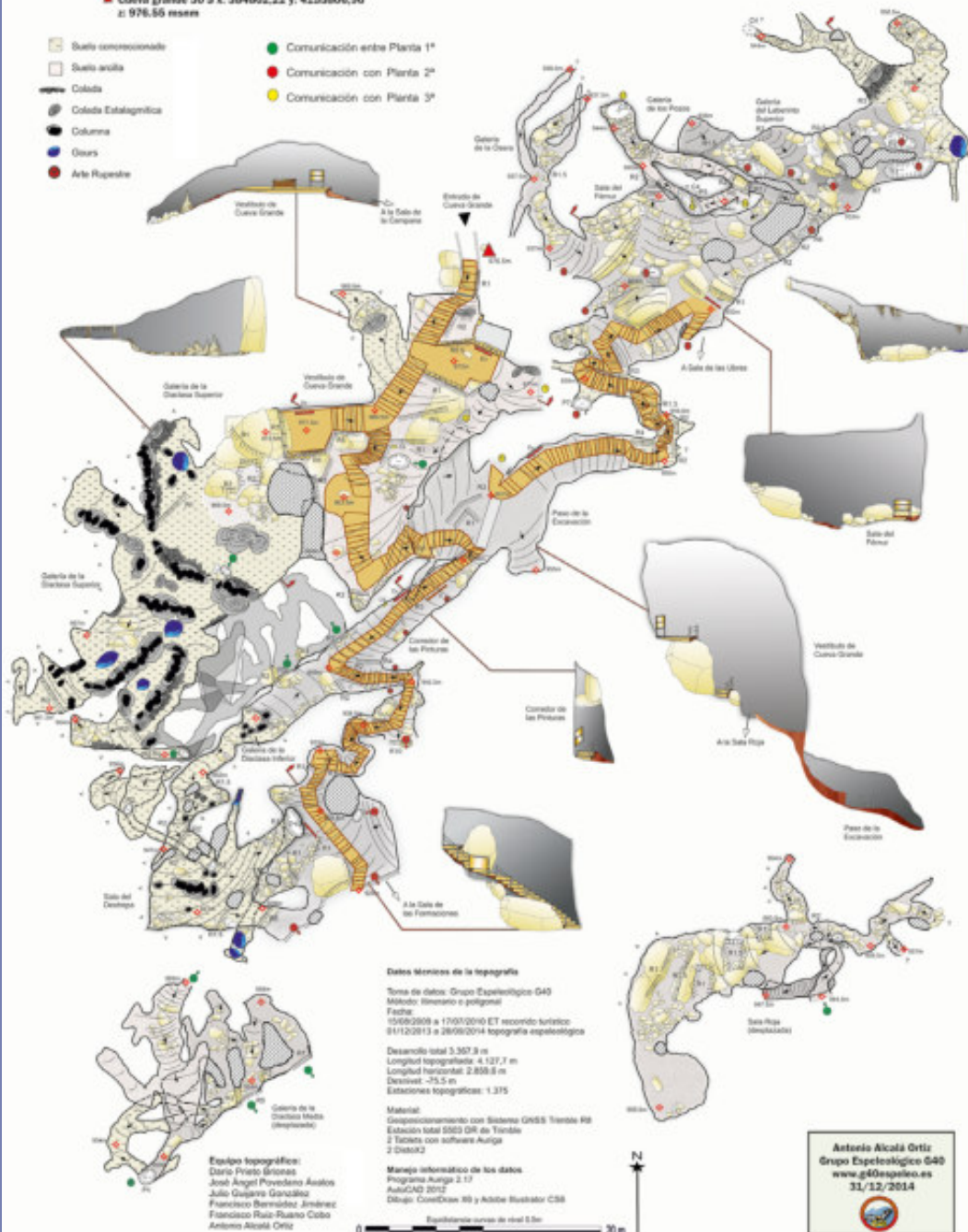


Ilustración 11: Topografía de la Cueva de los Murciélagos de Zuheros realizada por miembros del Grupo Espeleológico G40. Planta 1. Cueva Grande.



# Cueva de los Murciélagos de Zuheros

## Planta 3. Cueva Chica: Entrada Cueva Chica/ Paso de la Excavación

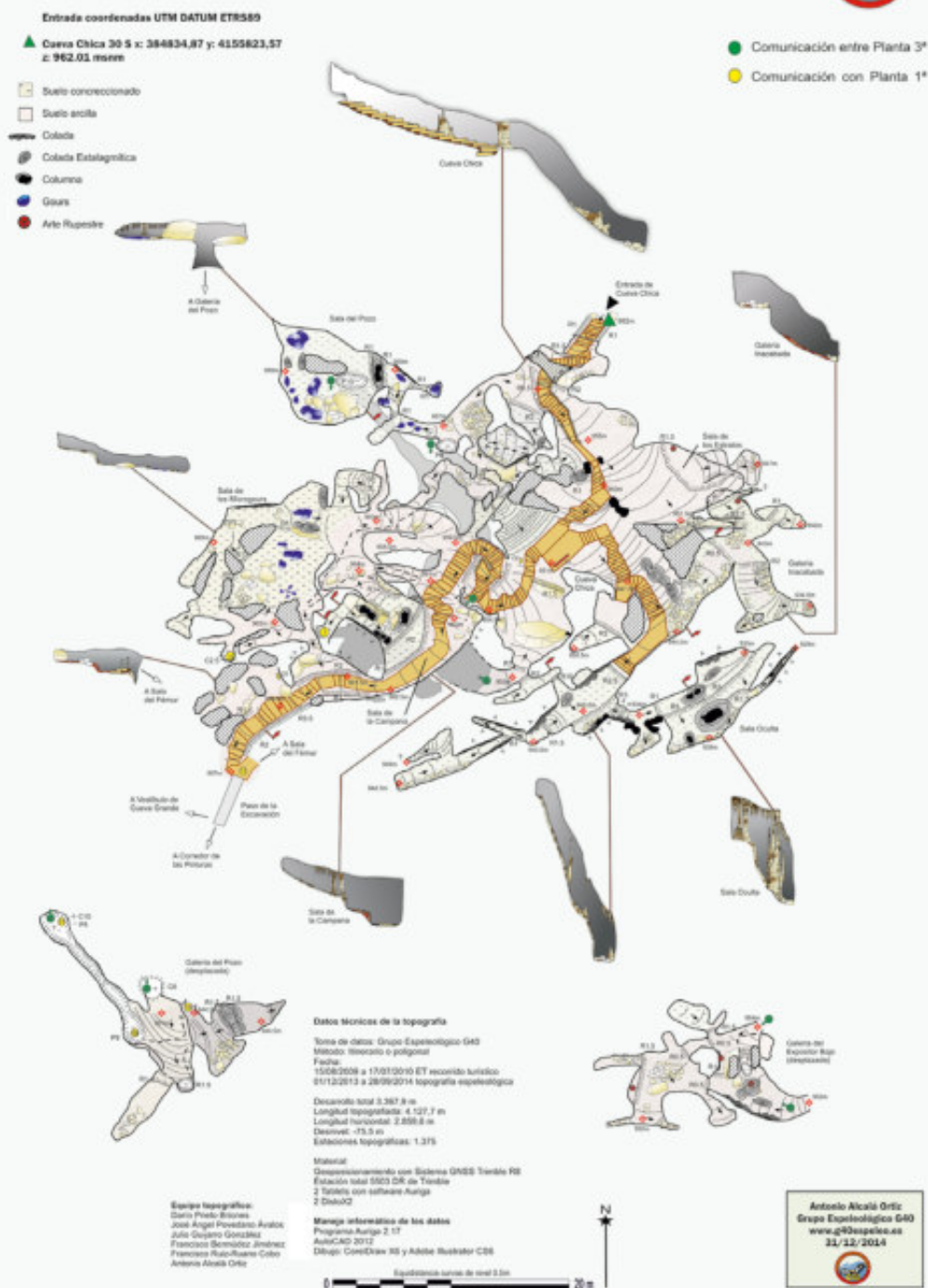


Ilustración 12: Topografía de la Cueva de los Murciélagos de Zuheros realizada por miembros del Grupo Espeleológico G40. Planta 3. Cueva Chica.

- Colocación de las verjas en ambas bocas sin tener en cuenta las necesidades de los murciélagos en cuanto a la morfología de las mismas.
- Utilización de biocidas, en particular el DDT.
- Cambios en el microclima de la cavidad relacionadas con: el aumento de las proporciones de la entrada de Cueva Chica y las conexiones internas de la cavidad, o la continua presencia humana fruto de la explotación turística.

## Conclusiones

Después de todas las referencias incluidas en este texto, se respalda la afirmación ya lanzada en el resumen, de que podríamos encontrarnos ante el caso mejor documentado y contrastado a nivel nacional de la pérdida a lo largo del tiempo de una gran colonia de murciélagos cavernícolas.

La desaparición o merma extrema paulatina de los ejemplares de quirópteros estuvo directamente imbricada con dos parámetros fundamentales:

La mayor o menor sensibilidad de las distintas especies a la hora de soportar y adaptarse a interferencias externas en su hábitat y modo de vida.

La línea ascendente de continuadas agresiones antrópicas que se fueron concatenando, cada vez con menores intervalos de tiempo y a mayor escala.

Por lo tanto, no estaríamos hablando de muerte o desaparición traumática, sino de una reducción discriminada de ejemplares por especies, y gradual en el tiempo. Durante los citados trabajos de exploración y topografía que realizó el Grupo Espeleológico G40 en el interior de la cavidad, no se detectó indicio alguno de que se hubiese producido un episodio catastrófico de muerte generalizada de murcié-

lagos. Por ello lo más plausible es pensar que la desaparición de la colonia se deba a la elección de otros refugios para evitar las perturbaciones antrópicas que hemos venido indicando. Dicha reubicación no hubo de ser necesariamente dirigida hacia cavidades cercanas, puesto que es conocido que pueden realizar traslados a grandes distancias.

Queda claro que, aunque existan consideraciones generales que puedan ajustarse a la totalidad de las cavidades de una zona más o menos amplia, en cuanto a lo que se refiere al estudio de las colonias de murciélagos han de plantearse estudios holísticos individualizados. Murciélagos de Zuheros no ha funcionado dentro de la misma tónica que las de su entorno. Mientras que en otras se han producido depresiones y repuntes en el número de sus ejemplares (actualmente nos hallamos ante un repunte), entre cuyos factores se ha venido indicando el uso de biocidas como el más representativo, en la de Zuheros ha existido una línea en paulatino descenso por la continuada presión antrópica. Finalmente ha llevado a su colonia a ser un relicto meramente representativo de lo que fue, cuyos escasos individuos se han adaptado sorprendentemente a unas condiciones adversas en extremo para su modo de vida.

Nos encontramos pues ante un ejemplo representativo de presión antrópica continuada sobre el medio subterráneo, con una evolución que no ha dado pie a la posibilidad de una regeneración de la colonia, produciéndose paulatinamente un retroceso en la misma ante los ya citados factores externos. A los mismos había que añadir uno intrínseco a los quirópteros, pero no menos importante que incide negativamente en la potencial recuperación de los ejemplares, como es su baja tasa reproductora. Ésta deriva de la tardanza en la consecución de las hembras de su

madurez sexual (en torno a los dos años), y del bajo número de crías anuales (establecido en una sola).

## Agradecimientos

Quiero agradecer la ayuda que me han prestado diversas personas para la elaboración de este artículo: Rafael Nájera Morrondo; especialistas en quirópteros como Pedro Romero y Carlos Ibáñez; espeleólogos que han formado parte de historia de la espeleología en la Cueva de los Murciélagos de Zuheros como Antonio Mediavilla Díaz (AMD), Antonio Perejón Rincón, José Jiménez Urbano (JJU), Ricardo Veróz Herradón (RVH), Juan de Dios Aguayo Álvarez (JDAA), Juan Antonio Magariño Soto (JAMS), Fernando Magariño Soto (FMS), José Antonio Mora Luque o Antonio Moreno Rosa; guías de la cavidad como Antonio Jesús Caballero Pulido y Antonio Jesús Poyato Castro; y otras personas relacionadas con la misma como Elisa Poch Gómez (EPG) y José Poyato Muñoz (JPM). Así como un buen número de compañeros espeleólogos en activo de diversas provincias que han ayudado a elaborar la lista de cavidades que se presenta en el principio del artículo, los cuales no voy a reseñar individualmente por miedo a dejarme alguno atrás.

Y en particular a mis compañeros del Grupo Espeleológico G40, con los que durante varios años participé en los estudios espeleológicos realizados en la cavidad.

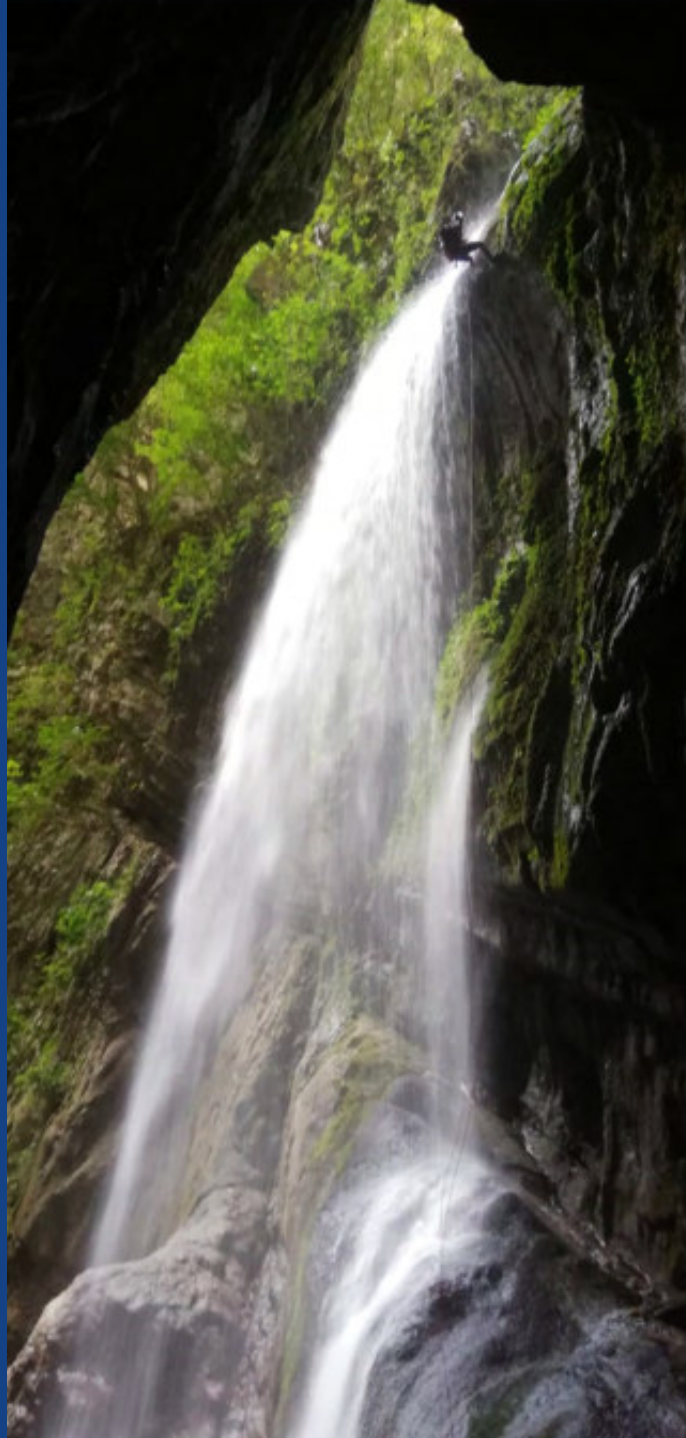
Por último, es preciso reseñar que, además de la bibliografía que se especifica a continuación, se ha contado con parte de los archivos de los grupos espeleológicos cordobeses GEJAM, GEC (ambos ya desaparecidos) y del G40.

## Bibliografía

- Aguayo Álvares, J. D. (2018): **Memorias del Grupo Espeleológico Córdoba**. Córdoba. 2018. 82 pp.
- Arjona Castro, A. (1991): **Historia de la Villa de Zuheros y de la Cueva de los Murciélagos**. Zuheros. 1991.
- Azul (1938): **Importante hallazgo arqueológico en Zuheros**. Azul, órgano de Falange Española Tradicionalista y de las JONS, 8 de mayo de 1938. Córdoba. P 4.
- Bermúdez Cano, R. (2009): **Recopilación bibliográfica referente a la arqueología e historia de las cavidades de la Subbética Cordobesa**. Antiquitas, nº 21. Publicación del Museo Histórico Municipal de Priego. 2009. Pp 293-325.
- Bermúdez Cano, R. (2010): **Apuntes sobre la historia de la Cueva de los Murciélagos de Zuheros** (Zuheros, Córdoba). Exploraciones espeleo-castrenses de 1938. Andalucía Subterránea. Revista de espeleología y descenso de cañones, nº 21. 2010. Pp 63-66.
- Bermúdez Cano, R.; Aliama Martínez, A.; Ruiz-Ruano Cobo, F.; Ruiz-Ruano Cobo, A.; Alcalá Ortiz A. (2017): **Ruta de las cuevas de Zuheros**. Zuheros. 2017.115 pp.
- Cabrera La Torre, A. (1903): **Ensayo monográfico sobre los quirópteros de España**. Memorias de la Sociedad Española de Historia Natural. Tomo II. Memoria 5ª. Madrid. 1903. Pp 249-288.
- CATFAE (2020): **Catálogo de cavidades y cañones de Andalucía [en línea]**. Disponible en <http://www.catfae.com>. Federación Andaluza de Espeleología (FAE). Consulta 30 de septiembre de 2020.
- Diario Córdoba (1884): **Dehesas**. Diario Córdoba. 18 de octubre de 1884. Córdoba.
- El Popular. (1938): **La Cueva de los Murciélagos de Zuheros**. El Popular, año XXI. Nº 1042. 06 de julio de 1938. Caba. Pp 5-6.
- Expósito, F. (2006): **Córdoba se sitúa entre las provincias con más murciélagos de Andalucía**. Diario Córdoba. 20 de febrero del 2006. Córdoba.
- Expósito, F. (2007): **Cuatro cuevas conservan la mayor población de murciélagos**. Diario Córdoba. 7/01/2007. Córdoba.
- Fernández Cruz, J (1954): **Zuheros, yacimiento del Neolítico hispano-mauritano**. Paisaje, nº 90. 1954. Jaén. Pp 889-891.
- Fernández Cruz, J. (1967): **El descubridor de la Cueva de los Murciélagos**. Omeya, nº 8. Primer trimestre 1967. Diputación Provincial de Córdoba. Córdoba. Pp 67-70.
- Fernández Cruz, J (1969): **La Cueva de los Murciélagos de Zuheros en TV**. Diario Córdoba. 19/01/ 1969. Córdoba. P 10.
- Garrido García, J. A.; Ibáñez, C.; Fijo, A.; Mignes, E.; Nogueras, J.; Quetglas, J. (2008): **Los quirópteros cavernícolas de Andalucía**. El Karst en Andalucía. 2008. Pp 59-65.
- Góngora y Martínez, M. (1868): **Antigüedades Prehistóricas en Andalucía. Monumentos, inscripciones, armas, utensilios y otros importantes objetos pertenecientes a los tiempos más remotos de su población**. Madrid. 1868.
- González Álvarez, F. (1991): **Revisión del estado de conserva-**

- ción y protección de los quirópteros en España (Península y Baleares).** En Benzal, J., De Paz, O. (Eds.). Los murciélagos de España y Portugal. ICONA. Madrid. Pp 141-162.
- Grupo de Espeleología y Arqueología Ambrosio Morales (inédito): **Actividades 1962-63.** Córdoba. 13 pp.
- Guardia Rubio, M. (2008): **Evaluación de la efectividad del lavado de aceituna sobre la eliminación de residuos de plaguicidas: nuevas metodologías analíticas y situación real en almazaras.** Tesis doctoral. Univ. de Jaén. 2008. 228 pp.
- Gillén, A.; Ibáñez, C.; Pérez, J. L.; Hernández, L.; González, M. J. (1991). **Efecto de los biocidas en las poblaciones de murciélagos.** En Benzal, J., De Paz, O. (Eds.). Los murciélagos de España y Portugal. Colección técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Madrid. Pp. 211-234.
- Ibáñez, C.; Fernández, R. (1989): **Catálogo de Murciélagos de las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales.** Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones científicas. Madrid. 1989. 54 pp.
- Ibáñez, C.; Miguens, E.; Fijo, A., Quetglas, J.; Garrido, J. A.; Nogueres, J. (2005): **Seguimiento y conservación de refugios de murciélagos cavernícolas en Andalucía (4ª parte: Córdoba y Jaén).** Convenio Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) / Estación Biológica de Doñana (CSIC). Informe inédito.
- Junta de Andalucía (2001): **Libro Rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía.** Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Franco Ruiz, A. y Rodríguez de los Santos, M. (coordinadores). 2001. 336 pp.
- Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible (2005): **Inventario, seguimiento y conservación de refugios de murciélagos cavernícolas de Andalucía.** Medio Ambiente en Andalucía. Informe 2005. Gestión del Medio Natural.
- Junta de Andalucía. Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible (informe inédito): **Los quirópteros de la Cueva de los Murciélagos.** Julio de 2020. 3 pp.
- Luque Ruiz, E. (1967): **Señal y exaltación de Zuheros y de los castillos.** Discurso leído en Zuheros el día 26 de noviembre de 1967, en la celebración de la Primera Fiesta de Otoño en Zuheros. En ARJONA CASTRO, A. (1973): Zuheros, estudio geográfico e histórico de un municipio cordobés.
- Luque Valle, P. (2015): **La Sima de Cabra. Un abismo lleno de leyendas, literatura, eventos, naturaleza y espeleología.** Cabra, 2015. 345 pp.
- Luque Valle, P. (2016): **La Gruta de los Seis en la Cueva de los Murciélagos (Zuheros. España).** Acta EspeleoMeeting Ciudad de Villacarrillo. Villacarrillo. 2016. Pp129-136.
- Luque Valle, P. (2016): **Los Murciélagos del Museo Aguilar y Es-lava.** La Opinión. 21 de agosto de 2016. Cabra.
- Martínez Reguera, L. (1881): **Fauna de Sierra Morena. Catálogo descriptivo de los mamíferos del término de Montoro.** Madrid. 1881. 414 pp.
- Migens, E.; Ibáñez, C.; Quetglas, J. (1999): **Inventario, seguimiento y conservación de refugios cavernícolas en Andalucía.** Investigación y desarrollo medioambiental en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 1999. Pp 61-68.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural (2011): **Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.** BOE, número 46, de 23 de febrero de 2011. Madrid. 2011.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014): **Guías de gestión integrada de plagas en el olivar.** Martín Gil, A.; Ruiz Torres, M. J. (coord.). Madrid. 2014. 181 pp.
- Mora Luque, J. A. (2006): **Cuevas y simas de la provincia de Córdoba.** Estudios de Medio Ambiente Provincial, 6. Diputación de Córdoba. 2006. 114 pp.
- Morales Aguacino, E. (1935): **Algunos datos sobre Rinolofidos españoles.** Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XXXV. Madrid. 1935. Pp 437-441.
- Morales Aguacino, E. (1936): **Observaciones sobre algunos mamíferos españoles.** Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XXXVI. Madrid. 1936. Pp 435-439.
- Nájera Angulo, L. (1945a): **Receptividad de los murciélagos cavernícolas españoles (Miniopterus screibersii, Myotis myotis, Rhinolophus euryale y Rh. hipposideros minimus) al virus de la fiebre recurrente mediterránea.** Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección 10 de enero de 1945. Pp 217-228.
- Nájera Angulo, L. (1945b): **La susceptibilidad de los animales domésticos y salvajes al spirochaeta hispánica. Agente etiológico de la fiebre recurrente mediterránea.** Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección 10 de enero de 1945. Pp 217-228.
- Nájera Angulo, L. (1947): **Observaciones ecológicas sobre algunos quirópteros españoles.** Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XLIV, nº 78. Publicado el 15 de febrero de 1947. Escrito el 7/X/1946. Pp 321-333.
- Perejón, A.; Mediavilla, A. (2015): **Espeleología juvenil cordobesa (1962-1968).** Madrid 2015. 89 pp.
- Romero Zarco, P. (1990): **Quirópteros de Andalucía y Marruecos.** Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 1990. 398 pp.
- Segovia García, F. (1963): **A propósito de la Cueva de Zuheros.** ABC Sevilla. Número 18552. 15 de febrero de 1963. Sevilla. P 32.
- Segovia García, F. (1989): **La Gruta de Zuheros, historia de su descubrimiento.** Boletín del Museo Andaluz de Espeleología, nº 3. 1989. Granada. Pp 9-18.
- Zardoya, M. (1881): **Guano de Murciélagos.** 1881. 92 pp.





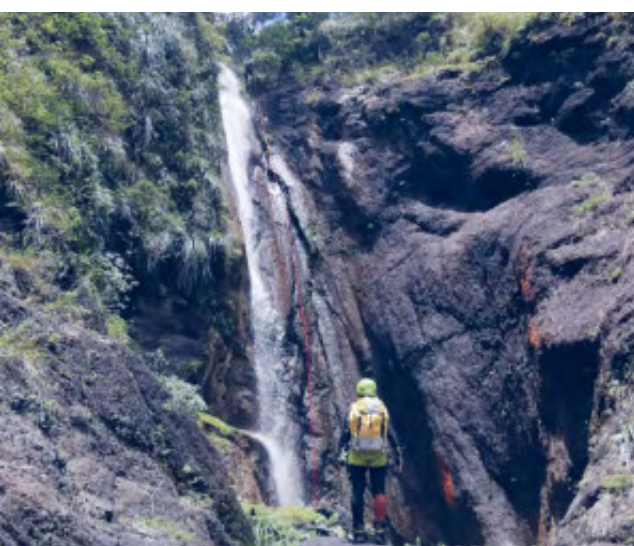
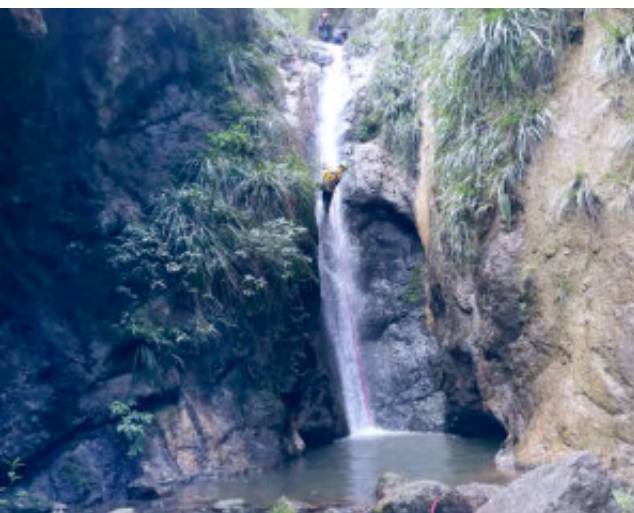
# Caribbean Canyoning 2019

<b>SAMUEL PEREZ</b>	México
<b>ALEXIS RIVERA</b>	Puerto Rico
<b>WILL BERBABE</b>	Rep. Dominicana
<b>MÁXIMO PERICHI</b>	Rep. Dominicana
<b>ELI MARTIN</b>	España
<b>GUILLEM TORDERA</b>	España

*Exploración  
y apertura  
de nuevos  
descensos*



Punto máximo al que llegamos por la pista del macizo central, 1800m.s.n.m.



Cascadas en arroyo de la Nuez.

## Introducción

Después de meses de planificación, exploración satelital y trabajo de localización en mapas nos desplazamos a Santo Domingo, capital de la República Dominicana, pero antes de describir la expedición vamos a aclarar los antecedentes de este viaje.

En el año 2017 parte de los integrantes de esta expedición estuvimos en la isla de Puerto Rico, allí contactamos con José Mendez miembro de CañonismoPR, un modesto colectivo de aficionados al descenso de barrancos, con poco tiempo de vida pero un buen nivel de formación y conocimiento de los principales descensos de la isla. Este viaje a Puerto Rico fué muy productivo, en cuanto a descensos, conocimiento de la orografía de la isla y los contactos y lazos humanos que allí nacieron. Se descendieron los principales descensos ya explorados por los isleños y se constató la calidad de sus descensos y el potencial de muchos de ellos aún por explorar.

Parte de los Barranquistas de Puerto Rico viajaron más tarde a la República Dominicana, allí conocieron a Máximo Perichi, un barranquista local que tenía cierto conocimiento de las principales zonas con potencial barranquista en la República Dominicana. Después de unas semanas en el País regresaron a Puerto Rico con buenos descensos aperturados y con mucha información y trabajo de campo.

Con todo esto y ya en 2019 decidimos centrarnos en la cordillera central de la República Dominicana aunque también preparamos mapeo y localización de sectores macizos montañosos secundarios. Tengamos en cuenta que la República Dominicana cuenta con numerosas sierras con elevaciones que rondan los 1300m/1800m sobre en nivel del mar y una cordillera o macizo central con elevaciones superiores a los 2500m, s.n.m. y con cumbres de hasta



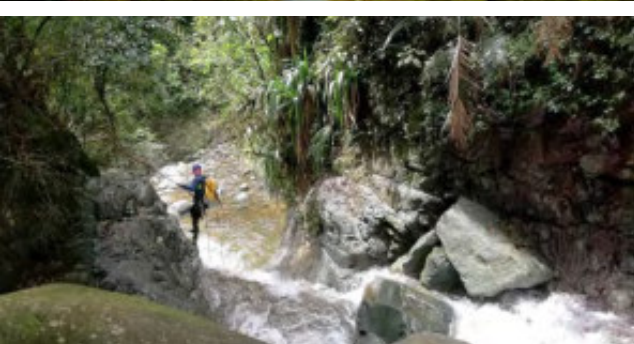
2800m de altitud, es decir, el potencial del país es enorme y en nuestro viaje constatamos este parecer que ya teníamos en la fase de exploración desde casa. El clima de la isla es Tropical pero encontramos micro climas de altura en el macizo central, con temperaturas nocturnas que pueden acercarse a los 5 grados, y máximas diurnas que no superan los 20 grados, además de la gran nubosidad que puede generarse en cuestión de minutos y alterar mucho las temperaturas, a todo esto de sumamos los aguaceros subitos que cualquier región tropical puede sufrir. Por otro lado en los macizos de menor altitud y mas cercanos a la costa podemos tener temperaturas superiores a los 35 grados y mínimas nocturnas elevadas, todo acompañado con porcentajes de humedad relativa constantemente cercanos al 80 y 90 por ciento.

## Expedición República Dominicana, Agosto 2019

**Y**a en la capital, Máximo nos recoge y vamos hacia una casa ubicada en la misma capital donde pasaremos la noche. Allí ya todos juntos intercambiamos opiniones y hacemos un primer repaso al material y depuramos aspectos logísticos. Contamos con un vehículo de alquiler (turismo) y un 4x4 pequeño, con estos vehículos podemos mover todo el material junto con las 6 personas que formamos el equipo. Por otro lado tenemos planificado el apoyo de un vehículo 4x4 de gran tamaño para ascender a lo alto de macizo central, en este sector es donde se encuentran los principales proyectos de la expedición, pero 30km de pista forestal y caminos agrícolas separan el sector del asfalto, y a esto le sumamos los más de 1000 metros de desnivel que cubre este camino, además cruza muchas vaguadas y depresiones de gran tamaño.



Imágenes de las jornadas de trabajo en Sierra de Barbacoa.



Imágenes de las jornadas en Jatubey, Cienaga y Baní.

Una vez en San Jose de Ocoa (interior del País) ya con todo listo para pasar 3/4 jornadas en lo alto del macizo central y con el Contacto local que nos hará las labores de chofer y cocinero nos vamos a dormir. A la mañana siguiente el citado local no aparece y el jarro de agua fría es tremendo para el grupo, después de perder valiosas horas tratando de encontrar otro colaborador local no tenemos éxito, replantemos la logística y decidimos subir con el único vehículo 4x4 del que disponemos (suzuki Jimy), tenemos que hacer magia para meternos los 6 más el material, pero lo conseguimos, aunque ahora la única logística posible es la de atacar los descensos más asequibles en distancia de aproximación y retorno a la pista y dejar las aperturas en ataques de un día teniendo la obligación de regresar a Ocoa después de cada jornada, pues mientras no tengamos una camioneta 4x4 decente y un cocinero o apoyo en altura no podemos plantear grandes aperturas.

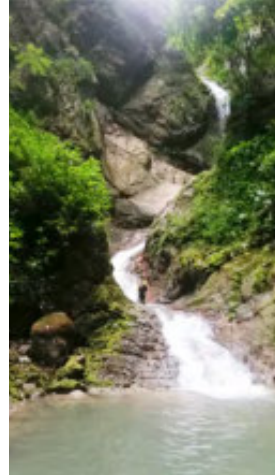
Logramos llegar a la cabecera de Arroyo de la Nuez, uno de los descensos programados, aperturamos más de -350 m, con numerosos rapeles el más grande cercano a los 40m, excavados en roca volcánica y una última parte caliza.

## En la sierra Barbacoa

Después de constatar la dificultad de avanzar por el espeso bosque muy selvático y repleto de plantas urticantes y de comprobar el mal estado de la pista a partir de los 2000 m.s.n.m. lamentablemente tenemos que abandonar el macizo central, dejando sus proyectos en estado latente para futuros viajes con un apoyo local más serio y profesional.

Nos desplazamos a la sierra Barbacoa, allí en una pequeña aldea llamada Nizaito





Imágenes de las jornadas en Jatubey, Ciénaga y Baní.

tenemos la humilde casa de la familia de Will, donde pasamos unos días explorando la citada sierra. Se trata de una sierra muy vertical y frondosa, con altitudes cercanas a los 1800 m.s.n.m. allí tenemos 4 proyectos mapeados, dos de ellos con la parte inferior ya explorada y descendida por locales y puerto Riqueños, pero con las partes superiores sin explorar.

Después de pasar unos duros días de exploración y descensos, abandonamos la sierra Barbacoa con una integral apertura, la del río Arenoso, con -480m, máx.45m y más de 4km de garganta, por otro lado la reequipación y mejora del tramo inferior del Río Arenoso, y la apertura de la Quebrada de Nizaito, con -180m máx35m y 1,8km de longitud.

Después de disfrutar en Sierra Barbacoa nos desplazamos al sur del país, muy cerca de la frontera con Haití en el sector la Ciénaga, pero antes pasamos unos días en el sector del río Jatubey. Descendimos el tramo más deportivo (según mapeo) del Río Jatubey. Encontramos un caudal importante y buenos rapeles y tramos excavados en calizas, en uno de los rapeles encontramos unas placas 8mm de aluminio petzl, imaginamos de alguna expedición francesa años atrás, estaba muy deteriorada y solo las encontramos en el tramo inicial del río, aunque tal vez lo descendieron por completo como nosotros pues es factible hacerlo usando naturales.

## La garganta del diablo

Después ya en la zona de la Ciénaga pudimos explorar y aperturar un afluente del cañón de san Rafael y descender su río principal, tramos muy excavados en calizas y con verticales de hasta 55m, solo encontrando agua en su tramo inferior, mucha calor ya en este sector y menos activos los arroyos y surgencias de la zona. Tras estar muchas horas indagando con los locales conseguimos buena información sobre un gran cañón acuático y contactamos con un local que se ofrece a llevarnos hasta la cabecera con una camioneta, sin duda fue un perfecto colofón para la exploración de este sector, pues nos encontramos con una angosta garganta repleta de murciélagos y con tramos oscuros por completo. La descendimos usando naturales, (puentes de roca, bolos empotrados y troncos empotrados), el local que nos llevó comentó que unos franceses habían estado allí hace años y también fue el quien los trajo y que nosotros éramos la segunda repetición, sin duda un cañón increíble «la garganta del diablo» le llaman por aquí a este tramo de río.

Ya como despedida nos desplazamos al valle de Baní, donde descendimos el tramo superior del su río principal también llamado Baní, aguas cristalinas, resaltes y badinas estéticamente impecables.



Imágenes de la expedición.

bles nos acompañaron en todo momento, poca verticalidad y muchos resaltes con estéticos saltos.

## Resumen de la expedición

**A**pertura de descensos en todos los macizos visitados, max v4 y a4, el compromiso de muchos descensos es muy alto, complicados retornos a carreteras o pistas, a muchas horas siempre de la cobertura telefónica y un país sin servicio de rescates en montaña. roca volcánica y caliza. Usamos anclajes de 8mm (parabolt) combinados con dyneema 4,5mm y roscapietra de 7,5mm excepto en la reequipación de la garganta de río Arenoso que usamos parabolt de 10mm y placas con argollas.

Taladro Bosch de 36v y doble batería, sacas Takamaca 55l de rodcle y neoprenos de 2mm/3mm para zonas calidas y de 5mm para descensos de altura, machete para abrir senda que fue usado casi en todos los descensos, mucha calor y humedad que aumenta el esfuerzo físico. Un país con mucha miseria y carreteras en muy mal estado en las zonas montañosas, y muy pocos locales con vehículos en condiciones.

Queda casi todo por descender en la cordillera central, pero se precisa alquilar un vehículo 4x4 grande y contar con logística propia, sería muy útil un cocinero en altura (macizo central), el grupo tiene intención de regresar y tenemos mucha info y mapeo realizado.

Más información en el 610792995 o en [coordinador@avemvalencia.es](mailto:coordinador@avemvalencia.es)

**Colaboraron:** Alpinacor; Rodcle, AVEM; Canyoning RD; CañonismoPR; Expedición Komoli (México)



Composición: Carmen Moreno

**JOSÉ ANTONIO MORA LUQUE**

Sociedad Espeleológica de Baena (G.A.E.A.)  
joseantoniomoraluque@hotmail.com

**Contribución  
al estudio  
del uso de  
las cavidades  
en Córdoba**



## Resumen

El presente trabajo recoge uno de los documentos de la historia del uso de las cavidades por parte de un colectivo como el de los integrantes del bandolerismo, que tuvo su apogeo en la zona de referencia a lo largo de los siglos XIX y principios del XX.

**PALABRAS CLAVE:** Bandolerismo, secuestro, cueva.

### Abstract

The present work includes one of the documents in the history of the use of cavities by a group such as banditry, which had its heyday in the area of reference throughout the 19th and early 20th centuries.

**KEY WORDS:** Banditry, kidnapping, cave.

## Las cuevas de bandoleros

A lo largo de la historia las cavidades han estado ligadas a las distintas actividades humanas en sus más variadas facetas. En este artículo haré referencia a uno de esos usos, que fundamentalmente durante el siglo XIX y hasta después de acabada la Guerra civil española tuvo una importancia capital en su utilización por parte de partidas de bandoleros.

En esta ocasión me voy a referir a alguno de los acontecimientos acaecidos en la provincia de Córdoba, con referencia a un hecho documentado en el sur de la misma y más concretamente en el área Subbética.

La conducta humana generalmente se dota de elementos que a lo largo de una determinada actividad le da la suficiente seguridad en la ejecución de sus fines. Este es el caso de la utilización por parte

de bandoleros y maquis de algunas cavidades en el territorio que nos ocupa.

La elección de estos espacios obedece fundamentalmente al hecho de ser lugares apartados, generalmente escondidos, con un buen nivel de control del territorio que por su visibilidad permitían visualizar a sus perseguidores (Migueletes y Guardias Civiles). La elección de estos lugares se complementaba con la localización de puntos de agua cercanos a la cueva, incluso en la misma, así como la complicidad de muchos lugareños que los abastecían de los bienes más básicos y preciados: silencio y comida.

Son varias las partidas de bandoleros que actuaron en la provincia de Córdoba y que utilizaron las cuevas como escondrijos en los que llevar a buen término sus fechorías. Entre los más conocidos en el sur de la provincia se pueden citar al «Cojo de Encinas Reales», «Navarro el de Lucena», «Capa Rota el de Doña Mencía», «Los tres de Fuente Tójar» (Reverte, Rebecca y Pepino Chico) y los pertenecientes a la partida, que da origen al documento objeto de este artículo: «Narizotas», «El Cuco», «Manos Abiertas», «El Castellano», «Sume», «Malas-Patas» y como jefe de la partida «Vaca-Rabiosa».

Ocasionalmente tuvieron actuaciones delictivas en esta parte de la provincia bandoleros de más enjundia, como José María «el Tempranillo» o Juan Palomo, uno de los siete Niños de Écija, por citar alguno.

En la provincia de Córdoba son conocidas varias cuevas ocupadas temporalmente por alguno de estos personajes. José María «el Tempranillo» recibe el indulto en Córdoba, en la Ermita de Nuestra Señora de la Fuensanta, cerca de las cuevas donde se escondía. Otras cavidades utilizadas por este personaje se localizan en el Puerto del Calatraveño, L Hornachuelos y en la Cueva de los Muñecos Despeña Pe-



ros en el camino de ascenso a la pequeña población de Aldea Quemada (Jaén).

En Alcaracejos, cerca del cerro del Castillejo, se localiza la Cueva de Juan Palomo, uno de los siete Niños de Écija. En Almodóvar del Río se encuentra la Cueva de Granados, donde el célebre bandolero escondía a las víctimas de sus secuestros.

Entre los límites de los términos municipales de Rute y Priego de Córdoba se localizan los lugares por los que campeaba el «Sordo de Rute», el que al parecer utilizó varias cavidades de los citados términos. Este bandolero murió a manos de un zagal, en la cueva que al parecer lleva su nombre, mientras contaba el botín de 4.000 reales, producto de una extorción. La mencionada cavidad se localiza en el término de Priego y se conoce como «el Abrigo del Sordo de Rute» (Bermúdez, 2011).

La Cueva de la Higuera del Diablo es una de las cuevas utilizadas en el sur de la provincia de Córdoba o norte de la de Málaga por «Vacarabiosa», jefe de la partida que da origen a este trabajo.

Si hay un personaje que se interesó por este tema desde un punto de vista literario pero también fundamentalmente legal o de persecución de estas partidas fue el Gobernador Civil de Córdoba, el Excelentísimo e Ilustrísimo Señor Don Julián de Zugasti y Sáenz, al que se le asignan para la lucha contra el bandolerismo plenos poderes en las provincias de Córdoba, Sevilla y Málaga, convirtiéndose a partir de 1870 en el azote legal de las distintas bandas que operaban en estas zonas de Andalucía.

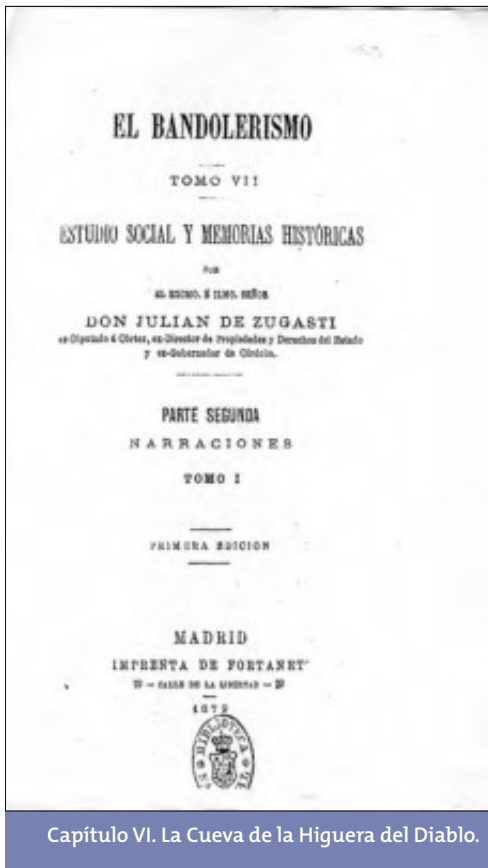
Este Gobernador Civil de Córdoba no sólo dedicó su esfuerzo a la captura y represión de estos colectivos alejados de



Imagen tomada del diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar, de Pascual Madoz .

todo marco legal, sino que dedicó gran parte de su tiempo a documentar todas las situaciones, lugares y acontecimientos de esta naturaleza que acontecieron durante su mandato, algo que hoy nos permite disponer de una documentación que nos hace entender mejor esta cuestión y el contexto social en que se desarrolla.

A continuación vamos a tratar de analizar una parte del trabajo documental de don Julián Zugasti basado en el secuestro de un niño, que durante su cautiverio estuvo confinado en dos cuevas. La primera, de la que no refiere ningún nombre,



parece que se encuentra en algún lugar entre los términos municipales de Benamejí, Palenciana o Encinas Reales y la segunda, que da nombre a esta historia, la Cueva de la Higuera del Diablo, localizada en el entorno de Cuevas de San Marcos, en la provincia de Málaga.

Dado que en el relato se hace referencia a parajes que se localizan en el citado municipio, la cueva se puede situar al norte del Cerro de Andrés, en el declive de un monte junto al cual discurre un arroyo. Como a eso de medio kilómetro y sobre la montaña se encuentra el Convento de las Algaidas, cuya huerta se interpone entre la cueva y el santuario. Podría tratarse de Cueva Belda, por lo que dejo a juicio del lector la consideración de esta posibilidad.

## La cueva de la Higuera del Diablo

Los bandidos, con esa perseverancia y energía de voluntad que caracteriza a las naturalezas incultas, en las cuales predominan los instintos, emprendieron el mencionado trabajo con ardor indecible.

Ya bien entrada la noche, y en uno de los descansos que hacían en su labor, mientras fumaban un cigarrillo, el case-ro dijo:

—Estoy pensando en que Vaca-Rabiosa tiene razón en eso de que pudieran descubrir al muchacho en la cueva.

—El mejor día sucederá lo que yo he dicho, repuso Vaca-Rabiosa.

—Pero el caso es que hasta ahora no ha sucedido, tercio el guardián.

—Pueden pasarse muy bien ocho días sin que nada ocurra, replicó el case-ro; mas todo puede echarse á perder en un instante; y no digo esto a tontas ni a locas.

—¿Qué quieres decir? Preguntaron a la vez todos los bandidos alarmados.

—Quiero decir, que si mi opinión valiera, esta misma noche debíais sacar de esa cueva a ese muchacho.

—Pero ¿por qué? Preguntó el guardián.

—Porque esta misma tarde ha pasado por aquí un mozo, que me ha dicho que mañana van a venir unos cuantos a cazar por estos alrededores, y no sería imposible que los perros, sintiendo gente en la cueva, llamaran la atención, acudiesen los cazadores, entrase alguno y sucediese un estropicio.

—Por eso cuando éste, señalando a Vaca-Rabiosa, habló de sus recelos, recordé esta noticia, y la verdad es que no dejo de pensar en ella.

—Pues yo hablé de eso como de una cosa que podía suceder; pero ignorando lo que tú dices, respondió Vaca-Rabiosa.

—No hay duda en que los perros pueden hacer muy mala obra, dijo el guardián.

—Y sin que los perros ladren, replicó el casero, puede suceder que algún curioso tenga deseo de entrar en la cueva, y entonces...

—Es menester matarlo, interrumpió impetuosamente Vaca-Rabiosa.

—Sí, repuso el guardián; pero entonces también sería necesario matar a todos los cazadores.

—Es claro, respondió Vaca-Rabiosa con feroz sencillez.

—Lo más acertado, dijo el casero, es que ahora mismo se lleven a ese chicuelo de ahí.

—Lo mejor habría sido el degollarlo, como yo decía; pero ya que habéis querido que Malas-Patas consulte con su tío el negocio, soy del mismo parecer que tú, que se lo deben llevar de ahí, en seguida.

—Pues yo haré lo que se disponga, respondió el guardián.

—El mejor sitio para ocultarlo bien y pronto, porque está cerca, sería la cueva de la Higuera del Diablo, dijo el casero.

—Tienes razón, repusieron los bandidos.

—Me parece bien, replicó el guardián; pero es menester llevar la jaca y que uno de vosotros me acompañe.

—Pues bien; márchate desde luego, que detrás irá el Cuco y llevará la jaca, dijo el casero.

Pocos minutos después, el guardián, habiendo hecho antes la seña convenida, penetraba en la cueva, y manifestó a su compañero y al cautivo que debían ponerse en marcha en seguida. Al efecto, le quitaron de los pies la traba de hierro al niño, y habiendo sacado el costal y los utensilios que allí tenían, le vendaron los

ojos al cautivo, conduciéndole fuera de aquel antro y saliendo al encuentro del otro bandido, que ya los esperaba con la jaca.

Inmediatamente lo subieron en la cabalgadura sobre la que habían colocado todo su equipaje, y guiando uno del diestro, y los otros dos a retaguardia, emprendieron su nocturno viaje.

Así caminaron lentamente como un cuarto de legua, cuando se oyó el rumor de una corriente de agua, a cuya margen se detuvieron y bajaron al cautivo, que se quedó bajo la custodia de uno de los bandidos, mientras que los otros dos subieron en la jaca y pasaron a la orilla opuesta.

En seguida regresó con la jaca uno de los dos que habían pasado, y, cogiendo al niño, lanzose de nuevo a la corriente.

Sucedió, pues, que habiéndose asombrado la jaca, se cayeron los jinetes al agua, recibiendo el infeliz niño la congojosa impresión que fácilmente se concibe, teniendo en cuenta la horrible circunstancia de que llevaba los ojos vendados.

El pobre cautivo, que ignoraba si era o no un río profundo, por una impulsión instintiva, más fuerte que todos los temores, y muy natural en aquel caso, desvendose inmediatamente los ojos, y entonces vio que se hallaba en medio de un riachuelo, cuyo cauce estaba flanqueado por enormes peñas y tajos.

No bien el desventurado niño se había quitado la venda y había contemplado por un momento la estrellada bóveda del cielo, cuando, como un espectro amenazador, esgrimiendo sobre su cuello un puñal centelleante, se le presentó el Cuco, diciéndole con voz aterradora:

—¡Tápate los ojos, si no quieres morir degollado! Estremecido de terror el azorado niño, apresurose a ponerse bien el pañuelo con que le cubrían los ojos; y de



Dibujo de Francisco Ariza.

nuevo, y completamente empapado en agua, volvieron á montarlo sobre la espantadiza jaca.

En resolución, diré que, después de este incidente, los bandidos y el cautivo tornaron a emprender su marcha en la misma forma que al principio, y, poco tiempo después, llegaron a una cueva, situada en el declive de un monte, y junto a la cual corre un arroyo.

A mayor altura, y a muy corta distancia, se encuentra una casa, llamada de los Yesares, desde cuya puerta salen dos veredas, una de las cuales baja directamente a la entrada de la cueva, en tanto que la otra, bien que dirigiéndose hacia la montaña, se aparta a los doce pasos otra senda, que conduce también a la misma cueva por una pendiente tan agria, que al final se ven unos cuantos escalones, hechos a mano, para facilitar la bajada por este punto.

Sobre la izquierda de la mencionada cueva, y a distancia como de unos cien

metros, hay un cerro otra casa, denominada del Pecho del Gitano, y como a medio kilómetro y sobre la montaña, se encuentra el convento de las Algaidas, cuya huerta se interpone entre la cueva y el Santuario.

La boca de la cueva tiene de anchura metro y medio y otro tanto de alto; poco distante de la entrada, y sobre la derecha, hay unas zarzas, junto a la margen del arroyo, mientras que a la izquierda de la boca se ve una higuera silvestre, que vulgarmente llaman Higuera del Diablo.

Los bandidos obligaron al niño a que penetrase detrás y cogido de la mano de uno de ellos en aquel antro, en tanto que otro le seguía, llevando el costal y los utensilios, quedándose el tercero de vigia en la puerta.

La cueva se ensancha desde luego sobre la izquierda, y como a unos diez pasos en el interior, aquella especie de galería hace un recodo y continúa internándose, si bien en este recodo presen-



tase un peñón bastante grande, que es necesario subir y salvar para seguir penetrando más adelante por aquella tenebrosa gruta.

Salvado el peñón, es indispensable caminar poco menos que a gatas, y fácilmente comprenderá el lector las angustias, encontrones y golpes que el infeliz niño a cada paso se daba contra las rocosas paredes de la caverna.

Más allá de la enorme peña que he indicado, adviértese a la izquierda otra boca, no muy grande, que conduce al final de la cueva, y que es un lugar bastante espacioso y no poco húmedo, a causa de la filtración de las aguas.

Los bandidos, pues, dejaron al malaventurado niño más allá del sobre dicho peñón y en una especie de plazoleta en donde le obligaron a tenderse, empapado de agua, sobre el costal de paja que le servía de lecho, después de haberle quitado el pañuelo de los ojos y volverle a poner la traba de hierro sobre los tobillos.

El desgraciado adolescente se hallaba sumergido a la sazón en un espantoso mar de confusiones.

¿Cuál era la causa de aquella traslación tan súbita y para él tan inexplicable? ¿Debía felicitarse o afligirse por aquel accidente? ¿Trataban tal vez de conducirlo a lugar más seguro para sacrificarlo a su furor, cumpliendo las amenazas que los bandidos habían hecho a su padre?

He aquí la serie de preguntas que a sí mismo se dirigía el angustiado cautivo, cuya ansiedad se aumentaba, dada su situación, con el más insoportable de los tormentos: el de la incertidumbre.

El niño, cuya inteligente precocidad había comprendido la imprudencia o el riesgo de dirigir pregunta alguna a su guardián en presencia de los otros dos bandidos, se había resignado a guardar el más absoluto silencio, que en aquel

caso era el colmo de la discreción y de la prudencia.

Pero entre tanto, su espíritu juvenil se perdía en un torbellino de trágicas y tremendas conjeturas, de misteriosos y crueles presentimientos, y de sombrías y fúnebres visiones, que revoloteaban en torno de su frente, como los genios melancólicos de las profundidades subterráneas, en medio de aquel antro tenebroso, elegido por el crimen para martirizar a la inocencia.

Una luz esplendida, pero inmaterial, una luz del alma, vino a iluminar por un instante aquellas espantosas tinieblas, con un pasamiento consolador para el triste niño, como fue el recuerdo de sus padres, a quienes le parecía ver y oír junto a su lecho.

Aquella imagen deliciosa y consoladora, tan llena de atractivos y esplendores, estaba, sin embargo, velada por una densa nube de sombras y de tristeza.

El aterrorizado niño imaginábase ver junto a sí a sus amados padres; pero los veía llorando con indecible amargura por su desventurada suerte.

Tal era la situación del cautivo, durante las primeras horas que pasó en aquella oscura y horrorosa cueva».

## Bibliografía

- Bermúdez Cano, R. 2011, **Sierra Gallinera y la Historia de la Espeleología Cordobesa**. VIII Simposio Europeo de Exploraciones. Marbella (Málaga).
- López Navarrete J. 1988, **Recopilación de datos sobre Alcaracejos y sus costumbres**. Imprenta Pedro López, Pozoblanco (Córdoba).
- Mora Luque, J.A. y Trujillo Navas R. 2011, **El Hombre y las Cuevas en la Provincia de Córdoba**. VIII Simposio Europeo de Exploraciones. Marbella (Málaga).
- Mora Luque, J.A. 2006, **Cuevas y Simas de la Provincia de Córdoba**. *Estudios de Medio Ambiente nº 6*, Diputación Provincial de Córdoba.



Mapa de situación de la Cueva de La Pileta.

# Sistema híbrido de topografía espeleológica en la cueva de La Pileta (Benaoján. Málaga)

*Aplicación  
interdisciplinar*

**JUAN MAYORAL VALSERA** (1,2)  
**MARÍA D. SIMÓN VALLEJO** (2, 3)  
**MIGUEL LÓPEZ CANO** (1,2)

(1) Club Deportivo Plutón.  
[juanmayoral@us.es](mailto:juanmayoral@us.es)

(2) PAMSUR (Grupo de  
Investigación para el estudio del  
tránsito del Paleolítico Medio-  
Superior en el Sur de Iberia).  
[miglopcan1@alum.us.es](mailto:miglopcan1@alum.us.es)

(3) Departamento de Prehistoria  
y Arqueología. Universidad de  
Sevilla.

[msimon@us.es](mailto:msimon@us.es)

## Resumen

En este trabajo exponemos los puntos clave de la metodología del Sistema Híbrido de topografía espeleológica, utilizado en la confección de la planimetría y el modelo 3D de la Cueva de La Pileta (Benaoján, Málaga) y sus posibles aplicaciones en estudios interdisciplinares de la misma. Al albergar esta cavidad un importante yacimiento arqueológico, su estudio ha condicionado el nivel de detalle y precisión de las topografías, así como los ítems incluidos como capas en las aplicaciones informáticas correspondientes.

**PALABRAS CLAVE:** Cueva de la Pileta, Topografía espeleológica.

### Abstract

We expose in this paper the key points regarding the methodology of the Hybrid System of speleological topography, used in the design of the planimetry and the 3D model of the Cave La Pileta (Benaoján, Málaga), and the possible applications in its interdisciplinary studies. As this cavity houses an important archaeological site, its study has determined the level of detail and precision of the topographies, as well as the items included as layers in the corresponding computer applications.

**KEY WORDS:** La Pileta Cave, speleological topography.



FIG. 3: Sala del Pez. (Juan Mayoral)

## Introducción

La investigación puesta en marcha sobre la Cueva de La Pileta exigió disponer de una planimetría suficientemente fiable y detallada para situar espacialmente los elementos de interés arqueológico (Cortés et al., 2019).

En este sentido, a pesar de contar con el plano de Verner (Breuil et al., 1915) y otros posteriores, entre los cuales el más preciso es el realizado por la S.E. Marbelli en 1977 (Mayoral et al., 2017), esas planimetrías no satisfacían las necesidades del estudio en marcha. Así pues, hemos desarrollado un método que adaptaba la metodología topográfica espeleológica utilizada hasta el momento a las necesidades del proyecto. Por otra parte, incorporamos instrumentos de medición muy precisos, como la Estación Total y el GPS Diferencial, lo que permitió añadir fiabilidad a los resultados, logrando satisfacer las necesidades planimétricas de diversas disciplinas (geología, arqueología, etc.) en un sistema que da opciones muy útiles y variadas, como poder contar con un modelo tridimensional de la cavidad, su integración en el sistema de referencia UTM, aplicación de planimetría vectorial temática, etc.

El hecho de trabajar en una cavidad con abundantes restos arqueológicos -cabe recordar que La Pileta es Monumento Nacional desde 1924 y Bien de Interés Cultural desde 1996- ha condicionado la organización, la metodología de las actividades y los propios trabajos. Otro tanto ha sucedido por las distintas necesidades de localización espacial de vestigios arqueológicos, geoquímicos, antropológicos, etc. (fig. 2 y 3).

La respuesta a esas especiales condiciones ha servido para perfeccionar el sistema de toma de datos y la forma de interpretarlos mediante el software co-



FIG. 2:  
Sala en zona  
de Galerías  
Inferiores.  
(Francisco Hoyos)

respondiente que relacionamos a continuación.

La metodología detallada que hemos desarrollado la hemos denominado «Sistema Híbrido de Topografía Espeleológica» (Mayoral et al., 2017, Mayoral, 2020). A modo de resumen, estaría compuesta por los siguientes elementos:

## Material y software

**A**l objeto de obtener las coordenadas de puntos del exterior:

- GPS Trimble R6 GNSS

Las coordenadas de puntos de la poligonal principal se han obtenido con ayuda de una:

- Estación Total Topcon GPT3000N y accesorios.

Las mediciones de poligonales secundarias y radiaciones se han obtenido con:

- Medidor Leica® DistoX2
- Trípodes fijos de aluminio con diana rotatoria.
- Trípodes extensibles de plástico con diana fija.
- Tablet con sistema operativo Android.

El *software* utilizado ha sido:

- *Topodroid*
- *Autocad*®
- *Adobe Illustrator CC*®
- *SketchUp*®

En la utilización y aplicación del Sistema hay que tener en cuenta que:

Los puntos del exterior obtenidos con el GPS deben enlazarse con la poligonal principal, que se inicia también en el exterior junto a una boca, para obtener las coordenadas UTM de cualquier punto interior de la cavidad.

Las estaciones de la poligonal principal han de quedar fijadas en el suelo, mediante un pequeño tornillo de acero inoxidable. Para no perder nunca su ubicación es conveniente realizar al menos dos fotografías (general y de detalle) con referencia clara a elementos conocidos e inconfundibles (*figura 5*).

Estos puntos, obtenidos con gran precisión con la Estación Total, sirven de inicio a las poligonales secundarias y las radiaciones que permiten obtener los dibujos de planta, detalles y modelo 3D, minimizando la acumulación de errores al partir de orígenes de coordenadas conocidas.





FIG. 5: Ejemplo de fotografía de situación de estación topográfica en el suelo para posterior utilización en su localización.

## Resumen de la metodología del sistema

Una vez fijados los puntos de la poligonal principal, comenzaremos el proceso de mediciones con el Disto X2. Hay que decir que, si no se dispone de Estación Total o GPS diferencial, se puede igualmente utilizar el Sistema Híbrido aunque, como es obvio no se obtendrá la precisión que sí aportarían estos instrumentos topográficos.

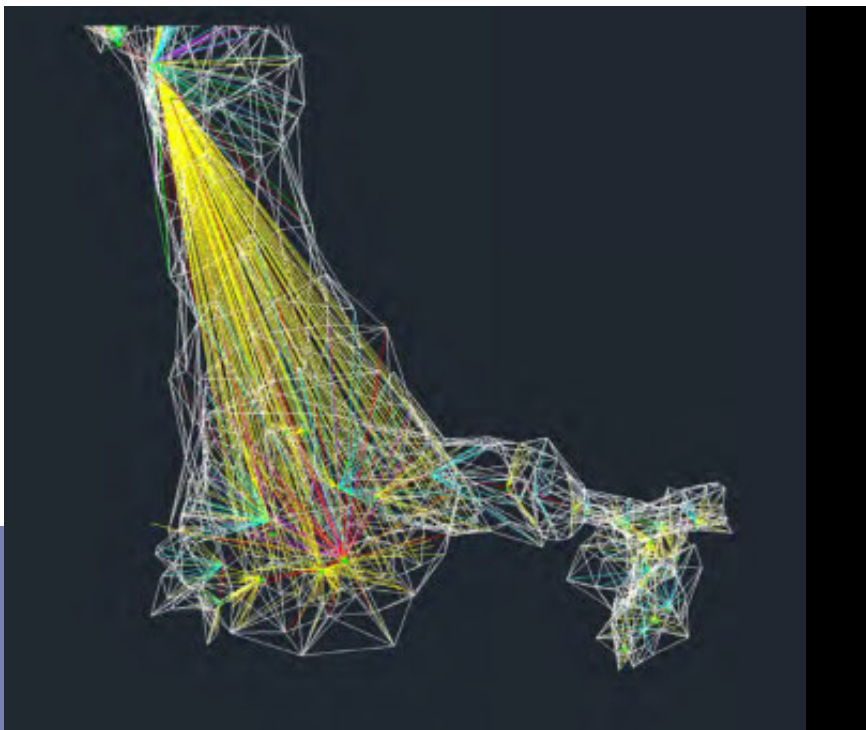
A continuación se inicia la poligonal a partir de puntos fijos conocidos (idealmente, los marcados con la Estación Total). En cada estación se toman una serie de conjuntos de mediciones, que son trasladados seguidamente a líneas que se definen con trazos de distinto color y el tipo correspondiente en el programa Topodroid. Así, por ejemplo, si realizamos 200 mediciones para acotar las anchuras de una galería, esos puntos se unen con la línea correspondiente antes de seguir con otras mediciones. Tras esto, podemos medir, por ejemplo, el contorno de un lago con el número suficiente de mediciones, descargar esos puntos y, seguidamente, dibujar

dicho contorno en Topodroid. Si hemos de situar las estalagmitas de una sala podemos realizar, por ejemplo, 6 mediciones por cada estalagmita representativa, y, tras asegurarnos que no habrá confusión con los puntos una vez descargados, dibujamos la planta de las estalagmitas; quedando así reflejada su situación y grosor aproximado.

Para poder obtener el modelo 3D es preciso tomar un número fijo de mediciones en plano apro-

ximadamente vertical. Pueden ser 12, 20, 24, etc. Hay que reconocer que un número superior a 12, aunque aumenta el realismo del modelo, incrementa notablemente el trabajo de dibujo de la malla en *Autocad*® o *SketchUp*®, y uno inferior causaría un resultado demasiado simplificado del modelo. Antes de tomar estas medidas y descargarlas, hay que crear un punto virtual a partir de la última estación a una distancia de un centímetro o menos y cualquier rumbo e inclinación. Esto servirá para diferenciar claramente estas medidas en el programa 3D que utilizemos, aislarlas junto con las siguientes mediciones verticales (para las que usaremos el mismo proceso) y poder dibujar las 24, 40 o 48 caras triangulares que constituyen básicamente el módulo del modelo 3D de la cavidad. Este proceso es laborioso, pero nos permite obtener resultados relativamente realistas sobre la morfología 3D de la cueva. En este punto, hay que reconocer que este método no es comparable con la resolución obtenida con un escáner láser 3D. Habrá que valorar las posibilidades de usar este último, en función de sus características, prestaciones y disponibilidad.

FIG. 6. Ejemplo de vista en Autocad® de mediciones para el dibujo de los triángulos 3D que conforman la malla de la Gran Sima.



En el caso de pozos o salas de una morfología que no admita el método anterior, hay varias opciones. Así, puede crearse desde una estación un punto virtual a poca distancia y, desde aquí, realizar una radiación de decenas o cientos de puntos que cubran la superficie elegida. Al procesar esta radiación, simplemente se unen los puntos más cercanos con triángulos 3D consecutivos que construirán la malla. En el caso de los pozos, también tenemos la opción de usar el mismo método que en las galerías horizontales, pero tomando las medidas de las secciones en un plano aproximadamente horizontal, en lugar de vertical. Y el proceso de construcción del armazón de triángulos 3D es el mismo que en el caso de las galerías, pero al aislar cada dos grupos de radiaciones tendremos que unir los puntos con triángulos 3D aproximadamente verticales (*fig. 6*).

La realización de los triángulos 3D aislando cada dos secciones consecutivas facilita mucho el trabajo, del mismo modo

que asignar colores diferentes a las radiaciones de cada sección. De este modo, no hay confusión posible, sobre todo si seguimos un orden consecutivo en el dibujo de los triángulos.

En los datos obtenidos en la Tablet hay que destacar la importancia de realizar un buen dibujo de planta, diferenciando nítidamente los distintos elementos de interés que luego representaremos con mayor precisión en el plano definitivo y que tendremos que exportarlos a un formato que reconozcan los programas que utilicemos para el dibujo 3D y de planta. En nuestro caso, hemos utilizado el formato DXF, siendo también posible exportar y conservar las mediciones y dibujo de la Tablet en formato ZIP, por si queremos modificar algún dato o dibujo en cualquier momento posterior.

El formato DXF se emplea para la construcción del modelo 3D. En nuestro caso hemos usado el software *Autocad*®. Con este programa obtenemos un fichero DWG

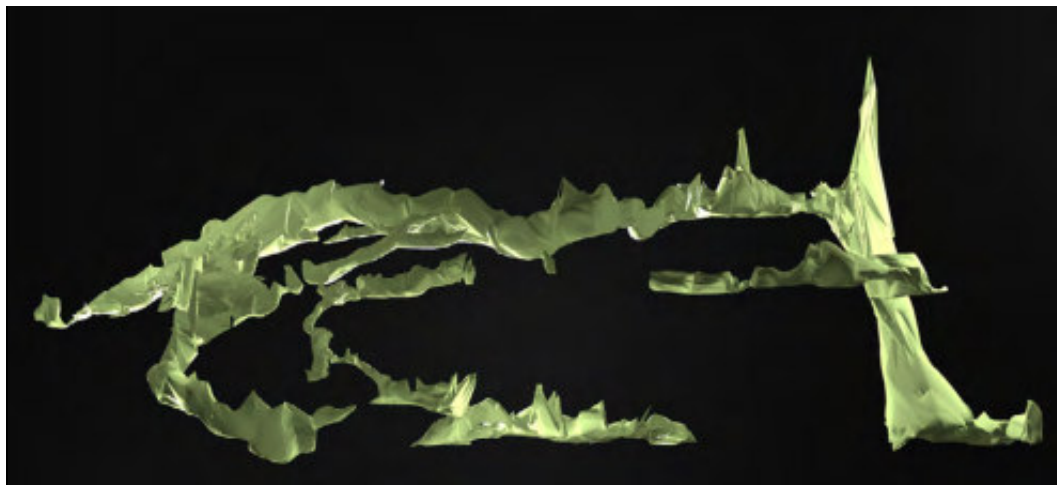


FIG. 7: Ejemplo de vista 3D de la malla con suavizado e iluminación en Autocad®.

que constituye la base del modelo donde conviene identificar claramente la información por capas, grosores de línea y colores las poligonales o los puntos que nos sirvan de referencias posteriores. Este modelo permite obtener rápidamente la altura relativa de cualquier punto representado.

Una vez obtenida la malla 3D con el suavizado elegido (*fig. 7 y 8*), podemos realizar la intersección de la misma con un número concreto de planos horizontales construidos según nos interese, equidistantes normalmente un metro (*fig. 4*). Así, obtendremos el dibujo aproximado de las curvas de nivel, que puede exportarse en la escala correspondiente al dibujo de planta y nos sirve para disponer de una capa temática que se podría denominar «curvas de nivel intersecciones». En otra capa, se realizaría el dibujo de las curvas de nivel adaptadas a los requerimientos del plano y a los demás dibujos superpuestos. En el caso de la Cueva de la Pileta, realizamos la intersección de la malla con 100 planos horizontales equidistantes 1 m y el resultado se ha incorporado al dibujo de la planta de la cavidad.

Aunque los medios técnicos expuestos facilitan el trabajo, este método no deja de ser muy laborioso. Así, como ejemplo,

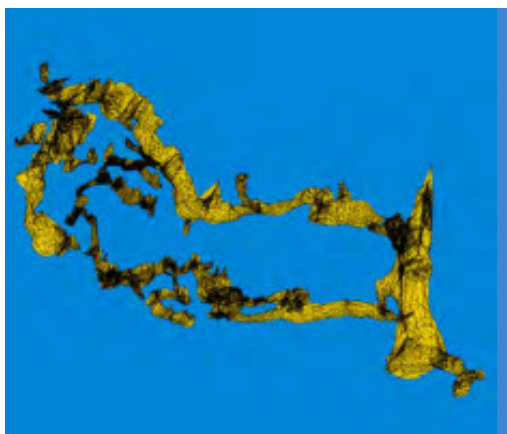


FIG. 8: Ejemplo de vista 3D de la malla en SketchUp®.

indicaremos que para la elaboración del modelo 3D de la Cueva de la Pileta hemos requerido un total de 17.761 mediciones. Para los dibujos de la planta y alzado de la cavidad, el número de puntos ha sido de más de 12.000, mientras los cálculos de superficie proyectada horizontalmente arrojan un resultado de 12.918 m<sup>2</sup> y un perímetro de 3.657 m (Mayoral et al., 2020, Mayoral, 2017).

Para el dibujo de la planta de la cavidad, importamos a una capa del fichero de trabajo abierto en *Adobe Illustrator*

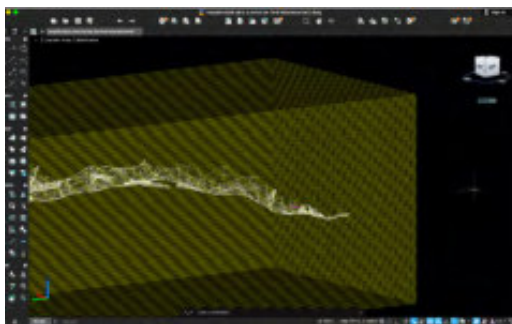


FIG. 4: Creación de planos horizontales en el modelo 3D para obtener en la intersección la forma aproximada de las curvas de nivel.

CC® el DXF, que corresponde al dibujo de planta de cada poligonal y con la escala adecuada. La aparición en cada fichero de dos líneas perpendiculares que parten del origen y miden 10 m facilita escalar exactamente el dibujo a las dimensiones correspondientes a la escala elegida. Con posterioridad, se añade una nueva capa sobre la que realizar los dibujos vectoriales más precisos, fijando curvatura, grosor, tipo y color de línea. En este sentido, es muy útil la biblioteca de pinceles con motivos de topografía espeleológica que está disponible en la web

(<https://es.scribd.com/document/293779492/2015-12-21-Simbologia-Espeleologica-Con-Adobe-Illustrator>).

A continuación, se siguen añadiendo

do capas según los requerimientos de la investigación. En el dibujo de la Cueva de la Pileta hemos utilizado treinta capas principales, además de diversas capas provisionales, que se han ido borrando una vez pasada su información a los dibujos correspondientes (fig. 9).

El programa *Adobe Illustrator CC®* permite trabajar en modo vectorial, lo que es muy útil a la hora de realizar escalados sin perder resolución. Ello nos ha permitido imprimir el plano en tamaño de varios metros de longitud y con una resolución de 300 ppp.

Otra utilidad reseñable de este método es la posibilidad de visualizar o imprimir las partes o zonas de la cueva que interesen. En nuestro caso, hemos trabajado sobre cuatro ficheros separados correspondientes a cada una de las zonas de la cavidad: Galería Principal, Galerías Inferiores, Gran Sima y Sector Grajas (fig. 10). Aparte, un fichero general que incluye leyenda, simbología, escala, etcétera, sirve para realizar la unión de los datos de las cuatro partes. Hemos realizado una versión vertical y otra horizontal del fichero general, para exportar o imprimir según el formato más conveniente en cada caso.

FIG. 9: Ejemplo de capas temáticas en el Salón del Lago: número de fotografía, tipo de escalones, situación de paneles pintados y número de estación.

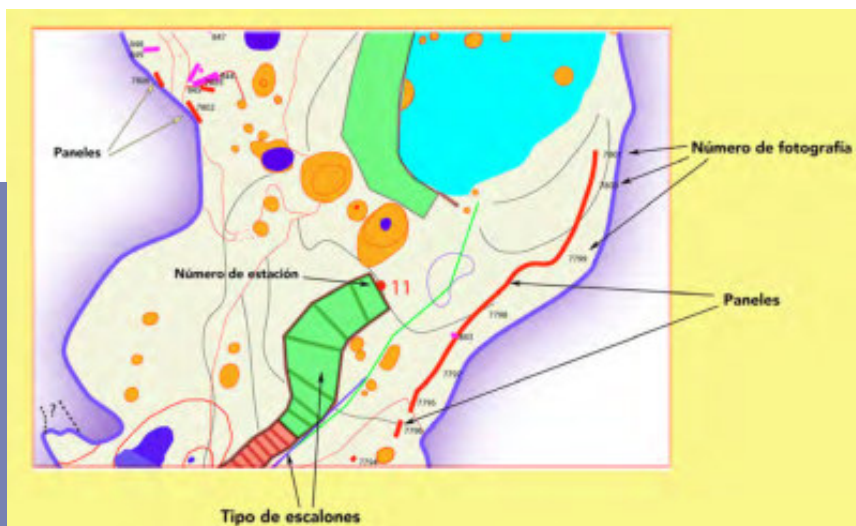






FIG. 10: Plano de Planta general, obtenido con el Sistema Híbrido y mostrando sólo las capas más comunes: morfología, escaleras, nombres, simbología, alturas, etc.

## Disponibilidad para diversas disciplinas

Aunque el desarrollo de esta metodología tiene su raíz en las necesidades del proyecto de investigación arqueológica de la Cueva de la Pileta, su desarrollo ha ido creando nuevas necesidades que básicamente hemos podido solucionar gracias a la sencillez y flexibilidad que permite el Sistema Híbrido. De esta manera, únicamente ha sido necesario realizar nuevos grupos de mediciones a partir de puntos conocidos (normalmente las estaciones fijas en el suelo), colocar los datos obtenidos en una nueva capa en el plano y añadir, en otra capa, el dibujo correspondiente. Así, por ejemplo, si el estudio geológico requiere situar en el plano determinados espeleotemas, hemos tomado las medidas con el DistoX2, hemos realizado una fotografía

del motivo de interés y hemos anotado en el dibujo de planta de Topodroid el número de fotografía. De este modo, obtenemos en el plano la situación de los motivos de interés, y en otra capa disponemos de la información del número de fotografía correspondiente a los mismos, que podemos ocultar o incluir a voluntad en las distintas versiones del plano.

Por otra parte, si bien es cierto que la topografía de una cavidad nunca está terminada, porque se puede seguir perfeccionando, ampliando, corrigiendo y detallando, el sistema obtenido presenta la ventaja de servir a las necesidades actuales, dejando abierta la posibilidad de incluir nuevos datos en el plano según vayan surgiendo las necesidades, hecho fundamental para futuros trabajos. En resumen, no se trata de un dibujo estático o cerrado sobre el que se hacen anotaciones, sino de un fichero dinámico

que se va enriqueciendo con el tiempo e incorporando información que permite correlacionar diversas visiones, enlazando datos y aclarando cuestiones que surgen durante la exploración, sobre todo si se trata de una cavidad que alberga vestigios resultado de un palimpsesto de actividades antrópicas de decenas de miles de años.

La posibilidad de relacionar determinados tipos de indicios naturales o antrópicos (restos arqueológicos, grafías, estructuras, etc.) con accidentes morfológicos propios del endokarst (gateras, rampas, pozos, lagos, etc.) se hace mucho más patente cuando la planimetría permite no sólo situar éstos, sino seleccionarlos a voluntad para su ilustración *ad hoc*. Del mismo modo, disponer de una forma rápida de conocer la profundidad o altura de un determinado punto o el grado de dificultad de su acceso, añaden elementos de utilidad al sistema.

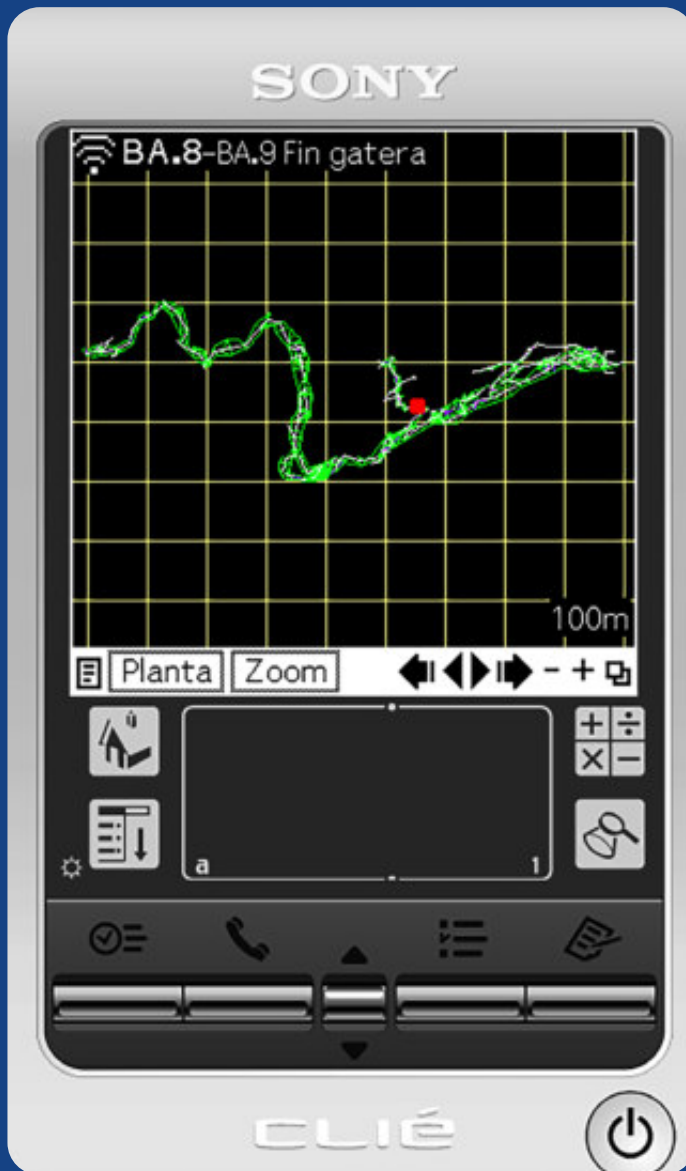
En conclusión, la conjunción de las mediciones que permiten una planimetría fiable, con las capacidades gráficas de programas como *Adobe Illustrator CC®*, especialmente en lo relativo al trabajo con capas, abren un amplio campo de posibilidades de selección, relación y filtro de datos de todo tipo, lo que garantiza su rápida visualización e impresión, según los intereses de la investigación. Espeleología, arqueología, geología, biología y muchas otras disciplinas pueden beneficiarse de las distintas visiones y posibilidades que aporta este sistema, relativamente barato, sencillo y preciso. Aunque se ha iniciado en la Cueva de La Pileta, el Sistema Híbrido de topografía espeleológica ya se está aplicando a otras cavidades (Vázquez et al., 2018; Téllez et al., 2019), mientras en La Pileta el desarrollo de los proyectos de investigación está planteando nuevos retos que están siendo debidamente superados.

## Agradecimientos

Este trabajo es resultado de los proyectos US-1264079/I+D+i FEDER Andalucía 2014-2020 y HAR2016-77789-P. La actividad arqueológica en La Pileta se ha desarrollado con la autorización de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía. Agradecemos a la familia Bullón todas las facilidades para los trabajos en el yacimiento.

## Bibliografía

- Breuil, H., Obermaier, H., erner, W. 1915. **La Pileta à Benaoján (Málaga) (Espagne)**. Institute de Paléontologie Humaine, Monaco.
- Cortés Sánchez, M.; Simón Vallejo, M.D.; Parrilla Giráldez, R.; Macías Tejada, S.; Calle Román, L.; MMartínez Aguirre, A.; Odriozola Lloret, C.; Jiménez Barredo, F.; Mayoral Valsera, J.; Esparza Sáinz, L. (2019). **Pileta integral. Miradas desde el siglo XXI. Nuevas tecnologías para una cueva excepcional**. *Miradas desde el siglo XXI. Nuevas Tecnologías para una cueva excepcional*, en, García Atiénzar, G. y Barciela González, V. (Coords.), Las Sociedades prehistoricas y manifestaciones artísticas, INAPH Colección Petracos 2, pp. 253-258.
- Mayoral Valsera, J.; Cortés Sánchez, M.; Simón Vallejo, M.D.; Gavilán Zaldúa, M. (2017). **Sistema Híbrido de Topografía Espeleológica**, en. III Simposio Andaluz de Topografía Espeleológica. Federación Andaluza de Espeleología, pp. 77-83. Málaga.
- Mayoral Valsera, Juan (2020). **Metodología de exploración y topografía en cavidades con restos arqueológicos. Nuestra experiencia en la cueva de La Pileta**. Revista de la SEDECK nº 15, pp. 48-60.
- Téllez Gottardi, A.; Vázquez Ríos, F.J.; Téllez Gómez, A. (2019). **La cueva de La Palomina, topografiada en 3D**. *Andalucía Subterránea*, 31: pp. 63-73. Málaga.
- Vázquez Ríos, F.J.; Téllez Gottardi, S.; Téllez Gómez, S.; Mayoral Valsera, J. (2018). **Metodología de trabajo para la topografía espeleológica mediante el Disto-X para 2D y 3D**. *Andalucía Subterránea*. 30; pp. 85-96.



Auriga ejecutándose en un emulador.

**LUC LE BLANC**

(Traducción y actualización del artículo publicado en el número 98 del Cave Radio and Electronics (CREG Journal de la British Cave Research Association).

**Una mirada  
a los 20 años  
de desarrollo  
de Auriga**

*AURIGA ha sido el primer software de espeleología diseñado específicamente para un uso subterráneo. Su adopción por parte de muchas expediciones ha mejorado la calidad de sus datos de topografía, favoreciendo las correcciones de errores de topografía en la cueva y ayudando a orientar las exploraciones. Luc Le Blanc, diseñador del software, reflexiona sobre sus años de desarrollo del programa gratuito Auriga.*

## Introducción

**E**n 2002, nuestra expedición «Méx-pé»<sup>1</sup> buscaba una solución de procesamiento de datos topográficos de bajo consumo eléctrico para utilizarla en su campamento base en la selva mexicana. Nuestras opciones entonces eran una calculadora de bolsillo programable y su tediosa interfaz o un ordenador portátil para el que no teníamos panel solar, sino una batería de plomo-gel recargable en el coche. Algunos de nosotros disponíamos de un asistente digital personal (PDA) con sistema operativo Palm OS que podía ejecutar un programa de hoja de cálculo y que se alimentaba con un par de pilas alcalinas AA. Así que busqué una hoja de cálculo para espeleología ya hecha, y en su lugar encontré un pequeño software (40 Kb) escrito para probar un prototipo de caja de sensores de rumbo y pendiente a través de un enlace en serie (con cable).

En 2017, Auriga<sup>2</sup> es un software completo de topografía de cuevas que sigue funcionando en dispositivos portátiles Palm OS, pero también en dispositivos Android bajo el emulador StyleTap<sup>3</sup>. El software maneja datos numéricos de topografía, introducidos manualmente o recibidos a través de un enlace Bluetooth,

ofrece una representación gráfica en forma de mapa de la cueva, el dibujo en pantalla de las paredes de la cueva alrededor del trazado de líneas y la importación/exportación desde/a varios programas de topografía o dibujo de cuevas. El software incluye la gestión de una red de cuevas, el cierre de bucles, el seguimiento por GPS de los pasajes subyacentes de la cueva y admite numerosas unidades de medida, opciones y preferencias del usuario. Esto va mucho más allá de los requisitos iniciales. ¿Qué ocurrió entre esas fechas?

## De herramienta de depuración a programa principal

**E**l programa Auriga de Martin Melzer, diseñado principalmente para ayudar a probar y depurar su prototipo de caja de sensores, tenía la capacidad de mostrar un sencillo mapa de cuevas.<sup>4</sup> Las funciones eran limitadas, pero ya era mucho más de lo que esperábamos. El programa demostró que, con un sistema operativo muy sencillo, la trigonometría y los gráficos podían realizarse a una velocidad utilizable en un procesador de 16 MHz; esto me dio el impulso para cambiar nuestro objetivo de un procesador de datos de topografía en el campamento base hacia una solución en la cueva para introducir, ver y fijar los datos de la topografía en un dispositivo portátil. Como diseñador de software de profesión, ofrecí mi ayuda para mejorar el software en lo que respecta a su interfaz de usuario y su lista de funciones. Pronto supe que Martin había abandonado el proyecto de la caja de sensores y que el código fuente era todo mío para trabajar en él. Compré la Palm OS Bible, encontré una copia del entorno de desarrollo CodeWarrior y ya





Daniel Caron usando Auriga en Mexpé.

estaba trabajando. Palm OS es un pequeño sistema operativo basado en eventos fáciles de aprender<sup>5</sup>. Su lenguaje natural es el C, probablemente porque las constantes asignaciones de memoria de un lenguaje orientado a objetos como el C++ serían una carga demasiado pesada para los dispositivos pequeños.

Como ocurre con la mayoría de los esfuerzos humanos, ¡no tenía ni idea de la magnitud del esfuerzo que acabaría dedicando a este proyecto!

## Mexpé como banco de pruebas

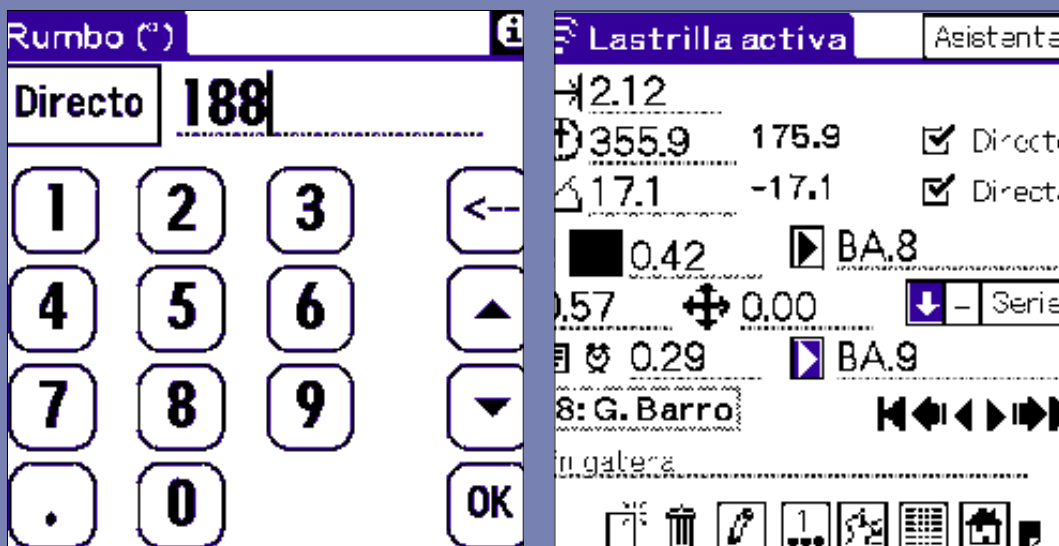
Desde el principio, el proyecto de Mexpé parecía un excelente banco de pruebas: teníamos unos cuantos equipos multilingües (quebequenses francófonos, invitados británicos y estadounidenses y mexicanos locales) que exploraban numerosas cuevas, a veces durante años, y algunas acababan conectándose. Cada equipo tenía sus propios hábitos y equipos, y a veces cambia-

ba de metros a pies. Si Auriga podía manejar todo esto, debería satisfacer las necesidades de todos, siempre que el software se adaptara a los usuarios, y no al revés.

El problema de la mezcla de unidades de medición se resolvió mediante el uso de sesiones de levantamiento: cada disparo de levantamiento entre dos estaciones de levantamiento pertenece a una sesión que describe las herramientas

utilizadas, sus unidades de levantamiento y la declinación magnética contemporánea. De este modo, los datos topográficos podían almacenarse sin unidades, tal y como se leían en los instrumentos, y sólo se aplicaban conversiones o calibraciones cuando se calculaban las coordenadas cartesianas a partir de los datos polares (es decir, las visuales topográficas).

En 2003, volví a Mexpé, esta vez con un Auriga mejorado. Pero un problema que surgió inmediatamente fue la incapacidad de computar las cuevas topografiadas de manera discontinua: un equipo podría empezar a explorar y topografiar desde la entrada de la cueva, luego dejar de topografiar y seguir explorando hasta el fondo de la cueva, y volver otro día para topografiar desde el fondo de la cueva hasta el final de la topo inicial. Esto chocaba con las restricciones inspiradas por Toporobot que se implementaron originalmente en Auriga (Toporobot, uno de los primeros programas de topografía de cuevas para Mac OS, imponía establecer nombres de estaciones sólo numéricos en un estricto orden secuencial sin huecos). Tras varios días de

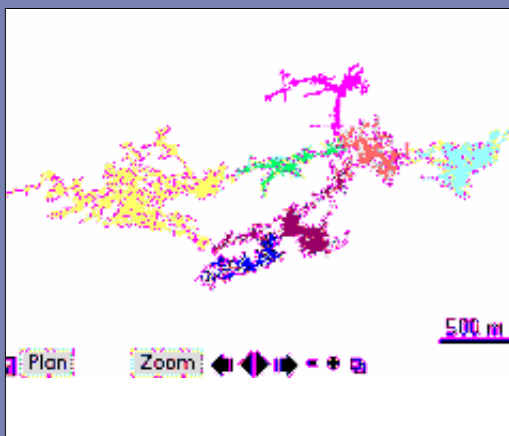


reflexión, resolví el problema aplicando un algoritmo que recorre el gráfico de la cueva en dirección alternativa, calculando cada vez las estaciones aún no calculadas y vinculadas a las ya calculadas. El proceso se detiene cuando todas las estaciones están calculadas, o cuando ya no cambia nada, lo que permite, además, detectar visuales huérfanas (no vinculadas al «resto» de la cueva) o bucles (visuales aún no calculados que vinculan estaciones ya calculadas).

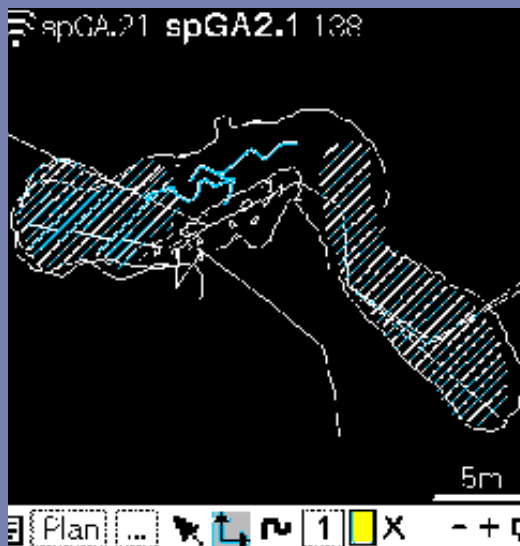
## Versión pública

Aunque Auriga estaba inicialmente destinado a Mexpé, tenía sentido ampliar su uso dado el tiempo ya invertido; lo veía como un retorno a la comunidad. Así, en diciembre de 2003, la primera beta pública de Auriga se puso a disposición de todo el mundo de forma gratuita en tres idiomas. Por primera vez, se diseñó un software de topografía de cuevas desde cero para ser

utilizado bajo tierra, sustituyendo el papel para la introducción de datos numéricos. Los datos se introducían uno a uno, en una ventana autovalidable, con la ayuda de un teclado personalizado que podía utilizarse con guantes. Los cálculos se realizaban por lotes o de forma incremental (a medida que se iban añadiendo nuevas visuales), los valores esperados de las vistas traseras se mostraban en tiempo real, se ofrecía un asistente que mostraba el trazado actualizado de las líneas tras cada nueva visual, y los topógrafos podían cotejar fácilmente su trabajo con la realidad y corregir los errores de la topografía mientras seguían en la cueva. Diseñado para una pantalla pequeña, el programa ofrecía funciones como una máscara de recorte para despejar la pantalla. Un número cada vez mayor de entusiastas contribuyó a mejorar el programa con informes de errores, sugerencias y datos de muestra. A lo largo de dos años y medio se publicaron 35 versiones más (más de una vez al mes) hasta la versión 1.00 del 23 de julio de 2006, considerada lo suficientemente estable como



Izquierda, el teclado de toma y la ventana Visual Superior, vista gráfica de las 42 323 visuales de Lechuguilla Cave, ensambladas a partir de siete cavidades importadas desde Compass.



Derecha, la Topo en modo de dibujo.

para ser utilizada por todos de forma fiable. Algunas personas me han preguntado si se publicará el código fuente, pero creo que esta pregunta es sobre todo retórica, ya que nadie se ha ofrecido a ayudar en la programación. Y dada la cantidad de tiempo que dedico a esta tarea, no estoy seguro de que ningún ayudante pueda seguir el ritmo esperado.

Para muchos usuarios y observadores, la función definitiva sería poder dibujar en pantalla las paredes de las cuevas y otros detalles alrededor de las visuales. Llevaba años dándole vueltas a esta idea, sabiendo que sería difícil y complicado, ya que no tenía acceso a ninguna biblioteca de gráficos por ordenador. De hecho, aparte de las API básicas del sistema operativo para dibujar ventanas y elementos de la interfaz de usuario, abrir archivos y gestionar comunicaciones de datos de bajo nivel, la única biblioteca externa que utiliza Auriga es un conjunto de funciones matemáticas y trigonométricas (sólo se utilizan la raíz cuadrada, el seno, el coseno y el tan). Así que pospuse esta prueba y me

concentré en otras funciones que resultarían convenientes bajo tierra.

La razón de ser de Auriga era que debía ser lo más flexible y genérico posible y soportar cualquier función que se considerara útil bajo tierra, incluso si estas funciones no estaban implementadas en el software de escritorio, se dejaba que cada usuario decidiera qué función utilizaría, o descartaría, dependiendo de su software de escritorio de destino. También podía pedir al desarrollador del ordenador de sobremesa que implementara esas funciones. Un ejemplo de ello son las medidas radianes, que se utilizan para complementar las anchuras y alturas de paso tradicionales en situaciones más complejas, o para ayudar a dibujar. Lamentablemente, varios programas de software para cuevas no admiten estas medidas.

Dado el tiempo y el esfuerzo que requiere la topo de las cuevas, la seguridad de los datos era una preocupación, y desde el principio, Auriga implementó la capacidad de «transmitir» sus cuevas a través del enlace de infrarrojos incorporado, y

más tarde de hacer una copia de seguridad en la tarjeta de memoria extraíble. Estas funciones se ampliaron posteriormente para permitir la fusión de datos de cuevas cuando dos equipos de topografía se encuentran bajo tierra.

El manejo de los bucles se mejoró más allá de la detección básica, con la posibilidad de destacar un bucle en el mapa y analizarlo para tratar de encontrar un posible error individual que explique un error mayor de lo esperado. El concepto de bucle también se amplió a los pasajes que unen estaciones posicionadas por GPS, como una entrada y un sitio de radiolocalización. El algoritmo de búsqueda de trayectorias implementado para los bucles se reutilizó para mostrar el camino más corto entre dos estaciones cualesquiera, una característica que se agradecería mucho al intentar encontrar un atajo para volver al inicio en el laberinto de Lechuguilla.

Al ser Auriga una herramienta de campo, tenía sentido que se pudiera conectar un GPS, tanto para introducir la posición de las entradas y las características de la superficie como para seguir en la superficie los pasajes subyacentes en busca de nuevas entradas. Así que me adentré en los misterios de la geodesia para poder utilizar la latitud/longitud, así como las coordenadas UTM (cuadrícula métrica Universal Transverse Mercator) y Lambert en una amplia gama de datums geodésicos. La capacidad de georreferenciar las cuevas hizo que las redes de cuevas fueran fáciles de manejar y de representar gráficamente como un solo mapa. A la inversa, una vez bajo tierra, resultaba sencillo ver si un pasaje explorado conducía a otra cueva conocida o a un elemento de la superficie, como una fisura o un sumidero. Por supuesto, esta poligonal georreferenciada también podía explotarse fuera de la PDA gracias a las exportaciones GPX y KML.

Durante esos años, el ecosistema Palm todavía estaba en auge y Auriga tenía que seguir el ritmo de las nuevas características de hardware, como procesadores más rápidos (¡400 MHz!), pantallas en color de alta resolución, un área de entrada virtual y la conectividad Bluetooth. En 2004, aprovechando un billete de avión gratuito que mi amigo Christian Chénier no pudo utilizar, incluso asistí a la última Conferencia de Desarrolladores PalmSource, una locura de 1.000 dólares (conferencia y hotel) que realicé en beneficio de mis usuarios, adquiriendo más conocimientos sobre aspectos arcanos de la programación y depuración de Palm OS. Tal vez no resulte sorprendente que, de los 900 desarrolladores que participaron en este evento de tres días, yo fuera el único que escribía software libre, una «anomalía», como me dijo alguien.

## El dibujo se convierte en digital

En 2011, me sentía listo para abordar el dibujo en pantalla. Pero, en contra de las sugerencias que recibí de que podía implementar primero una solución de mapa de bits (raster) y hacerla basada en vectores más tarde, decidí que tenía que estar basada en vectores desde el principio. En efecto, un enfoque de mapa de bits era incompatible con mi objetivo de un croquis editable (es decir, que parte de una curva pudiera modificarse, cortarse o ampliarse en lugar de tener que volver a trazarla por completo) y morfable (es decir, que pudiera autoadaptarse a los cambios de longitud o ángulo realizados en las visuales después de corregir un error o aplicar el cierre de un bucle). Así que me dirigí a la Universidad McGill, mi alma mater, para estudiar la literatura técnica sobre gráficos por



ordenador. Desgraciadamente, los fundamentos son ahora difíciles de conseguir, ya que la mayoría de los procedimientos de bajo nivel, como la conversión de una matriz de coordenadas de lápiz en una spline,<sup>6</sup> se implementan ahora en bibliotecas de código ampliamente utilizadas. Al no estar esas bibliotecas disponibles para Palm OS, tuve que codificar desde cero. Además, después de mucho leer, me di cuenta de que las splines complicarían bastante la implementación de la edición de curvas, como cuando se corrige parte de una curva dibujada anteriormente. Esta simple acción que comúnmente realizamos con un lapicero y una goma de borrar requiere determinar el o los puntos de contacto entre el lápiz y una ecuación de spline. Sin la experiencia y el personal de un equipo de desarrollo de Illustrator, me conformé con las polilíneas, es decir, un conjunto de líneas rectas que emulan curvas. Era fácil encontrar en Internet algoritmos rápidos para convertir las coordenadas del lápiz en polilíneas, y determinar el punto de intersección entre una polilínea y el lápiz estaba dentro de mis capacidades matemáticas. Así pude implementar la edición de curvas, la división o extensión, y la conversión en polígonos cerrados. Todo esto llegó a la versión 2.00 publicada en julio de 2011. Las versiones posteriores añadieron estilos de línea y rellenos de polígonos para agilizar el esbozo de líneas de foso y otras estructuras. El croquis pronto se añadió a las exportaciones DXF y SVG existentes.

## Cómo sacar (y meter) datos

El procedimiento estándar para intercambiar datos con un ordenador de sobremesa en Palm OS se llama conducto, un subprograma personalizado que lanza el HotSync Manager cuando

la PDA inicia un enlace de datos con el PC. Casi desde el principio, Christian Chénier escribió un conducto para intercambiar datos entre Auriga y Compass y Visual Topo. Estos objetivos se eligieron porque eran, respectivamente, los programas de topografía de cuevas más populares en Norteamérica y Europa. Toporobot llegó más tarde, porque era el único software nativo de Mac en ese momento. Christian había imaginado sintetizar las reglas de intercambio de formatos como una gramática XML para acelerar la escritura de conductos, pero esto resultó ser más complejo de lo que pensaba. A medida que pasaba el tiempo, y los PCs pasaban a una arquitectura de 64 bits, ejecutar el HotSync Manager se hacía más difícil, así que decidí escribir procedimientos de importación/exportación dentro de Auriga, utilizando la tarjeta de memoria como medio de intercambio. En cuestión de unos meses, reimplémenté los formatos ya soportados, y añadí Survex, Therion, Walls y un formato genérico CSV.

Los datos de las cuevas en Auriga se almacenan como una «base de datos de Palm OS», en realidad un conjunto de registros (uno por visual) ordenados por sus nombres de estación. Este formato consiste en estructuras C documentadas públicamente. Por supuesto, un número de versión incrustado permite detectar incompatibilidades con versiones más avanzadas y gestiona la migración de datos. Por razones de eficiencia, los datos son binarios y a menudo se almacenan en forma comprimida, como centésimas de unidades de longitud (es decir, centímetros o 0,01 pies) en enteros de 16 bits. No hay que olvidar que los primeros PDA de destino sólo tenían 2 Mb de memoria RAM para albergar el programa y sus cuevas. Pero a pesar del mayor tamaño de la memoria de los nuevos dispositivos, Auriga siempre ha sido frugal en el uso de los recursos, y el código se reutiliza o se hace reutilizable

siempre que es posible. Con 44 ventanas y diálogos, 205 alertas y amplias funciones de cálculo e interfaz de usuario, el ejecutable actual pesa 1,2 Mb, aproximadamente la mitad del tamaño de la aplicación media de linterna para dispositivos Android...

Las versiones recientes de Auriga pulen en su mayoría las funciones existentes o corrigen errores desafortunados. Su lista de correo electrónico reúne a casi 200 suscriptores en todo el mundo, la mayoría de los cuales alimentan a algunos compañeros espeleólogos. El software se utiliza para cartografiar pequeñas cuevas, yacimientos arqueológicos, ríos subterráneos urbanos, cuevas de varios pozos y extensas redes de cuevas de gran altitud. España parece ser el epicentro (de ahí la reciente incorporación de una versión catalana), con varias invitaciones para impartir clases, y ahora numerosos clubes de espeleología imparten clases para difundir sus conocimientos.

El software está llegando a una meseta, ya que no hay mucho que valga la pena implementar en un software diseñado para ser utilizado en un dispositivo de mano bajo tierra. De hecho, mi respuesta más habitual a las peticiones de los usuarios es «¡ya está ahí!». Auriga es ahora tan rico en funcionalidades que algunos usuarios informan de que pasan directamente de Auriga a un programa de dibujo a través de las exportaciones SVG o DXF, saltándose por completo el software de espeleología de escritorio, una situación que no había previsto inicialmente, ya que el objetivo del diseño era complementar el software de escritorio, no sustituirlo. Esta hazaña es bastante sorprendente, dado que puedo topografiar cuevas como mucho dos veces al año durante viajes de 1-2 semanas a México, Lechuguilla o Creta. Con sus lechos de piedra caliza dispuestos en los fondos de los valles, Québec tiene poco desarrollo de cuevas, y los viajes de fin de semana se dedican en cambio a la excavación. Auriga

es, por tanto, un experimento mental para el que Christian y yo hemos reflexionado enormemente sobre cómo debe comportarse la herramienta y qué opciones debe admitir para ofrecer la mayor flexibilidad posible, y así complacer a casi todo el mundo. El único inconveniente de esta flexibilidad es el gran número de opciones, que puede desanimar a algunos. De ahí que una elección «segura» de opciones por defecto favorezca un inicio rápido y fácil con el programa.

El siguiente paso importante sería portar Auriga a Android para que se ejecute de forma nativa en smartphones y tabletas, disfrutando así de todas las capacidades de hardware de estos dispositivos. Pero esta es una tarea importante que debo considerar sabiamente antes de emprenderla, ya que el desarrollo en Android es mucho más complejo que en Palm OS, y ya he dedicado mucho tiempo a este programa gratuito. Mientras tanto, todavía se pueden encontrar PDA con Palm OS en perfecto estado en eBay y sitios web similares, por menos de los 50 dólares que cuesta el emulador StyleTap, y sin arriesgar un aparato más sofisticado en un entorno hostil. El tiempo lo dirá.

## Notas.

1. Mexpé es el nombre que reciben las sucesivas expediciones de espeleología que se vienen realizando en la Sierra Negra de México bajo la organización de la Société québécoise de spéléologie (Québec, Canadá)
2. [www.speleo.qc.ca/Auriga](http://www.speleo.qc.ca/Auriga)
3. [www.styletap.com](http://www.styletap.com)
4. Melzer, Martin (2003) How to Design an Electronic Surveying Instrument, CREGJ 54, pp 12-15
5. Melzer, Martin (2002) Palm Programming for Embedded Applications, CREGJ 48, pp 28-29
6. Los splines son conjuntos de ecuaciones de curvas polinómicas que se aplican en un rango de coordenadas determinado y cuyos segmentos se unen con un alto grado de suavidad, produciendo así líneas de aspecto suave con curvatura variable.



## Cueva del Humo Yacimiento de la Araña Araña (Málaga)



▲ Entrada

▲ Coordenadas UTM DATUM ETRS89  
Cueva del Humo 30 S x: 382142.54 y: 4063861.55  
z: 4.07 esnm

### Datos técnicos de la topografía

#### Toma de datos en la cavidad

José Ángel Povedano Ábalos (G40)  
Francisco Ruiz-Ruano Cobo (G40)  
Abén Aljama Martínez (G40)  
Olivia María Lara Menjívar (G40)  
Juan Antonio Mariano Rivera (G40)  
Loreto Wallace Moreno (G20 de la SEM)  
Héctor Ángel Fernández CRES de la SEM  
Antonio Alcalá Ortiz (G40)

#### Equipo de Apoyo

Rafael Bermúdez Cano (G40)  
José Antonio Ortega Gómez (G40)

#### Fecha

10/09/2017 Geoposicionamiento con GPS y 81 estación total  
26/10/2017 a 11/04/2018 topografía espeleológica  
Método: itinerario o poligonal

Desarrollo total 589,6 m

Longitud topográfica: 729,0 m

Longitud horizontal: 672,8 m

Desnivel: 22,1 m

Punto más alto: +29,1 m

Punto más bajo: +0,0 m

Estaciones topográficas: 266

#### Materiales

Geoposicionamiento GNSS Trimble R8 14,30 m

Estación total SOKKIA de Trimble

3 Tablets con software Autlca

2 Datalog

#### Método informático de los datos

Programa Jungo 2.42

AUTICAID 2012

Dibujos

CorelDraw XT

Adobe Illustrator CS6

N

Equidistancia curva de nivel: 0,5 m

Equidistancia curva de nivel: 0,5 m

0 20 m



Antonio Alcalá Ortiz  
Grupo Espeleológico G40  
www.G40.espele.es  
26/12/2018

### Geoposicionamiento GPS precisión

- ▲ x:382111.05 y:4063849.84 ± 5,36m
- ▲ x:382135.99 y:4063856.41 ± 5,72m
- ▲ x:382144.70 y:4063859.45 ± 5,33m
- ▲ x:382158.68 y:4063857.87 ± 5,55m
- ▲ x:382179.66 y:4063848.35 ± 5,43m
- ▲ x:382191.32 y:4063844.64 ± 5,38m



FRANCISCO RUIZ-RUANO COBO (\*)  
RAFAEL BERMÚDEZ CANO (\*)  
ANTONIO ALCALÁ ORTIZ (\*)  
ABÉN ALJAMA MARTÍNEZ (\*)  
JOSÉ POVEDANO ÁBALOS (\*)  
LORETO WALLACE MORENO(\*\*)

\*Grupo Espeleológico G40  
\*\* GES de la SEM

a.alcalá@telefonica.net  
franciscoruizruanocobo@gmail.com

# Levantamiento topográfico de la Cueva del Humo (Málaga)

*Una productiva  
colaboración entre  
espeleólogos  
y arqueólogos*

## Resumen

Se aborda la realización de la topografía de la cavidad conocida como cueva del Humo en la zona de la Araña (Málaga). La cavidad es, junto a otras cuevas y abrigos, enmarcados de oeste a este por la cantera que abastece a la cementera «Goliat» y la trama urbana de la Cala del Moral, un yacimiento arqueológico de primer orden que ya ha sufrido considerables deterioros que van desde las remociones incontroladas hasta la destrucción total de parte de los cavernamientos a cuenta de la extracción de material de la cantera para la fabricación de cemento.

Se pretende generar la documentación precisa del desarrollo interior que pueda ser de utilidad para las labores arqueológicas y, a la par, conocer la proyección de ese desarrollo en superficie para contribuir a su conservación.

**PALABRAS CLAVE:** Cueva del Humo, espeleología, topografía, arqueología, Auriga.

## Espeleología y arqueología

Corría el año 2016 cuando ya se andaba trabajando en la cueva del Nacimiento del Río Cuadros de la localidad jiennense de Bedmar.

Apuntaba a que sería un yacimiento interesante, tan interesante al menos como el refugio del «Portillo», también en Bedmar.

Miembros del Grupo Espeleológico G40 de Priego de Córdoba, que habían hecho la topografía de este último también se implicaron en el trabajo de la primera, tanto para hacer la topografía como en labores de exploración y desobstrucción. En definitiva: nos habíamos integrado en el proyecto, lo que suponía participar en trabajos de prospección, exploración,

desobstrucción, topografía, acondicionamiento y excavación. Incluso organizamos unas charlas y un curso de iniciación a la espeleología para los participantes de los distintos campus arqueológicos allí desarrollados.

Buena parte de la culpa de esa colaboración correspondió a un tal Marco Antonio Bernal Gómez, responsable del proyecto y director actual de centro Paleomágina, que confió en nosotros para acometer ese trabajo.

Pues bien, como decíamos en 2016 había gente del G40 que estaba allí metida cuando un día en que hacían labores de desobstrucción pasó por allí de visita Julián Ramos Fernández, arqueólogo coordinador del equipo de la Asociación de Yacimientos de la Araña en Málaga. Algo debió ver o de algo se enteró Julián sobre lo que se estaba haciendo que le gustó. A partir de ahí se produjo la visita de miembros del G40 a los yacimientos de la Araña y la posterior integración del grupo en aquel proyecto.

Esto de la colaboración entre espeleólogos y arqueólogos viene de lejos y no siempre las relaciones han sido cordiales. A veces se han producido abusos, hasta el punto de haber dado origen a artículos e incluso algunas consideraciones en el libro «Historia de la espeleología» de M. Forcada Serrano.

Pero también es cierto que cuando la colaboración se produce en un marco de respeto y lealtad se consiguen resultados muy interesantes. Solo por citar algunos ejemplos en la Subbética Cordobesa, origen del G40, se puede afirmar que sin la colaboración de los espeleólogos las intervenciones arqueológicas en sima Abrahán, cueva de los Cuarenta, sima de Cholones, cueva de los Muros, cueva de los Muertos, cueva Detritus, etc, etc, hubieran sido sencillamente imposibles. Incluso hemos sufrido accidentes en el transcurso de esas intervenciones, accidentes que no-



sotros mismos hemos resuelto. Lo que no pudimos resolver fue la cara del arqueólogo responsable de la intervención, en los momentos posteriores al suceso.

Los espeleólogos no suelen ser arqueólogos, aunque alguno hay, y a la inversa ocurre lo mismo, pero cuando la actividad de estos se produce en el medio subterráneo el conocimiento que aquellos tienen del mismo facilita enormemente las cosas. En este contexto se han hecho los trabajos tanto en la cueva del Portillo, la del Nacimiento del Río Cuadros, ambas en Bédmar, o la de la cueva del Humo que nos ocupa, entre otras.

Habitualmente sólo nos implicamos en proyectos que nos gustan, sea por el interés del yacimiento, sea porque quien o quienes los lideran son gentes que nos generan confianza y respeto, aunque generalmente buscamos ambas condiciones, algo que en este caso se daba. Sobre la importancia del yacimiento no es necesaria consideración alguna, lo aportado en este trabajo por los responsables del proyecto es sobradamente clarificador. En cuanto a las personas, cuando se reúnen Julián Ramos, Javier Baena, Marco Antonio Bernal y Olga García, entre otros, no se les puede decir que no.

De modo que dicho y hecho, implicados en el asunto. Tras los oportunos contactos para definir los objetivos comenzamos el trabajo.

La zona de la Araña no solo es la cueva del Humo. En el cantil que se extiende de este a oeste desde la Cala del Moral hasta la cantera se ubicaba un considerable conjunto de cuevas y abrigos, algunos de ellos destruidos por el avance del frente de cantera y por la construcción de la carretera. El fenómeno no es nuevo, por la memoria transitan situaciones similares como el caso de Sorbas en Almería con sus canteras, en este caso de yeso. En la zona que nos ocupa, además de la pérdi-



DistoX2 y Tablet con Auriga.

da del fenómeno kárstico en sí mismo, se ha producido la destrucción de vestigios del uso humano de estos espacios en tiempos remotos, e incluso la pérdida de los restos de esas personas. Este tipo de trabajos no es la única forma de evitar estas pérdidas, pero es evidente que desde la documentación y el conocimiento será más fácil luchar contra el deterioro.

El trabajo de documentación se presenta así como de suma importancia. Pero ¿es que no se había hecho nada en este sentido? Nada más lejos de la realidad. Desde hace muchos años espeleólogos del GES de Málaga han trabajado en la zona explorando y topografiando todo lo que por allí había, de hecho siguen colaborando en la actualidad. Ahora bien, si ya estaba hecho ¿qué sentido tiene ahora la intervención del G40?

Hacer una topografía no es un asunto fácil ni rápido. Cualquiera que haya participado en una sabe de las horas pasadas en la cueva tomando datos y de las otras muchas horas ante el ordenador para terminar de plasmar esos datos en el plano.

Nuestra experiencia en esto nos muestra que los trabajos de las gentes del GES de Málaga son buenos, muy buenos. La única razón para realizar de nuevo algo que estaba bien hecho hay que buscarla en los distintos medios materiales empleados.

## Equipo técnico

El paso de brújula, clinómetro y cinta métrica al DistoX (desarrollado por Beat Heeb en 2008) y los software de topografía espeleológica como Auriga (desarrollado por Luc Le Blanc a partir de 2002), Topodroid (desarrollado por Marco Corvi), Visual Topo (de Eric David), Therión, Pocket Topo, etc han modificado mucho el panorama.

La precisión del material que empleamos hoy es muy superior al anterior, la facilidad para el posicionamiento de las estaciones, la medición de rumbos y pendientes hasta con décimas de grado y las mediciones de distancias con errores inferiores a los 2 milímetros hacen que lo que se consigue hoy fuera prácticamente imposible de alcanzar con los equipos que se empleaban antes.

A ello hay que añadir que los programas de diseño gráfico de que hoy disponemos permiten obtener unos acabados muy atractivos. Por si todo esto fuera poco el software nos permite posicionar en superficie cualquier estación establecida en la cavidad lo que, de cara a la conservación, no es un asunto menor.

En lo que a la actividad se refiere, cuando nos planteamos algo de este tipo lo primero que hacemos por razones obvias es intentar conocer en profundidad el asunto. Recabamos toda la información posible, visitamos el lugar en profundidad y con toda la información nos planeamos la cuestión. Aquí no iba a ser de otro modo.

Aunque en principio nuestro objetivo se cir-

cunscríbía a la cueva del Humo, no podíamos olvidar que ésta era una de las varias cuevas y abrigos de la zona, que la precisión era un aspecto de suma importancia y que contribuir a la preservación era un objetivo fundamental.

Así las cosas, y con toda la información disponible, nos planteamos que sería muy interesante contar con unas estaciones topográficas de precisión que pudiesen permitir en un futuro acometer la topografía de todos y cada uno de los abrigos y cuevas que conforman el yacimiento. Llegar a ese nivel de precisión con los equipos que en la actualidad usamos los espeleólogos es a día de hoy imposible. Para eso hay que emplear otros recursos, pero nada que ya no hubiéramos hecho antes.

Para establecer las estaciones básicas de referencia, que se situaron en la cercanía a los accesos de cuevas y abrigos, a lo largo del margen izquierdo de la antigua carretera nacional Málaga-Almería, se empleó un GPS diferencial que corrige continuamente su posición en base a la información que recaba de las estaciones fijas de la red primaria de GPS. Tiene una precisión nada desdénable. Estas estaciones se tomaron el 16



Geoposicionamiento con GPS de precisión.

de septiembre de 2017. El equipo empleado fue un GNSS Trimble R8 y una estación total 5503 DR de Trimble.

Este sistema, que ya hemos empleado en otras ocasiones, nos permite tener una red primaria de estaciones de alta precisión. A partir de aquí, y apoyándonos en ellas, ya con instrumentación exclusivamente espeleológica procedemos a la toma de datos en la cavidad. Alguien podría plantearse por qué no continuar en la cueva con la misma instrumentación que en el exterior. El procedimiento no es caprichoso: manejar una estación total dentro de una cueva o una sima con sus pendientes, destrepes, gateras y pozos si los hay no es fácil. Estos equipos no son ni de pequeño tamaño ni ligeros en comparación con los que usamos. Si a todo esto le sumamos la humedad y/o el polvo presente en muchas cuevas se comprende que los propietarios de estos costosos equipos no estén muy dispuestos a meterlos en según qué sitios.

## Toma de datos

**P**ues bien, como decíamos, con la red primaria establecida pasamos a la toma de datos. Para ella empleamos el siguiente material:

Láser DistoX2. Equipo desarrollado como ya apuntamos por Beat Heeb. Se trata en realidad de un distanciómetro láser de Leica equipado con una placa de sustitución que proporciona brújula, clinómetro y bluetooth. Conviene indicar que la medida de ángulos horizontales siempre se hace tomando como referencia el norte magnético, mientras los ángulos verticales se toman considerando el valor cero como la horizontal.

Los datos se anotan en Tablet con el programa de topografía espeleológica «Auriga» (2.25). Como ya se indicó el pro-

grama fue desarrollado por Luc Le Blanc de la Societe Quèbécoise de Espeleologie de Canadá.

El programa tiene entre otros detalles la virtud de que se puede ir viendo in situ el desarrollo de la cavidad, lo que permite apreciar errores de bulto en caso de producirse. Además, permite dibujar directamente en la Tablet, lo que evita realizar croquis y adelantar considerablemente el trabajo.

El método empleado ha sido el de itinerario o poligonal. Consiste en el establecimiento de estaciones, cada una de ellas visible desde la anterior y la siguiente (en caso de que esta no sea la de cierre de una galería ciega, por ejemplo).

Cada dos estaciones consecutivas se consideran enlazadas por una línea a la que llamamos visual y que presenta una determinada longitud. Cada visual determina dos ángulos: uno horizontal con respecto al norte magnético, al que llamamos rumbo y otro vertical respecto a la horizontal, al que llamamos pendiente o buzamiento y que puede ser positivo o negativo. Además de estos datos, en cada estación se miden los anchos, a derecha e izquierda y la distancia a techo y suelo. En caso de que exista un elemento singular que convenga situar en la topografía se emplean las llamadas radiantes cuyo sistema de medidas es exactamente igual que el de una estación sin continuidad (ciega) pero que no incluyen medidas de ancho y alto. Finalmente, también se pueden realizar secciones que nos darán más información sobre la forma de la cavidad en una determinada estación. Auriga también permite hacerlas.

La toma de datos se realizó, habitualmente en sábado, entre el 21 de octubre de 2017 y el 15 de agosto de 2018.

En la misma participaron:

Antonio Alcalá Ortiz

José Ángel Povedano Ábalos

Abén Aljama Martínez  
Juan Antonio Moriana Elvira  
Gloria María Lara Mengual  
Francisco Ruiz-Ruano Cobo  
Todos ellos miembros del G.E. G40.  
Loreto Wallace Moreno  
Heidi Ángel Fernández  
Ambas del G.E.S. de Málaga.

Además, esto de la topografía no solo es tomar datos y anotarlos. Nosotros solemos contar siempre con un equipo de apoyo que va por delante explorando, informándonos de todo lo reseñable e incluso desobstruyendo si se hace necesario para poder progresar. En esta ocasión el equipo estuvo formado por Rafael Bermúdez Cano (G40) y José Antonio Ortega Gómez del G.E.A.L. lucentino.

Los resultados finales de la topografía son los siguientes:

Desarrollo total: 588.6 m  
Longitud topografiada: 723.0 m  
Longitud horizontal: 522.8 m  
Desnivel: 23.1 m  
Punto más alto: + 23.1 m  
Punto más bajo: 0.0 m  
Estaciones topográficas: 266

El manejo informático de los datos se realizó mediante los programas Auriga (2.42) y Autocad (2012).

El dibujo fue realizado usando Corel-Draw X7 y Adobe Illustrator CS6.

## Conclusión

El resultado final de este trabajo de colaboración es la topografía que acompaña a este artículo. Como ya hemos comentado se han empleado los medios instrumentales más novedosos que los espeleólogos tenemos al alcance en la actualidad.

Consideramos que esta planimetría puede ser una herramienta útil para el

trabajo que los arqueólogos realizan en la cavidad pero, en todo caso, el trabajo no ha concluido. Lo razonable sería disponer de la topografía de todos y cada uno de los abrigos y cuevas que se ubican en el paleoacantilado, incluidos los que aún se conservan en el interior de la cantera aunque por desgracia eso no depende ni del equipo de arqueólogos ni de los espeleólogos. Quizá las Administraciones deberían hacer algo al respecto.

## Bibliografía

- Ayuso I., Calaforra J.M., Gutiérrez-Labouret M., Torres A. (2014). *Cuevas y simas del Karst en yeso de Sorbas. Itinerarios y travesías espeleológicas-Vol I*. Espeleo Club Almería.
- Forcada Serrano, M. (2013). *Historia de la espeleología en la provincia de Córdoba*. Priego de Córdoba: Ate-neo Cultural Priego de Córdoba.
- Forcada Serrano, M. (2009). *Arqueólogos vs. espeleólogos: prehistoria del museo arqueológico de Priego (1963-1983)*; ANTIQVITAS n.º 21 (pp. 285-292) ISSN: 1139-6609 - M.H.M. Priego de Córdoba.  
<https://m.facebook.com/pages/category/Scientist/Centro-PaleoMagina-2127983817297787/>  
<http://www.cota0.com/?p=5169>  
<http://arqueomania.es/home/lainesperada-necropolis-prehistorica-de-la-cueva-del-nacimiento-del-rio-cuadros-en-bedmar-jaen-sellada-durante-milenios/>
- <https://www.europapress.es/andalucia/mas-jaen-00988/noticia-cueva-nacimiento-rio-cuadros-centra-trabajos-ii-campo-voluntariado-bedmar-jaen-20200715220818.html>
- <http://complejohumo.org/>  
<https://www.europapress.es/andalucia/mas-jaen-00988/noticia-arqueologos-hallan-cueva-portillo-bedmar-restos-humanos-mas-antiguos-provincia-jaen-20170816141103.html>
- <http://comisiontopo.blogspot.com/2013/12/el-nuevo-distox2-ya-esta-disponible.html>
- <http://comisiontopo.blogspot.com/2012/05/distox-presente-y-futuro.html>
- <http://comisiontopo.blogspot.com/2011/11/levantamiento-topografico-por.html>
- <http://comisiontopo.blogspot.com/2011/11/grados-de-la-topografia-de-la-bcra.html>
- <http://comisiontopo.blogspot.com/2011/11/uis-simbolos-convencionales-listado.html>
- <https://drive.google.com/file/d/0B5gjxk-i1nffZjgxN2RkNTYtM2U3Zi00YTc1LThhMmItYWJlNjE2OGYzYTU1/view>



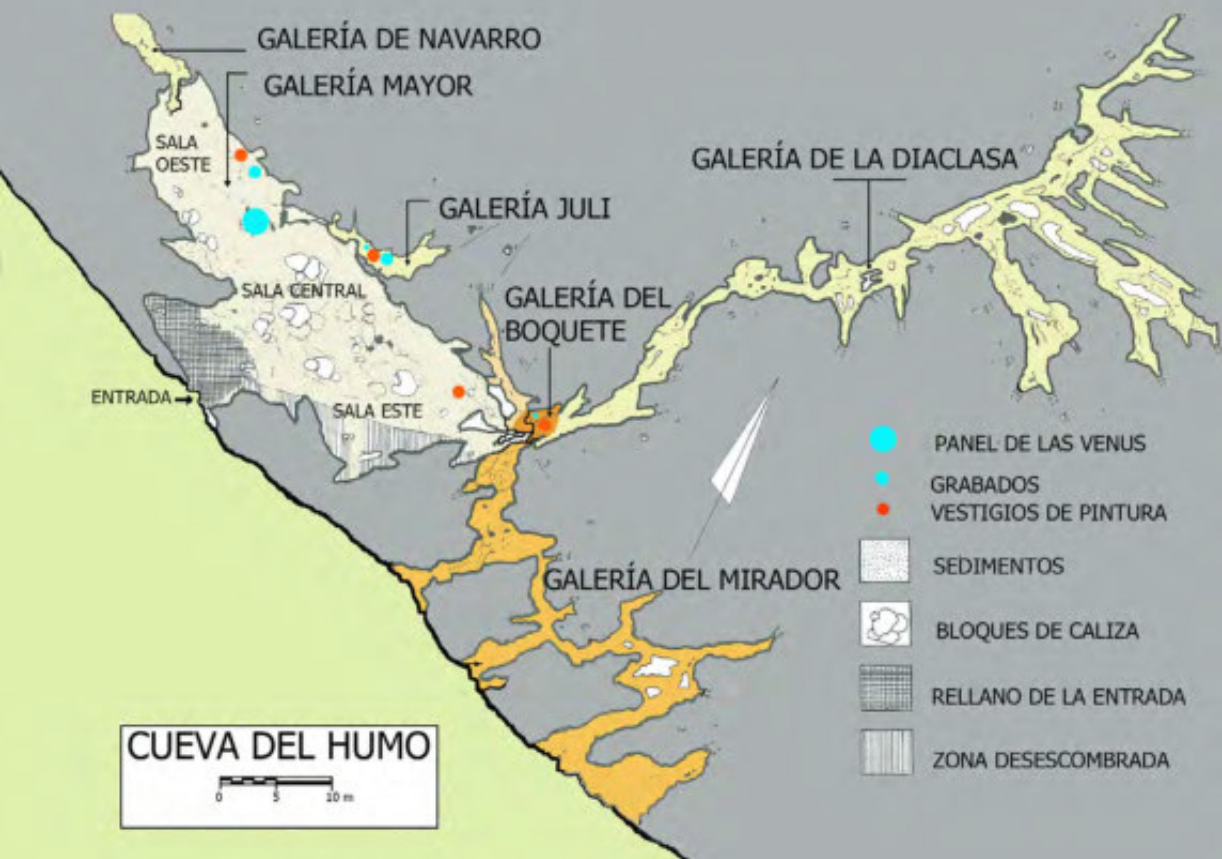


FIG. 13: Plano de la CH, del GES de la SEM, en el que se han superpuesto los puntos de interés de las investigaciones.

JULIÁN RAMOS FERNÁNDEZ  
 OLGA GARCÍA SANZ  
 BENJAMÍN GALACHO JIMÉNEZ  
 LORETO WALLACE MORENO  
 ELENA DOMÍNGUEZ DE LA MAZA  
 SOLEDAD TERESA ÁLVAREZ SÁNCHEZ  
 ALEJANDRO GALLEGO CORT

## La espeleología en La Araña (Málaga. España)

*Relación con las  
 investigaciones  
 arqueológicas  
 desarrolladas  
 en el territorio*



FIG. 1: Mapa de la Bahía de Málaga y la situación del territorio de La Araña y su entorno.

## Resumen

**A** bordamos aspectos del lugar de la Araña (Málaga, España), así como las investigaciones llevadas a cabo, la cartografía y la posición de los principales puntos patrimoniales, las estratigrafías más importantes, y la secuencia cultural detectada en el territorio. Señalamos la estrecha colaboración que ha existido desde el comienzo entre la Espeleología y la Arqueología. Esta colaboración se ha llevado a cabo tanto a la hora de ir descubriendo las cavernas como en su documentación gráfica (fotografías y planos de plantas y secciones). Han sido trabajos de gran relevancia para el desarrollo documental de los procesos de investigación arqueológica.

**PALABRAS CLAVE:** La Araña, cuevas, cartografía, investigación, Arqueología, Espeleología.

## Abstract

We introduce the peculiarities of the area (La Araña Málaga, Spain), the investigations carried out, the cartography and location of the main archeological sites, the most notorious stratigraphies, and the cultural sequence detected in the territory. The

existence of a close collaboration between Speleology and Archeology is pointed out since the very beginning, when discovering the caves and their graphic documentation (photographs, ground-plan, elevation and sections). They have been of great relevance for the investigation processes.

**KEY WORDS:** La Araña, caves, cartography, investigation, Archeology, Speleology.

## Introducción

La ya larga trayectoria de investigación sobre la zona de La Araña, ha dado lugar a múltiples y variadas actuaciones de diversa índole, que abarcan las muchas disciplinas que intervienen en el proceso. En un territorio con multitud de cuevas y abrigos y una geología compleja, la exploración de las cavidades y la cartografía de las mismas han supuesto un campo importante para comenzar cualquier acción arqueológica, como elemento de documentación previa a las actividades y a la ubicación precisa de los sitios.

En las tareas de exploraciones y cartografías, la implicación de la Espeleología ha sido fundamental a la hora de conocer las cavernas en su conjunto, y empezar las excavaciones. Desde el principio las labores del espeleólogo y del arqueólogo han ido parejas, bien fuera en los tiempos heroicos de Miguel Such en Hoyo de la Mina en 1917-1920 (*Foto 1*), continuando en el tiempo en diversas intervenciones, hasta las últimas actuaciones de 2017-2020. Son trabajos que durante un siglo han dado unos frutos positivos, y han ayudado a documentar y complementar las acciones de la investigación científica. Son esfuerzos que no siempre han sido reconocidos en su justa medida, y que queremos explicitar en este trabajo.

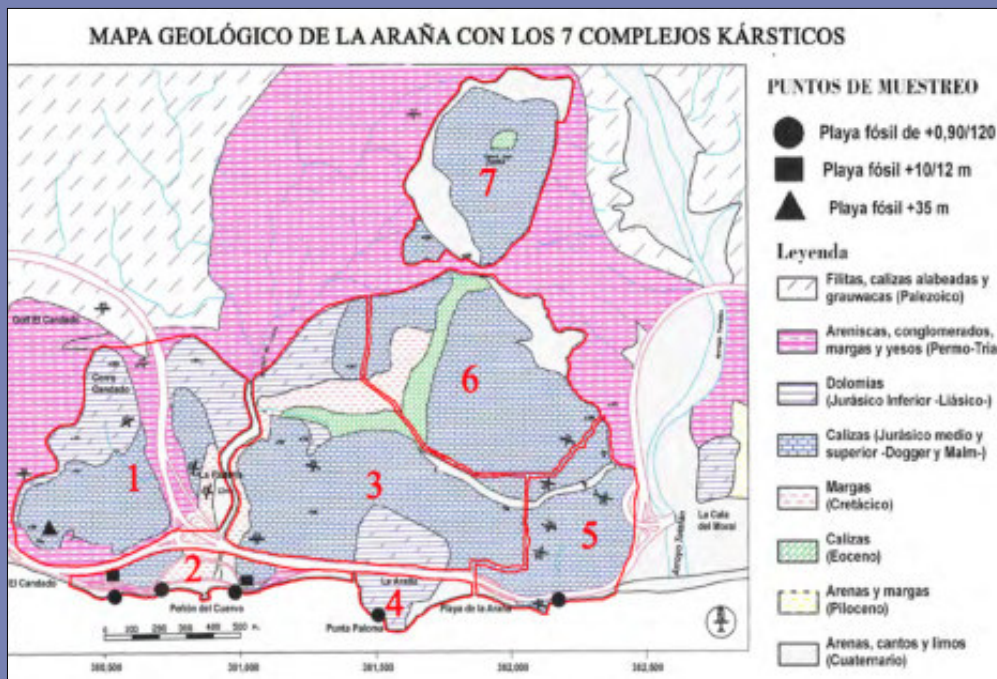


FIG. 2: LOS 7 COMPLEJOS KÁRSTICOS DE LA ARAÑA. 1) Complejo del Candado (CCA); 2) Complejo del Cuervo (CCU); 3) Complejo de la Fabrica (CF); 4) Complejo de Punta Palomas (CPP); 5) Complejo del Humo (CH); 6) Complejo de la Cantera Principal (CCP); 7) Complejo de Cerro Juan (CCJ).

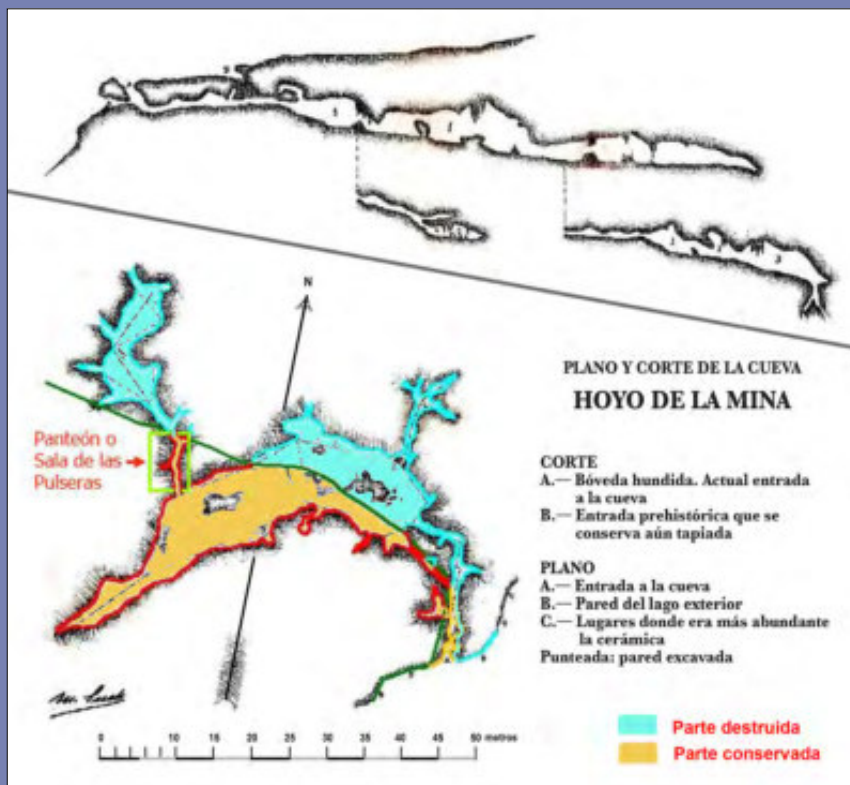


FIG. 4: Plano de Miguel Such de Hoyo de la Mina coloreado por nosotros para indicar la parte destruida y la conservada.

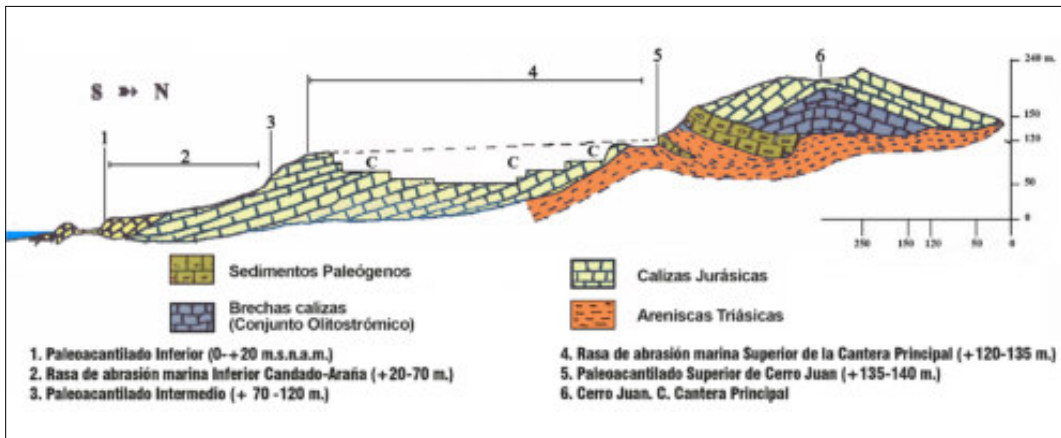


FIG.3: Sección de La Araña con los 6 hitos geomorfológicos.

## El territorio

La Araña es una pequeña barriada costera, situada al Este de la Bahía de Málaga, a unos 9 km del centro de la ciudad. El territorio con un significado patrimonial arqueológico comprende el poblado y un área mucho más extensa de su entorno. Limita al Oeste con El Candado, al Este con el Arroyo de Totalán que la separa del municipio de Rincón de la Victoria, al Sur con el Mar Mediterráneo, y al Norte con el paralelo 40. 66 que pasa por las estribaciones de la cara Norte de Cerro Juan (Figura 1). A nivel geológico se encuentra dentro de la zona interna de las Cordilleras Béticas. El lugar tiene coberturas de calizas jurásicas y algunas eocenas, sobre el paquete detrítico del Permo-Trias (Serrano y Guerra, 2004). La karstificación de las escamas calizas ha dado lugar a numerosas e intrincadas cuevas, muchas de las cuales fueron utilizadas como hábitats por los grupos prehistóricos. La profusión de cavernas hizo necesario por nuestra parte la división en 7 complejos kársticos, para una ubicación exacta de los yacimientos arqueológicos, ante el caos existente antes que se sistematizara el registro de cavidades y abrigos. Se estable-

cieron límites fácilmente identificables en el terreno (altamente modificado por la actividad antrópica), numerando y nombrando a cada uno de ellos. El nº 1 Complejo del Candado (CCA), el nº 2 Complejo del Cuervo (CCU), el nº 3 Complejo de la Fábrica (CF), el nº 4 Complejo de Punta Palomas (CPP), el nº 5 Complejo del Humo (CH), el nº 6 Complejo de la Cantera Principal (C-CP) y el nº 7 Complejo de Cerro Juan (CCJ) (Figura 2). A nivel geomorfológico compare las características de las estribaciones de la Axarquía, con cerros y cuestas transitables, atravesado por dos arroyos en dirección Sur (el del Judío y el de Totalán) que desembocan en el Mediterráneo. En Superficie se aprecian 5 hitos importantes sobre el terreno, que muestran antiguos niveles marinos y el cabalgamiento hacia el Norte de la zona, que va elevando lentamente el área de La Araña y su entorno. Se trata de tres paleocantillados marinos y dos rasas de abrasión marina, situadas entre los tres paleocantillados. A estos 5 hitos comunes en el territorio hay que sumar un sexto: la emergencia de Cerro Juan al norte (Figura 3). Para el estudio del territorio se ha tenido en cuenta los trabajos realizados por investigadores de distintas disciplinas referidos al mismo, así como



## Investigación en La Araña: El GES de la SEM

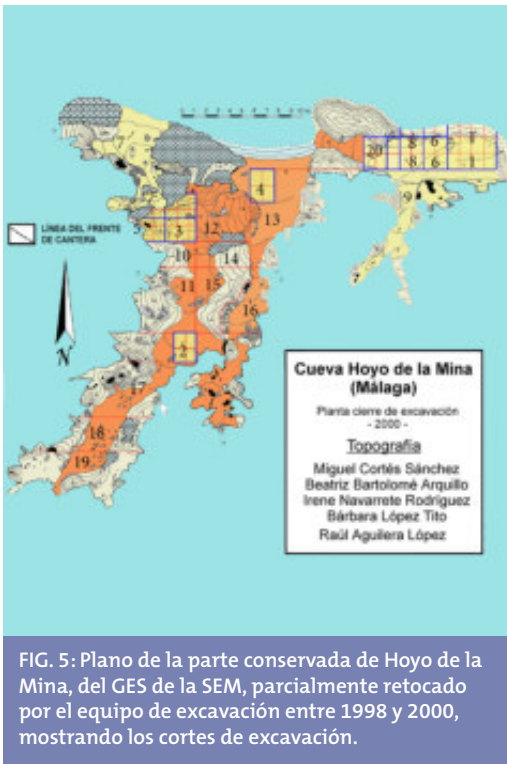


FIG. 5: Plano de la parte conservada de Hoyo de la Mina, del GES de la SEM, parcialmente retocado por el equipo de excavación entre 1998 y 2000, mostrando los cortes de excavación.

la comprobación *in situ* de los datos, por el equipo de investigación de las Cuevas de La Araña, corroborando y ampliando a veces aspectos que no estaban contemplados en las bibliografías consultadas, que son abundantes y abordan distintos aspectos fisiográficos.

Dado que el equipo de investigación es multidisciplinar, donde existen especialistas de distintas ramas de la Ciencia, las revisiones se han podido hacer con todo rigor, desde las geológicas, geomorfológicas, geográficas, paisajísticas, cambios climáticos, nivel del mar, etc., al tiempo que hemos podido realizar una abundante producción propia, para una mejor comprensión de los aspectos físicos de la zona. Pero si bien el territorio ha sido el escenario por donde se han movido los distintos grupos humanos del pasado, son estos grupos y sus culturas el objetivo principal de estudio del equipo de investigación de las Cuevas de La Araña.

La Espeleología ha tenido una estrecha relación con La Araña y su patrimonio arqueológico desde etapas tempranas. La consecuencia se ha traducido en una efectiva vinculación de esta disciplina a las investigaciones de las cuevas, y una ayuda inestimable en la exploración y en la cartografía de las mismas. En 1917-1918 Miguel Such explora e investiga la mítica Caverna Hoyo de la Mina (Such, 1920). Estaba situada en la Rasa Marina Superior, una pequeña meseta hoy desaparecida por la extracción de calizas, en cuyo lugar existe una profunda depresión, que conforma el espacio actual donde se encontraba el Complejo de la Cantera Principal.

Such dejó una sucinta descripción de la planicie y una planimetría sumaria de la cavidad Hoyo de la Mina, que fue suficiente para que pudiéramos reconocer la parte que aún se conservaba de la cueva, en las prospecciones anteriores a 1990 (Figura 4), y poder excavarla entre 1998 y 2000 (Baldomero Navarro et al., 2005; Ferrer Palma et al., 2006). La nueva planimetría, mucho más precisa, fue realizada por el Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad de Excursionistas de Málaga (GES de la SEM), gracias al buen hacer del entonces presidente de la entidad, Federico Ramírez Trillo (Foto 7), que nos sirvió para comenzar la cuadrícula y empezar las excavaciones en 1998 y terminarlas en el 2000. Durante las excavaciones la planta y las secciones de la parte de la cavidad conservada se fueron modificando, a medida que se iban retirando los escombros y excavando los sedimentos arqueológicos, plasmándose en la nueva planimetría, que es la que suele aparecer en las publicaciones (Figura 5). Tras la conclusión de las campañas en

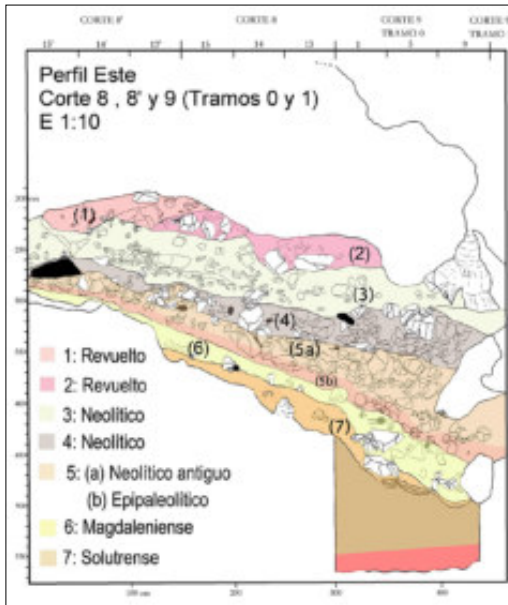


FIG. 6: Secuencia estratigráfica y cultural de Hoyo de la Mina, tras las investigaciones de 1998-2000.



FIG. 7: a) Primer plano del GES de la SEM de la Cueva de los Molinos o Cuervo 1, en 1976. b) Último plano del GES de la SEM, en 1981.

este yacimiento, nos dio una secuencia de Neolítico (Estratos 3, 4 y 5a), un nivel acerámico de un posible Epipaleolítico (Estrato 5b), un Magdaleniense (Estrato 6) y un Solutrense (Estrato 7), con un paquete basal de limos marrones-rojizos oscuros sin ocupación humana (Figura 6). Nos sorprendió la fina comprensión que tuvo Miguel Such del yacimiento, teniendo en cuenta los escasos medios de que dispuso, y lo penoso de los trabajos que realizó. Prácticamente coincidió con lo encontrado por nosotros, salvando las terminologías al uso en el momento de nuestro predecesor, y el estado del conocimiento de la época. En el mismo Complejo de la Cantera Principal, la Cueva de la Cantera fue explorada por el grupo de espeleología de la SEM en 1969, recuperando materiales de los panteones neolíticos, antes

de ser destruida, gracias a lo cual tenemos algún conocimiento de cómo era (Foto 2) y de varios de sus materiales, entregados al Museo Provincial de Málaga por José Luis Rodríguez Molina, algunos de los cuales fueron incluidos en la Tesis Doctoral de M.<sup>a</sup> Soledad Navarrete Enciso en 1976 (Navarrete Enciso, 1976). El mismo José Luis Rodríguez Molina descubrió un hendedor-bifaz achelense *in situ* en el talud del Carril de la Fábrica (Foto 3), en el Complejo de Cerro Juan, a casi 5 m de profundidad (Ramos et al., 2010). En 1976 a través de las actividades espeleológicas el GES de la SEM exploró la Cueva de los Molinos o Cuervo 1 en el Complejo del Cuervo, realizando el primer plano de la cavidad (Figura 7a). Durante los trabajos recuperaron de la superficie piezas del Neolítico y quizás alguna del Calcolítico,

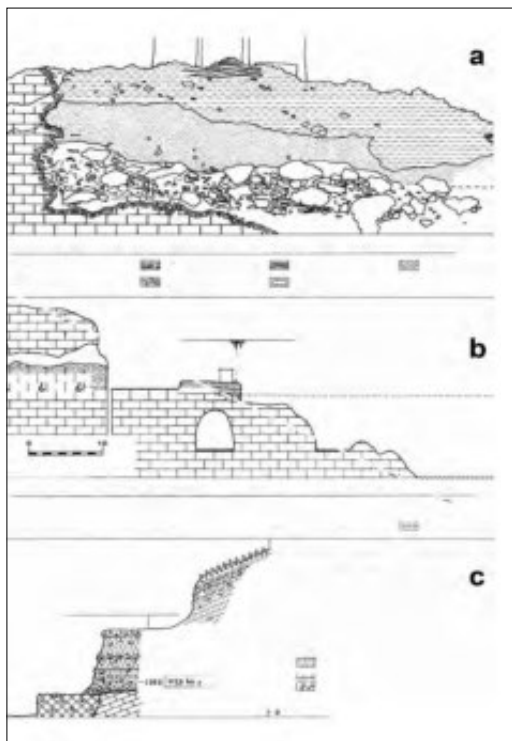


FIG. 8: a) Estratigrafía de la Caseta del Guardia. b) Sección de la Caseta del Guardia alineada con la de la Cueva de los Molinos o Cuervo 1; c) Sección de la playa fósil inferior, datada en 117, 300 ka.



FIG. 9: Meseta del Peñón del Cuervo y Caseta del Guardia, con la Cueva de los Molinos o Cuervo 1 y la Cueva de Cuervo 2, superpuestas a las curvas de nivel.

con restos cerámicos, líticos y sílex. En 1980 prospectamos minuciosamente esta cueva, encontrando materiales superficiales del Neolítico y del Calcolítico, con cerámicas, líticos, sílex, cuentas de collar circulares, y algunos huesos humanos. La caverna se utilizó como panteón en la última etapa de uso. En 1981 José A. Molina Muñoz, de la Sociedad de Excursionistas de Málaga (SEM), realizó una planimetría precisa de esta cavidad, documentando la planta y la sección Sur-Norte (Figura 7b). En el perfil exterior dejado por la antigua Carretera Nacional 340 (CN-340) pudimos detectar niveles del Paleolítico Superior y en la base Paleolítico Medio (Figura 8b). En 1987 se prospectó la totalidad del Complejo del Peñón del Cuervo, apareciendo varios yacimientos al aire libre y otros confinados, y nuevas cavidades en

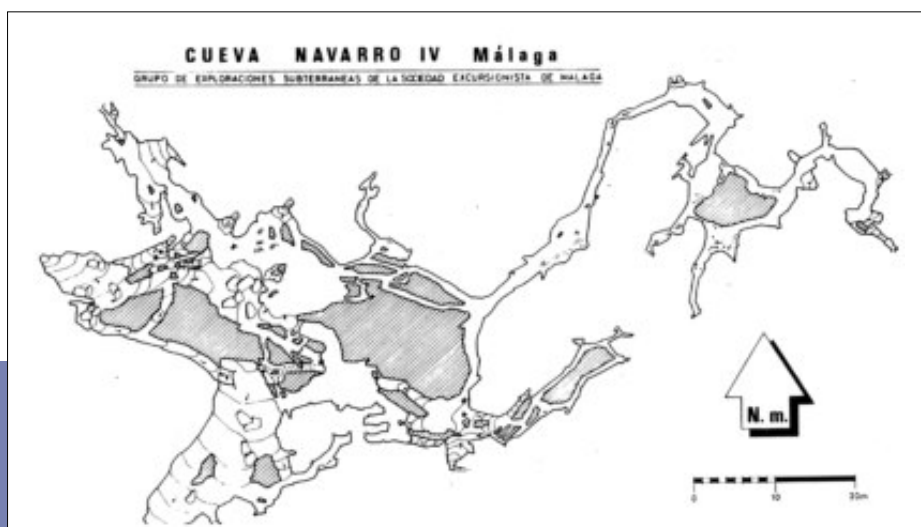
la parte de la Meseta del Cuervo, que iba a ser tocada por el trazado viario (Figura 9).

Aparecieron otras tres cavidades próximas a Cuervo 1, que fueron denominadas Cuervo 2, Cuervo 3 y Cuervo 4. Ante la premura de las obras de la Autovía M-24, solo dio tiempo a testar parcialmente Cuervo 2, realizando su plano con planta y sección (Figura 10). Dio una secuencia de materiales modernos, medievales, romano, y un ánfora púnica en la base, publicando un avance en 1992 (Ramos *et alli.*, 1992). Se recogieron también los materiales de la Caseta del Guardia, cuyo yacimiento había sido destruido parcialmente en la remodelación viaria, dejando un perfil donde se superponía el paquete sedimentario al paquete marino de una antigua playa fósil, situada a 10 m sobre el nivel actual del mar (Figura 8a),

FIG. 10  
Sección parcial  
de Cuervo 2  
del GES de la  
SEM, en 1987,  
y su secuencia  
cultural  
testada.



FIG. 11  
Plano de la  
Cueva Navarro  
4 del GES de la  
SEM.



localizándose otra playa fósil más abajo, a 1.20 m s.n.a.m., y que había sido datada por U/Th en 117,3 ka (Brückner, H. y Raktke, U. 1986) (Figura 8c).

En 1979 el Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad de Excursionistas de Málaga (GES de la SEM) hace su mayor descubrimiento en La Araña, en el Complejo del Humo, en la Cantera de los Hermanos Navarro, explorando las Cuevas de Navarro 1, Navarro 2 y Navarro 3 (todas destruidas) y finalmente Navarro 4, la única que se salvó (Foto 4), con pinturas

rupestres del Solutrense (Foto 5), realizando el calcado de las pinturas (Foto 6). El GES de la SEM realizó un plano bastante preciso de la cavidad (Figura 11). Su descubrimiento se dio a conocer en 1981 en sendos trabajos (Sociedad de Excursionistas de Málaga, 1981; Sanchidrián Torti, 1981). Por estas fechas el GES de la SEM lleva a cabo una campaña de planimetría y numeración de todas las cavidades de la zona, siendo el primer intento serio de sistematización del mundo subterráneo de La Araña. Nosotros seguimos el ejem-



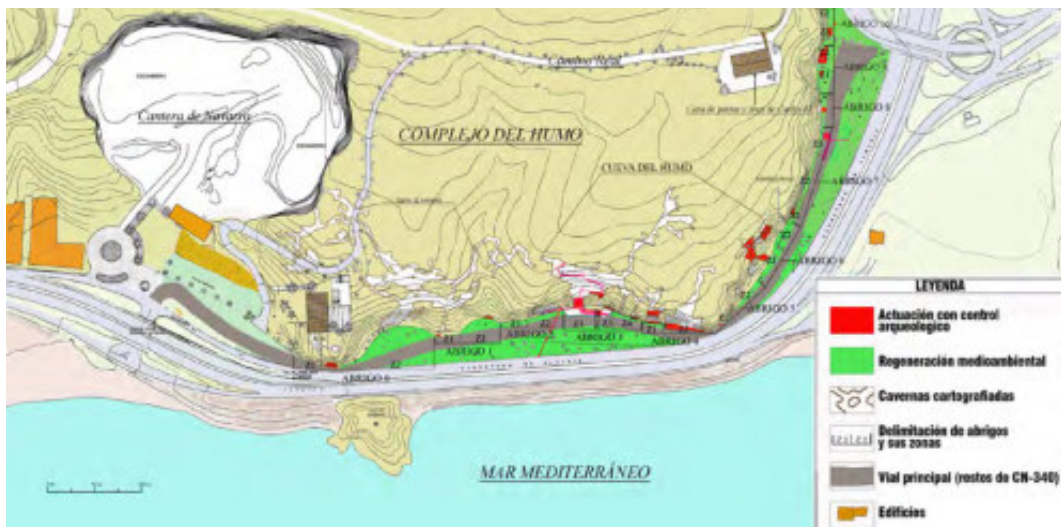


FIG. 12: Plano de la parte Sur del Complejo del Humo, del GES de la SEM, con las cuevas y abrigos, superpuestos a las curvas de nivel. Se indican también los puntos con intervenciones arqueológicas a lo largo de los años.

plo, ampliando el rango a todos los yacimientos arqueológicos, tanto en cuevas como al aire libre, incluyendo los aspectos geomorfológicos del lugar, y el efecto de las transgresiones y regresiones marinas en el territorio. Se completó con la división del territorio en complejos kársticos, la ubicación precisa de los yacimientos, y la revisión de las nomenclaturas. Entre 1981 al 1987 se realizaron actividades de urgencia en el Complejo del Humo y en el Complejo del Peñón del Cuervo, ante el peligro de desaparecer algunos yacimientos por la construcción de la Autovía M-24. Se hicieron tareas de excavaciones de urgencia, de limpieza y protección -en las que el GES de la SEM y la Diputación de Málaga colaboran activamente en la cartografía de las cavidades-. Gracias a esta colaboración se pudieron superponer los planos de las cavernas del Complejo del Cuervo (Figura 9) y del Complejo del Humo (Figura 12) al plano de la superficie, sintetizando una visión del subsuelo y de la orografía superficial mediante las curvas de nivel, gracias a los trabajos de José A. Molina Muñoz. Entre 1998 al 2000 continua esta

colaboración con el GES de la SEM, cartografiando los restos de Hoyo de la Mina en el Complejo de la Cantera Principal, sustituyendo la antigua cartografía de Miguel Such, como ya se ha dicho. Durante las tareas de excavaciones nosotros fuimos alterando el plano, a medida que se desescombraba y excavaba, sala a sala, quedando la planimetría a término de la intervención, que es la que finalmente quedó del desaparecido yacimiento (Figura 5). La colaboración más reciente del GES de la SEM y la Investigación en La Araña se ha llevado a cabo en el Complejo del Humo, con la limpieza y la revisión cartográfica de la Raja del Caballo, en el 2017-2020, con un meritorio esfuerzo, por lo penoso que resultaron los trabajos (Fotos 8 y 9). Tras estas tareas el yacimiento quedó limpio y digno, desapareciendo la mala imagen de basurero que tenía, gracias a los trabajos del GES de la SEM. Era el último punto negro que quedaba en el Complejo del Humo. En 2018 el GES de la SEM colaboró en otras labores en este complejo, ayudando al Grupo G-40 (G-40) de Priego (Córdoba) en la revisión cartográfica de las cuevas.



FIG. 14: Estratigrafía del Perfil Este del Rellano de la Entrada de la Cueva del Humo, con los puntos muestreados para analíticas.

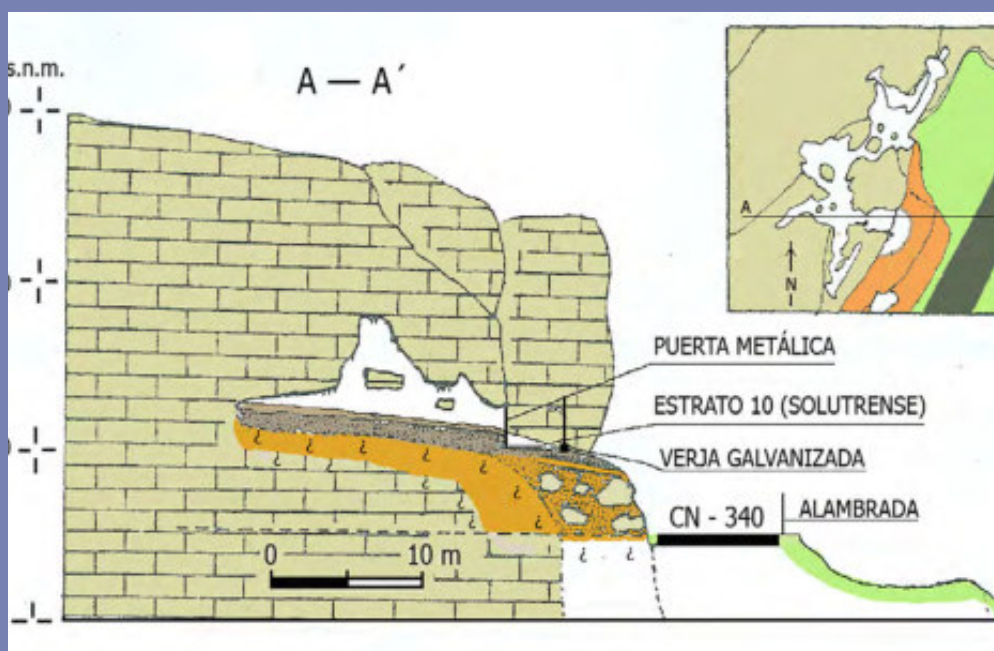


FIG. 16: Plano del GES de la SEM del A6 del Complejo del Humo y Sección O-E por el Tramo A, parcialmente retocada por nosotros.

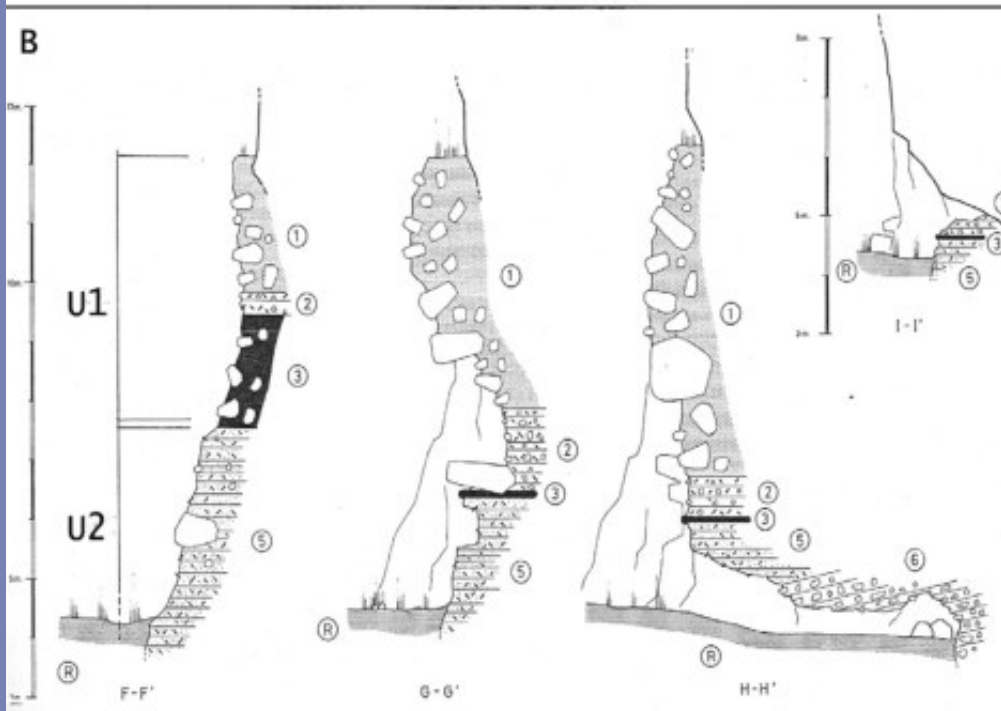
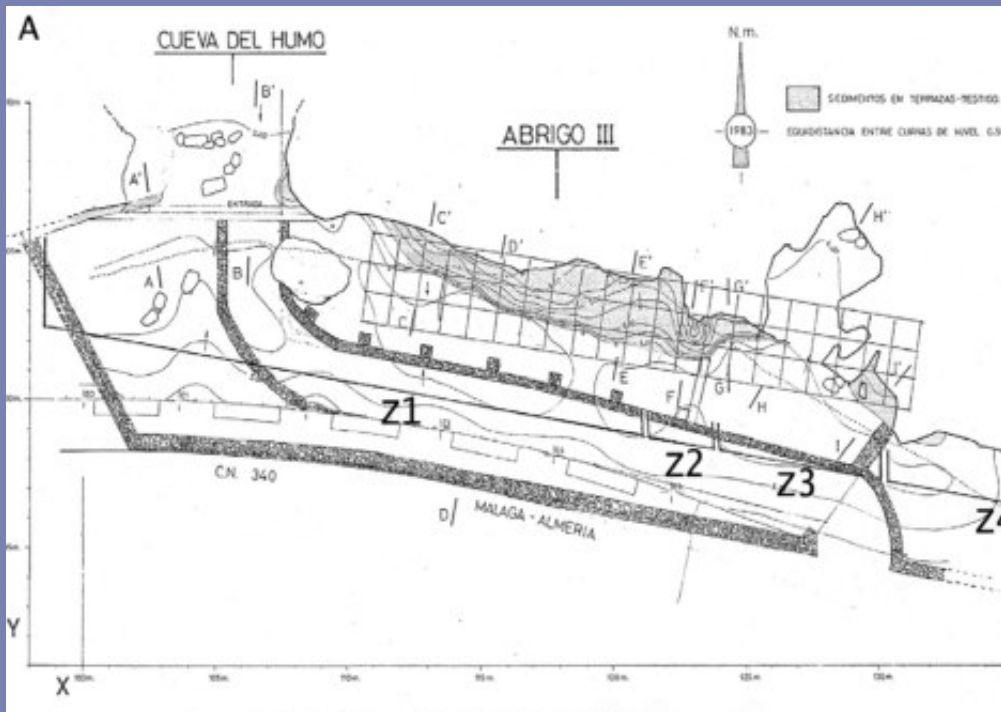


FIG. 15: a) Plano del A3 del CH; b): Secciones del A3 del Complejo del Humo, con los grandes bloques estratigráficos detectados en 1983.

El último aporte de la Espeleología a las investigaciones de la zona la ha aportado el G-40, que ha revisado todas las planimetrías de las cavidades del Complejo del Humo (*Fotos 10 y 11*), excepto la Cueva de Navarro 4, que sigue con la antigua cartografía, ante la imposibilidad de acceder a la caverna, por cuestiones ajenas a nosotros. No obstante, el G-40 pudo reconstruir el plano antiguo de la cavidad, e insertarlo en la nueva cartografía general del Complejo del Humo, gracias a que todos los datos topográficos de la cueva aún se conservaban en la Sociedad de Excursionistas de Málaga, y fueron aportados por una de los firmantes (Loreto Wallace).

## Investigaciones en el Complejo del Humo

De los 7 complejos kársticos de La Araña, el del Humo es el que posee más yacimientos arqueológicos y el más investigado, a través de varias campañas. Como consecuencia, es el que mayor número de respuestas científicas ha dado hasta ahora. Las potentes estratigrafías de algunos de sus yacimientos han facilitado un gran volumen de información, para varios periodos de la Prehistoria, que abarcan el Paleolítico Medio y Superior, y el Postpaleolítico (Neolítico y Calcolítico). La valoración científica más antigua para el CH se debe a la mención de las cuevas y abrigos del sitio por Giménez Reyna, en 1946, sin ni siquiera nominar los puntos. Sabemos que se refiere a las cavidades del CH por la ubicación que hace el autor en su Memoria Arqueológica de 1946:

«[...]Un kilómetro después de la Fábrica de Cementos antes citada y al mismo lado de la carretera de Almería que va bordeando la orilla del mar, en una trin-

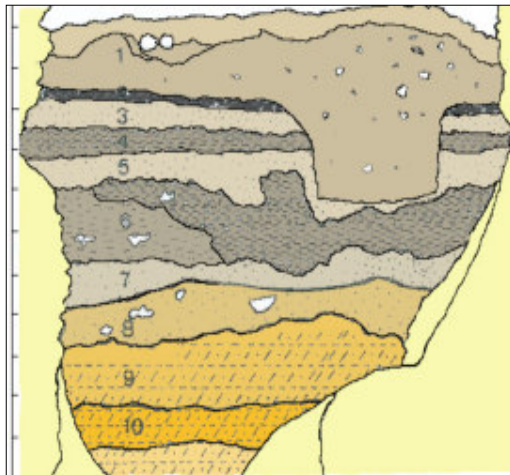


FIG. 17: Estratigrafía del A6 del Complejo del Humo, Tramo B.

chera hecha al construir la carretera, hallamos unos rellenos de tierra en grandes oquedades que corresponden a los pisos arqueológicos de la Cueva del Higuérón, cuya entrada está hoy cegada, no siendo posible visitar su interior, que por lo demás —y según las noticias adquiridas— tiene poco interés. Los citados rellenos, en un corte vertical, perfectamente visibles, aprisionan gran cantidad de lascas de pedernal, algunos restos óseos y abundantes conchas de *Helix* y *Tapes*, escasas grandes valvas de *Ostrea* y algún canto rodado con señales de uso. El conjunto corresponde a los pisos inferiores del Hoyo de la Mina y de la Cueva de la Victoria[...]

Fue una valoración muy sumaria, por lo poco que entonces se conocía de la zona y del CH que, a medida que fuimos avanzando en las investigaciones, se fue revelando como uno de los conjuntos arqueológicos más interesantes del Sur de Europa. Por entonces Giménez Reyna solo pudo relacionar los sedimentos que afloraban con los niveles bajos de la Cueva del Higuérón, Hoyo de la Mina y la Cueva de la Victoria, que eran los yacimientos del



## ESTRATIGRAFIA DEL ABRIGO 3 DEL COMPLEJO DEL HUMO

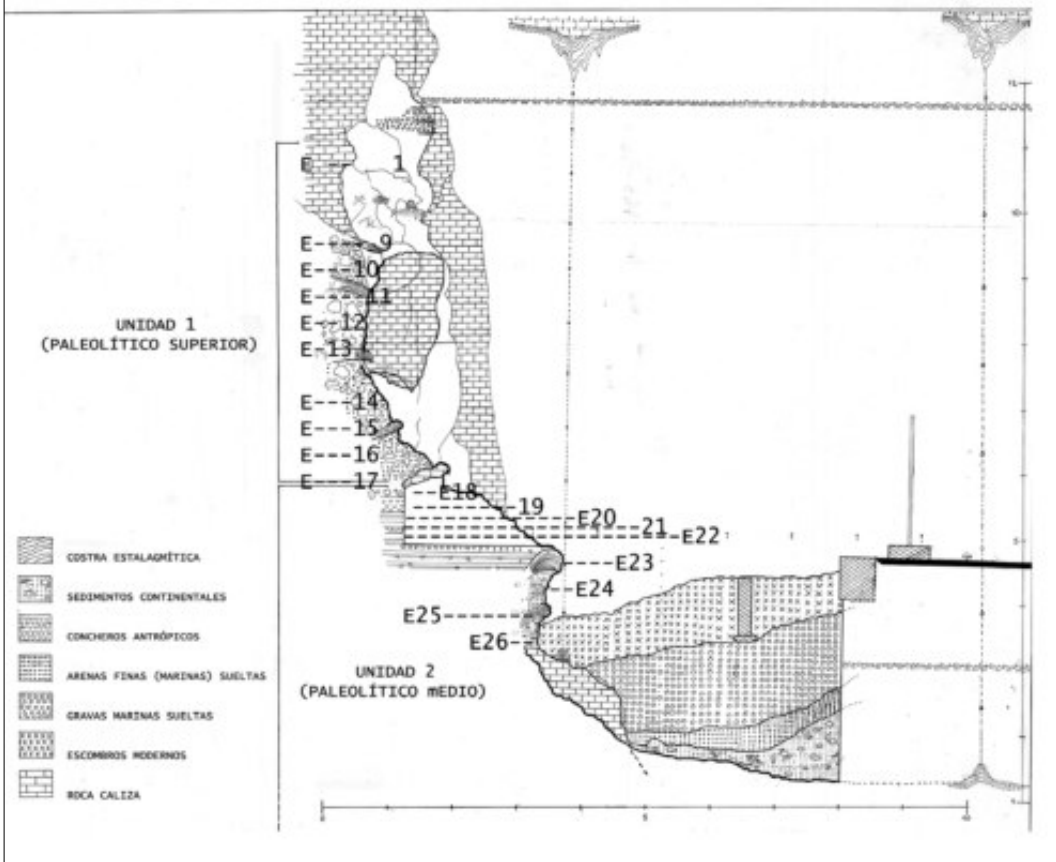


FIG. 18: Estratigrafía del A3 de Complejo del Humo, mostrando el paquete sedimentario, con los dos grandes bloques culturales testados: Unidad 1 (Paleolítico Superior) y Unidad 2 (Paleolítico Medio).

entorno más o menos conocidos. El siguiente avance en las investigaciones se produjo con las excavaciones realizadas por José Sánchez Montes en 1942 en la Cueva del Montijano, la actual Cueva del Humo (CvH), dando a conocer sus conclusiones en el II Congreso de Arqueología del Sureste Español (Sánchez Montes, 1947). Por primera vez se detecta una secuencia estratigráfica y se recuperan materiales, que el investigador atribuye a un posible Auriñaciense. En 1965 se da un paso más en las investigaciones, con la actuación del grupo de arqueología de la OJE en el actual Abrigo 3 del CH. Hicie-

ron una pequeña cata en el perfil erosivo vertical, dando a conocer los resultados en la revista malagueña Gibralfaro (1969), y posteriormente en el XIII Congreso Nacional de Arqueología. Situaron el punto de actuación en la parte más interesante de la secuencia, donde se encontraba el contacto entre el Paleolítico Medio y el Superior. Presentaron una estratigrafía precisa y un estudio de materiales correcto, adjudicándolos a un Auriñaciense, e insinuando un posible Musteriense (Gálvez Pacheco, 1975).

En 1976 tomamos el relevo de las investigaciones, prospeccionando el territorio

de La Araña y su entorno, incluido el CH. Las prospecciones duraron varios años, e incluyeron tanto la superficie como las cuevas y abrigos del lugar. Se examinaron minuciosamente los perfiles verticales erosivos que mostraba el acantilado del CH, percatándonos que sobrepasaban en mucho la pobre valoración que se había hecho de ellos en el pasado. Las potentes estratigrafías y los muchos materiales que afloraban de los perfiles de las tierras (sílex, conchas, huesos y carbón) apuntaban a una amplia secuencia, que podría abarcar el Paleolítico Medio y el Superior, y posiblemente el Postpaleolítico (Neolítico y Calcolítico), a juzgar por el uso de las cuevas del entorno, como la de Hoyo de la Mina (Such, 1920 *op. cit.*), Cueva de la Cantera, Cueva de los Molinos o Cuervo 1, y en la vecina Cala del Moral (Rincón de la Victoria) la Cueva del Higuerón o del Tesoro (Giménez Reyna, 1964) y la Cueva de la Victoria (Giménez Reyna, 1940). Tras comenzar la sistematización y ordenación del territorio, en 1980 prospectamos minuciosamente la Cueva del Humo y sus diversas galerías (Figura 13) regularizando el Perfil Este de la Entrada, que mostró la estratigrafía (Figura 14), y en el Abrigo 3 del CH (Figura 15). Nuestra primera actuación arqueológica fue en 1980-1981, en el que denominamos Abrigo 3 del Complejo del Humo (A3CH), con una pequeña cata al lado de la de Gálvez Pacheco, comprobando que su estratigrafía era muy ajustada, y había documentado, sobre todo, a la etapa transicional entre el Paleolítico Medio y el Superior.

En 1982, nos centramos en el que denominamos Abrigo 6 del Complejo del Humo (A6CH) en sus Tramos A y B (A6TA y A6TB), revisando el GES de la SEM la planimetría para situar los cortes de excavación, y las secciones de las cavernas (Figura 16). Se dibujaron también los perfiles de los cortes, reflejando las estratigrafías



FOTO 1: Miguel Such (inclinado) y su hermano Francisco en 1917. Investigó Hoyo de la Mina.

(Figura 17). En 1983, nos ocupamos en el A3CH-definiendo estratigrafías (Figura 18)-y en la Entrada de Cueva del Humo (CvH), y en el A6 en su Tramo A (A6TA). En el A3CH ampliamos el segmento estratigráfico de Gálvez Pacheco, con los estratos musterienses en los niveles inferiores y del Paleolítico Superior en los cimeros, y el segmento transicional que ellos habían testado, dando lugar a varias comunicaciones, las últimas entre 2012 y 2019 (Ramos *et alli.*, 2012; Ramos *et alli.*, 2019 a, b, c, d). En la Cueva del Humo (CvH) se llevaron a cabo varias tareas de limpieza y desescombro, y un perfilamiento y muestreo del Perfil Este del Rellano de la Entrada, para poder ver con claridad la estratigrafía de la cavidad y extraer muestras para analíticas (Ramos *et alli.*, 1998a); al tiempo que se acondicionó la denominada Trinchera, un espacio lineal que recorría la Sala Mayor, que fue realizado en el pasado por buscadores de tesoros, dato que nos dieron los mayores del lugar.

Las distintas campañas realizadas en el CH permitieron distintas actuaciones de diversa índole, desde la prospección,

la documentación fotográfica y planimétrica, limpieza y desescombro de los yacimientos y su entorno, regeneración medioambiental de los alrededores, y los puramente arqueológicos con procesos de excavación y muestreo de las distintas secuencias estratigráficas. Paralelamente, se ha ido desarrollando medidas de protección pasiva -cerrando cuevas y abrigos con puertas y verjas metálicas- y protección jurídica, promoviendo que las instituciones pertinentes (Junta de Andalucía y Ayuntamiento de Málaga) declararan a las zonas más ricas en yacimientos arqueológicos como zonas protegidas, al tiempo que se acondicionaban algunos espacios para su puesta en valor, junto con el Centro de Interpretación de las Cuevas de La Araña -en el edificio municipal situado en Punta Palomas-, que está funcionando desde 2012.

Todo el proceso de investigación va permitiendo la composición de una secuencia cronoestratigráfica y cultural de la ocupación del lugar por los distintos grupos asentados en La Araña y en el CH en el pasado, desde los Neandertales, la llegada de los Humanos Anatómicamente Modernos y sus varios periodos culturales, a los grupos Postpaleolíticos del Neolítico y el Cobre. En el CH los niveles musterrienses se han documentado en los Abrigos 2, 3, 4, 6 y 10 del CH y en la propia CvH (Ramos *et alli.*, 2019 a *op. cit.*; Ramos *et alli.*, 2012 *op. cit.*; Ramos *et alli.*, 2002; Ramos *et alli.* 1998 a *op. cit.*). Los niveles de transición entre el Paleolítico Medio y el Superior los hemos detectado en los Abrigos 3 y 4 del CH (Ramos *et alli.*, 2012 *op. cit.*; Ramos *et alli.*, 2002 *op. cit.*). Los estratos del Paleolítico Superior se superponen en la secuencia desde la etapa más antigua en los Abrigos 3, 4, 6 y 10 del CH, y no han aportado materiales arqueológicos en la CvH. Solo una datación sobre espeleotema por U/Th de



FOTO 4: Descubrimiento de Navarro 4 por el GES de la SEM en 1979. (J. A. Berrocal)



FOTO 5: Loreto Wallace y una compañera del GES de la SEM explorando la Cueva de Navarro 4 en 1979. (J. A. Berrocal)



FOTO 6: Miembros del GES de la SEM calcando las pinturas de Navarro 4 en 1979. (J. A. Berrocal)





FOTO 2: José Luis Rodríguez Molina, del GES de la SEM, en la Cueva de la Cantera (Año 1969).



FOTO 3: José Luis Rodríguez Molina en Cerro Juan (Año 1969).

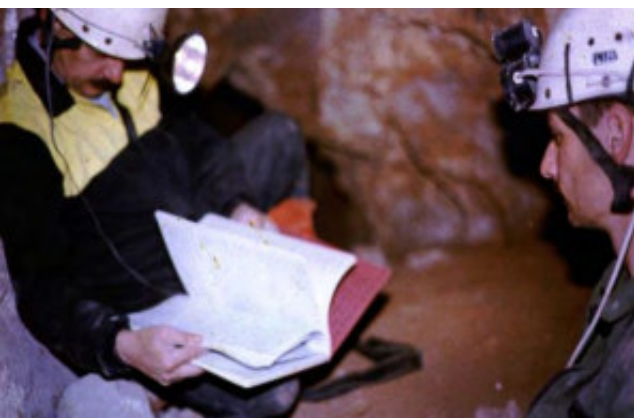


FOTO 7: Federico Ramírez en Hoyo de la Mina-1998. (J. Ramos)

c. 21 ka del Perfil Este del Rellano de la Entrada de la CvH y la correlación estratigráfica con el A3CH indican que pueden pertenecer a este periodo, aunque ya en estas fechas la entrada a la cueva estaría obstruida por los sedimentos (Ramos *et alli.* 1998a. *op. cit.*).

Los útiles encontrados por Sánchez Montes en el Rellano de la Entrada de la CvH (Sánchez Montes, 1947 *op. cit.*) y atribuidos a un Auriñaciense indican que estos estratos antiguos del Paleolítico Superior debieron de existir, pero no han sido identificados por nosotros en la regularización del Perfil Este, ante la falta de materiales y la pobreza o ausencia arqueológica de los estratos cimeros en dicho Perfil Este. En el A3 existen dataciones de estratos que cubrirían el espacio cronológico del Auriñaciense, aunque hasta ahora no ha entregado un conjunto industrial característico de este periodo. En el A4 han aparecido útiles de posible asignación al Auriñaciense, aunque al estar descontextualizados la mayoría, pierden gran parte de su significado diagnóstico (Ramos *et alli.*, 2002 *op. cit.*). El Gravettiense ha sido detectado en el Estrato 11 del A6 (Ramos *et alli.* 2019 c). El Solutrense se reconoció en el mismo yacimiento en el Estrato 10, y en el A4 en piezas descontextualizadas (hojas de laurel), (Ramos y Duran, 1998b). El Magdalenien se ha evidenciado en el Estrato 9 del A6, mientras que el Estrato 8 se definió como Epipaleolítico (Ramos *et alli.*, 2006)

Los estratos Postpaleolíticos (Neolítico y Calcolítico) se superponen al Epipaleolítico y Paleolítico Superior del A6 del CH (Ramos, 2004a; Ramos *et alli.*, 2004b), mientras que en la base de la secuencia estratigráfica apareció un núcleo discoide *in situ* y algunas lascas en el perfil dejado por la antigua Carretera Nacional 340, en el exterior del yacimiento, que nos inclina a pensar que los niveles musterienses están



presentes en los estratos profundos del A6.

La revisión constante de los aspectos de las investigaciones en La Araña abarca a todos los campos, incluido el de la planimetría, para ir afinando con mayor exactitud las cartas de plantas y secciones de las cavernas y yacimientos arqueológicos. Cada nueva revisión ha traído mayor precisión sobre la documentación física de los sitios donde se ha intervenido o se ha realizado algún descubrimiento arqueológico, bien sea de cultura material, bien del pensamiento abstracto de los grupos prehistóricos, en forma de pinturas o grabados. En este deseo de obtener planos cada vez más precisos, el grupo G-40 de Priego (Córdoba) llevó a cabo una revisión minuciosa de toda la cartografía del Complejo del Humo, entre 2017 y 2020. Paralelamente el GES de la SEM realizó la tarea de limpieza, planimetría y documentación de la Raja del Caballo en el CH. El resultado de estos trabajos realizados por el GES de la SEM y el G-40 y la metodología empleada en la revisión de la nueva cartografía ha motivado este trabajo. Ambos aspectos - resultados y metodología - son del máximo interés, por lo que merecen ponencias aparte, desarrollando ambos aspectos sus autores. Nosotros nos hemos limitado a mostrar el territorio, las principales actividades ejecutadas, y el resultado de las investigaciones en el gran Patrimonio Prehistórico de La Araña, y la estrecha colaboración entre Arqueología y Espeleología, en el ya largo proceso de investigación.

## Conclusión

A lo largo de este trabajo hemos realizado una resumida exposición de las investigaciones arqueológicas realizadas en La Araña y su entorno desde 1917, y la estrecha relación que ha existido desde el principio



FOTOS 8 y 9: El GES de la SEM en la Raja del Caballo en 2017. (J. Ramos)



FOTO 10: Antonio Alcalá del G-40 en el Complejo del Humo en 2017. (L. Wallace)



FOTO 11: Espeleólogo del G-40 en el Complejo del Humo en 2017. (L. Wallace)

entre la Arqueología y la Espeleología. Ha sido una circunstancia que se ha producido de forma natural, y que en cierto sentido estaba casi obligada a converger, dados los objetivos que ambas disciplinas tenían en esencia en su razón de ser. La Arqueología como ciencia tiene como objetivo principal el estudio de los grupos humanos del pasado, mediante los datos obtenidos de las excavaciones arqueológicas, con todas las derivadas científicas sobrevenidas de la actividad.

La Espeleología surge como deporte, y cubre una amplia gama de actividades y sentimientos, donde el riesgo, la curiosidad innata del ser humano a vencer dificultades, descubrir lo desconocido y desvelar lo ignoto, con una constante de disfrute y superación personal aboca a un registro de lo descubierto, para que los demás lo conozcan. Esto hizo que desde el principio estuviera presente el deseo de la documentación de lo explorado, bien realizando planos y secciones de las cavernas, bien aportando fotografías del mundo subterráneo. Toda esta documentación obliga a plasmar datos concretos en un registro preciso de la documentación, lo cual la vincula directamente con la Ciencia. Son actividades que se solapan con otras de la Arqueología, cuando esta se desarrolla en cuevas. Por lo tanto son campos compartidos y a veces complementarios, especialmente en la cartografía y la fotografía. De hecho muchos yacimientos arqueológicos han sido descubiertos por espeleólogos, aunque después tomaran el relevo los arqueólogos para su investigación. Cuevas como Tito Bustillo son un buen ejemplo de ello. En La Araña la Cueva de Navarro 4, descubierta y documentada por espeleólogos, muestra la estrecha vinculación de la Espeleología y la Arqueología, y como en ocasiones el espeleólogo precede al arqueólogo, aunque después sigan juntos. Esta vinculación ha



traído como consecuencia que en los proyectos actuales de investigación en cuevas exista un equipo de espeleología, junto a las demás disciplinas.

Cuando el arqueólogo no practica la espeleología, son los espeleólogos la avanzadilla de la documentación y acondicionamiento del sitio para que se realicen las investigaciones. Ellos exploran el punto y las galerías inaccesibles, realizan planos y secciones para tener una idea de cómo ha funcionado el karst, eliminan potenciales peligros, trazan rutas transitables y acondicionan el espacio para que se pueda trabajar de forma segura. De hecho, algunos yacimientos importantes no hubieran podido ser investigados sin la labor previa de los espeleólogos. Otros ni siquiera se habrían descubierto, y por lo tanto no existirían ni para el Patrimonio ni para la Ciencia. Un buen ejemplo es la Cueva de Navarro 4 en la propia Araña. Son datos que nos indican la gran relevancia de la labor espeleológica y su cada vez más estrecha vinculación con las tareas arqueológicas y la Ciencia, en muchos proyectos de investigación, y todo ello sin renunciar a sus fundamentos primigenios, que siempre serán puramente espeleológicos.

Esta situación se ha podido apreciar claramente en el territorio de La Araña, desde las primeras actuaciones en 1917 en Hoyo de la Mina, dada a conocer por Miguel Such en 1920, a los sucesivos descubrimientos desde entonces, y las revisiones cartográficas, que se han sucedido hasta 2020 en el Complejo del Humo, con la limpieza y planimetría de la Raja del Caballa por el Ges de la SEM y la nueva cartografía de dicho Complejo por el G-40. Todo un siglo en donde Espeleología y Arqueología han ido de la mano con resultados positivos y complementarios. Ambos grupos espeleológicos (GES de la SEM y G-40) forman parte del actual equipo de investigación de las Cuevas de La Araña.

## Bibliografía

- Baldomero Navarro, A.; Ferrer Palma, J-E.; Marqués Merelo, I.; Ramos Fernández, J.; Aguilera López, R.; Bañares España, M-M.; Cortés Sánchez, M. & Navarrete Rodríguez, I. (2005): **Recientes excavaciones de la Cueva de Hoyo de la Mina (Málaga)**. Actas del III Congreso del Neolítico Peninsular, pp. 999-1010. Santander.
- Brückner, H. & Ratke, U. (1986): **Paleoclimatic implications derived from profiles along the Spanish Mediterranean coast**. Quaternary climate in western Mediterranean, pp. 467-486.
- Ferrer Palma, J-E.; Marqués Merelo, I.; Marqués Merelo, I.; Cortés Sánchez, M.; Ramos Fernández, J.; Aguilera López, R.; Bañares España, M-M.; Cortés Sánchez, M. & Baldomero Navarro, A. (2006): **Excavaciones en Cueva del Hoyo de la Mina (Málaga, Andalucía, España). Contratación de una secuencia arqueológica clásica para el estudio del Tardiglacial-Holoceno antiguo en el sur de la Península Ibérica**. Actas del IV Simposio de Prehistoria Cueva de Nerja La Cuenca Mediterránea durante el Paleolítico Superior 38.000-10.000 años, pp. 316-325.
- Gálvez Pacheco, A. (1975): **Las Covachas de la Cala del Moral**, en XIII Congreso Nacional de Arqueología (Huelva, 1973), pp. 155-166. Zaragoza.
- Giménez Reyna, S. (1964): **Informe de las excavaciones de la Cueva del Higuero o del Suizo**. Noticiario Arqueológico Hispánico, nº 6, cuadernos 1-3 (1962), Madrid, pp. 60-67.
- Giménez Reyna, S. (1946): **Memoria Arqueológica de la Provincia de Málaga hasta 1946**, Informe y Memorias nº 12, Madrid.
- Giménez Reyna, S. (1940): **Nota preliminar sobre la Cueva de la Victoria en la Cala (Málaga)**, Atlantis, XV, Madrid, pp. 164-168.
- Navarrete Enciso, M<sup>a</sup>-S (1976): **La cultura de las cuevas con cerámica decorada en Andalucía Oriental**. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Departamento de Prehistoria.
- Ramos Fernández J., Cortés Sánchez, M., Simón Vallejo, M<sup>a</sup>-D, Aguilera López, R. & Ramos Fernández, R. (2010): **El Paleolítico Inferior en la Bahía de Málaga** (Andalucía), Ciencia y Arqueología. Homenaje a Francisco Giles Pacheco, pp. 27-36
- Ramos Fernández, J. & Aguilera López, R. (2004b): **El Calcolítico en las cuevas de La Araña (Málaga)**. II y III Simposios de Prehistoria Cueva de Nerja, pp. 272-280. Nerja, Málaga.
- Ramos Fernández, J. (2004a): **Los niveles neolíticos del Abrigo 6 del Complejo del Humo (La Araña, Málaga)**, II y III Simposios de Prehistoria Cueva de Nerja, pp. 52-67. Nerja, Málaga.

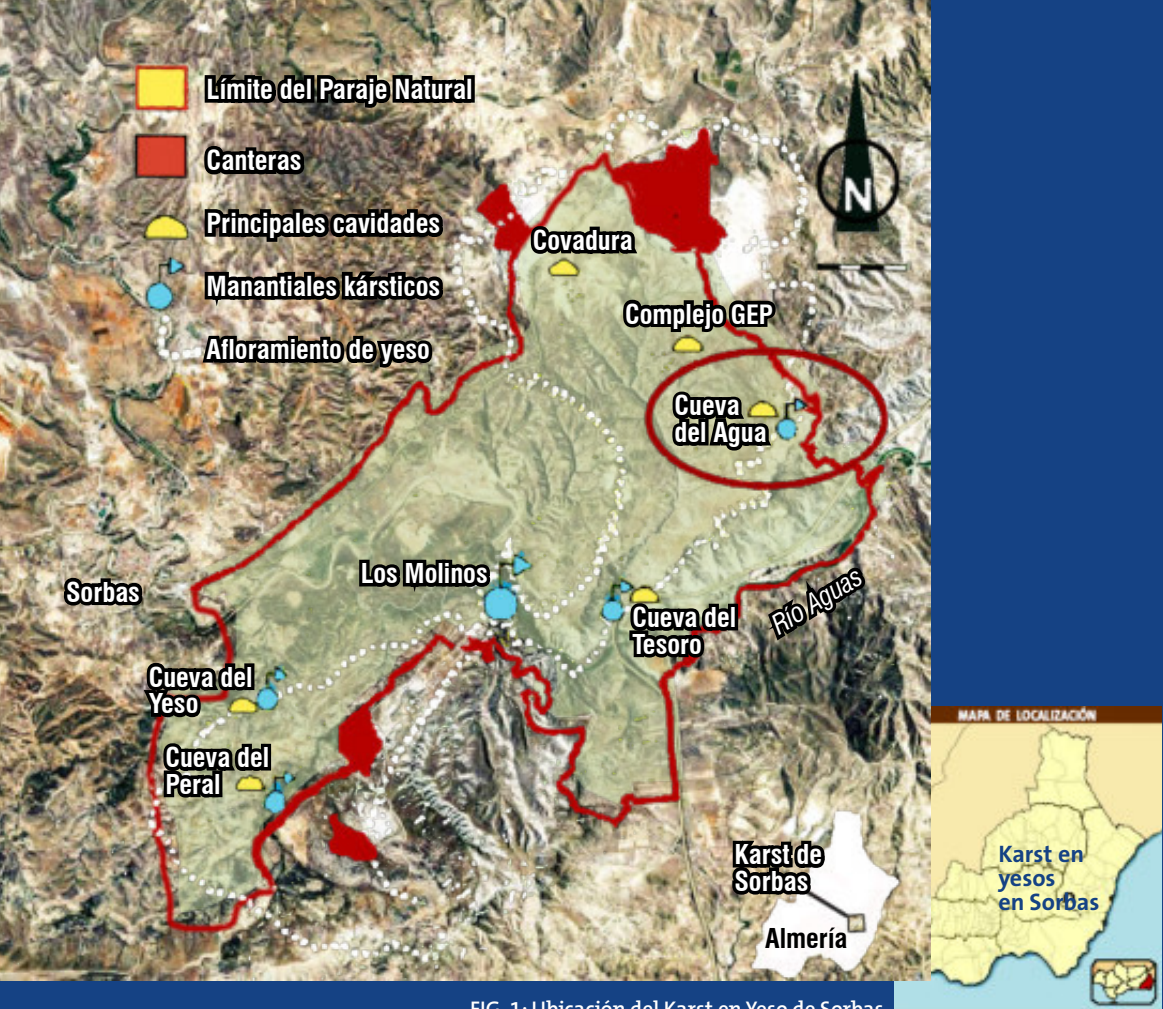


FIG. 1: Ubicación del Karst en Yeso de Sorbas.

# Resultados en el karst en yeso de Sorbas

INMACULADA AYUSO CAMPOS. (1)  
 JOSÉ MARÍA CALAFORRA CHORDI. (1) (2)

(1) Espeleo Club Almería  
 (2) Universidad de Almería

espeleoclubalmeria@gmail.com

*49 km. de galerías:  
 el mayor cavernamiento  
 de Andalucía*



## Resumen

**D**urante décadas, diversos grupos de espeleología han considerado el Karst en Yeso de Sorbas una zona kárstica de gran atractivo para su exploración y topografía, tanto por su excepcionalidad como karst en yeso como por sus magníficas formaciones yesíferas únicas y exclusivas. A veces, exploraciones y topografías puntuales, en otras ocasiones estudios sistemáticos de las diferentes redes subterráneas, han ido conformando a través del tiempo un extraordinario banco de datos, que, sin duda, nos ha permitido en la actualidad, recopilando todos estos trabajos espeleológicos, realizar este estudio sobre el mapa de cavernamiento actual del Karst en Yeso de Sorbas, basado en las aportaciones topográficas realizadas durante más de 50 años.

Presentamos un trabajo basado en la labor constante de tantos espeleólogos que han contribuido con su trabajo y dedicación a conocer cada vez con mayor detalle y profundidad la fabulosa red subterránea del Karst en Yeso de Sorbas.

### Abstract

For decades, various caving groups have considered the Sorbas gypsum karst a highly attractive karst area for exploration and topography, both for its exceptional character as gypsum karst and for its magnificent unique and exclusive gypsum formations. Sometimes, specific explorations and topographies, on other occasions systematic studies of the different underground networks, have been forming an extraordinary database over time, which, without a doubt, has allowed us today, collecting all these speleological works, carry out this study on the current cavern map of the Karst in Yeso de Sorbas, based on the topographic

contributions made over more than 50 years.

We present a work based on the constant work of so many cavers who wanted to contribute with their work and dedication to knowing more and more detail and depth about the fabulous underground network of the Karst in Yeso de Sorbas.

## Localización y características

**E**l Karst en Yeso de Sorbas, está situado en el sureste de la Península Ibérica, en la zona centro-oriental de la provincia de Almería, entre las Sierras de Los Filabres y Cabrera. El paraje es un terreno semidesértico en el que sobre los yesos de la depresión de Sorbas se ha ido desarrollando el modelado kárstico de este paisaje peculiar y ha originado un entramado de cientos de dolinas en superficie y otras tantas cavidades subterráneas, superpuestas hasta en siete niveles, y con frecuencia comunicadas entre sí. Alberga el 15% de las cavidades mundiales en yesos con desarrollos por encima de los 500 metros y la tercera, cuarta y quinta cueva más profunda en yesos. El karst evaporítico que se desarrolla en tan solo 12 km<sup>2</sup> abarcando todo el paquete de yesos. En este karst se han catalogado más de 1600 cavidades, se trata de una de las zonas con mayor densidad de cavidades de Europa.

Posee unas formas superficiales únicas, como los túmulos, los micro laplaces, espectaculares dolinas de hundimiento y colapso, y un espectacular universo de espeleotemas en yeso: estalactitas, estalagmitas champañiformes y estalagmitas huecas, coraloides extraordinarios como los abetos de yeso, anillos, bolas de yeso, ... algunos exclusivos de este karst, que ha-

cen de este reducido mundo subterráneo una de las joyas geológicas de a escala internacional y que representa un ejemplo de karstificación en yeso más importantes en el ámbito mundial.

Fue declarado Paraje Natural de interés Espeleológico por la Junta de Andalucía en 1989. Desde el año 2002 es Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA). En diciembre de 2016 este paraje ha sido declarado Zona Especial de Conservación (ZEC).

## Antecedentes

El interés por la protección de este entorno singular ha sido un objetivo constante para los espeleólogos desde los años 60 hasta la actua-

lidad. Grupos como GEP (Almería), SIS (Tarrasa), GRESS77 (París), SECAM (Almería), ESA (Almería), ECT (Sorbas), C.E. Baena, SGEG (Granada), GIEX (Jerez), SEM (Málaga), GAEM (Motril), G40 (Priego de Córdoba), CDES (Rota) ECC (Castellón), ECB (Barcelona), AEV (Vélez Rubio) y ECA (Almería), entre otros, han contribuido de forma muy valiosa a la exploración de cavidades y realización de topografías. A través de décadas estos grupos de espeleología han ido tomando progresivamente el relevo en el estudio de este karst evaporítico único y excepcional.

Durante todos estos años se han sucedido exploraciones y topografías de las cavidades, con el fin de conocer mejor este entorno y diseñar con la mayor exactitud posible el mapa de cavernamiento general. Desde el año 1985 y durante casi cuatro décadas, el Espeleo Club Almería ha dedicado al Karst en Yeso de Sorbas, la casi totalidad de sus esfuerzos y trabajos espeleológicos. Se organizaron el VIII y XI Campamentos Regionales de Espeleología (1979-1981), El Encuentro Nacional Pro-Defensa del Karst en Yeso de Sorbas (1985), el Campamento Nacional (1988) y las I Jornadas de Topografía en la Cueva del Agua (2010). Desde el año 2012 se organizan anualmente los Campamentos de Topografía Espeleológica TOPO-SORBAS, en los cuales, los trabajos que se realizan van enfocados tanto al conocimiento del desarrollo subterráneo como a la protección de las frágiles y singulares cavidades y sus espeleotemas en yeso que existen en este excepcional Paraje Natural.

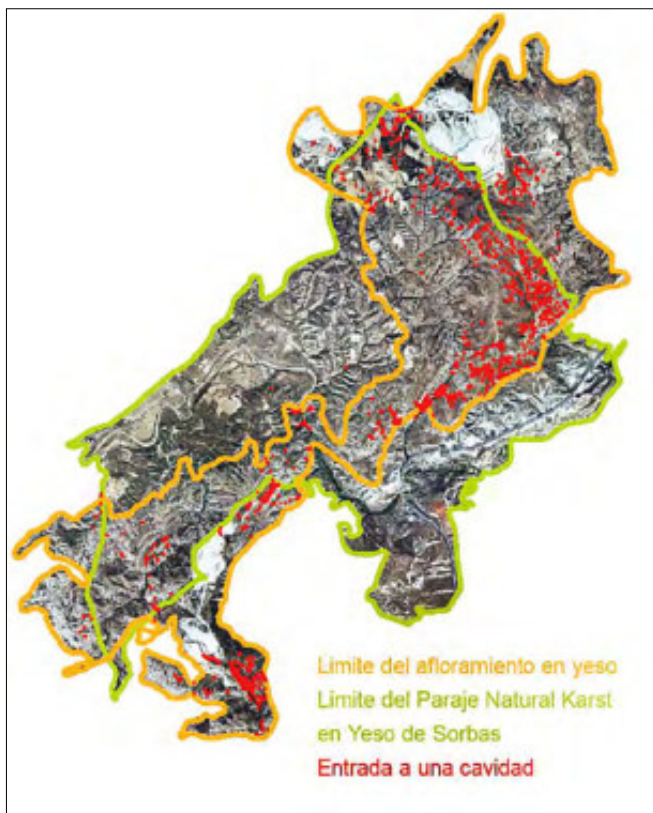


FIG. 2: Límites del Paraje Natural y afloramiento de yeso.

**INICIO Y MODIFICACIONES SUCESIVAS  
CATÁLOGO DE CAVIDADES KARST DE SORBAS - CATSORBAS 1985 - 2020**

AÑO	ACTUACIONES CATÁLOGO	CAVIDADES CATALOGADAS
1985	Pre-Catálogo Espeleo Club Almería	> 200
1986	Avance catálogo ECA-AMA	>750
1992	Revisión de catálogo ECA-IEA	>1600
2002	CatSorbas I J.A.-FAE-ECA	>1600
2009	CatSorbas II Proyecto piloto CATFAE	
2011	CatSorbas on line - SIG	
2019	Proyecto etiquetado NFC	
2020	Replanteamiento de la nomenclatura identificativa de dolinas, cavidades y fenómenos kársticos	

TABLA 1. Histórico CatSorbas.

## Distribución y estudio sistemático

Los límites del Paraje Natural se determinaron atendiendo a criterios prácticos, utilizando por un lado el afloramiento de yeso y por otro las vías y carriles de comunicación existentes, dejando las canteras de yeso fuera del Paraje. Es por ello que, aunque existe un gran número de cavidades dentro del paraje también las hay fuera de él, muchas ya desaparecidas por el continuo avance de los frentes de las explotaciones de yeso.

Un gran paso en la recopilación sistemática de los datos de las cavidades en el karst de Sorbas fue la elaboración del inventario inicial de cavidades existentes en la zona, que poco a poco fue perfeccionándose y ampliándose hasta el catálogo existente hoy en día: CatSorbas, una base de datos elaborada durante más de 35 años a partir de la cual ha sido posible la catalogación física de los accesos a las cavidades existentes, en los que se colocó una placa identificativa con el código CUCA (Código

Único Catálogo Andaluz) y a las que actualmente se están actualizando con etiquetas NFC (tecnología inalámbrica de corto alcance) que aportan un conjunto significativo de información en cada punto de acceso.

Debido a la gran cantidad de cavidades catalogadas en el karst de Sorbas, su estudio, exploración y topografía es extremadamente compleja para afrontarla en toda la extensión del karst, por ello, para poder realizar un estudio sistemático, eficiente y organizado, atendiendo a criterios de distribución y proximidad, se dividió el karst en 10 sectores, los cuales, a su vez fueron divididos en zonas.

Los sectores en los que se han realizado los estudios topográficos más relevantes y representativos son el sector Tesoro Norte y el Sector Viñicas, en ellos se ha catalogado 291 y 395 entradas a cavidades respectivamente, y han sido topografiadas 133 (46 % aprox.) en el sector Tesoro Norte y 103 (26% aprox.) en el sector Viñicas. En este último sector se encuentra localizado el Sistema de La Cueva del Agua con más de 9 km de desarrollo, una de las mayores

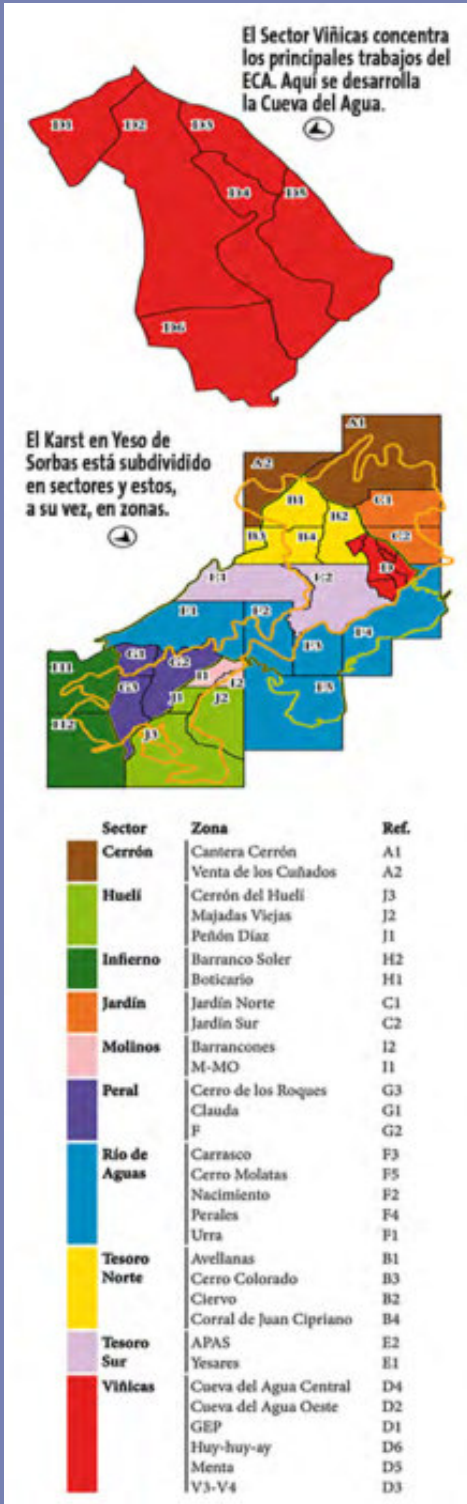


FIG. 3: Sectores y zonas karst de Sorbas.

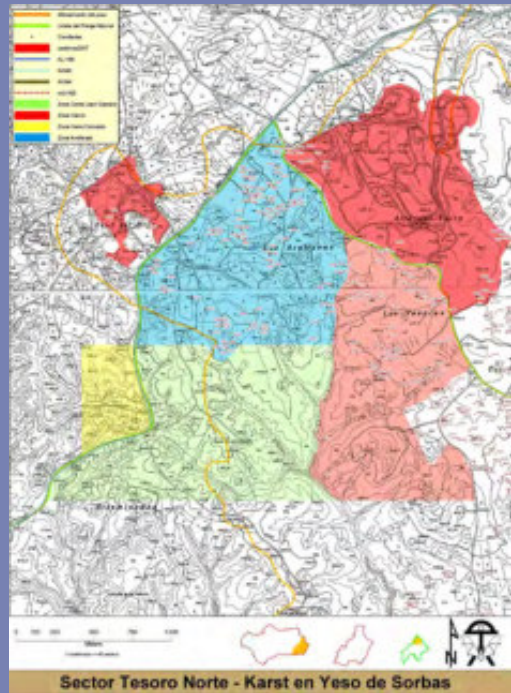


FIG. 4: Sector Tesoro Norte - Karst en Yeso de Sorbas.

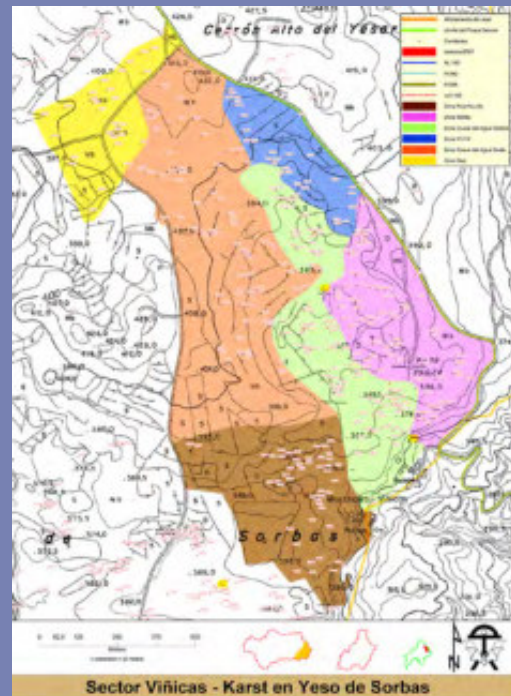


FIG. 5: Sector Viñicas - Karst en Yeso de Sorbas.



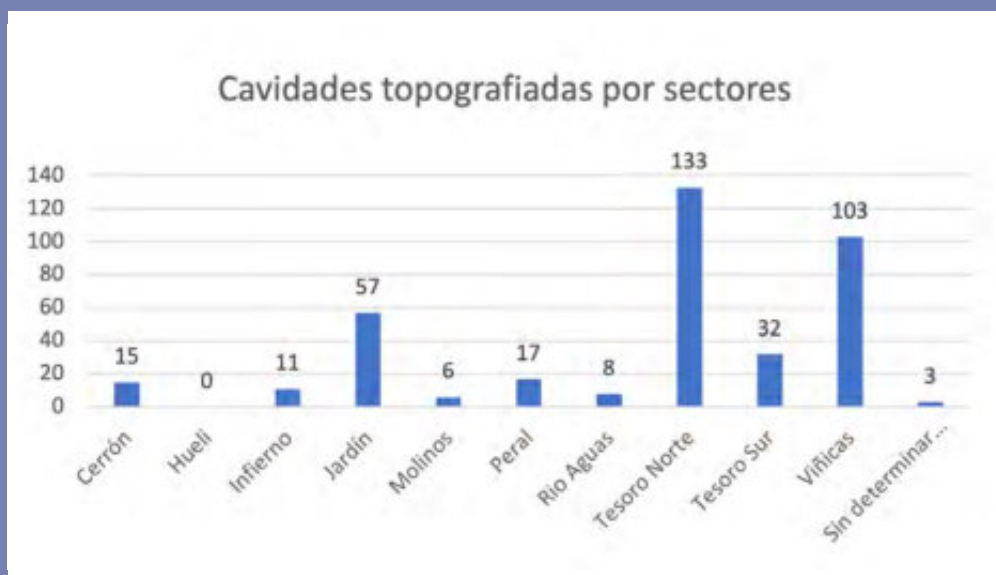


FIG. 6: Cavidades topografiadas por sectores.

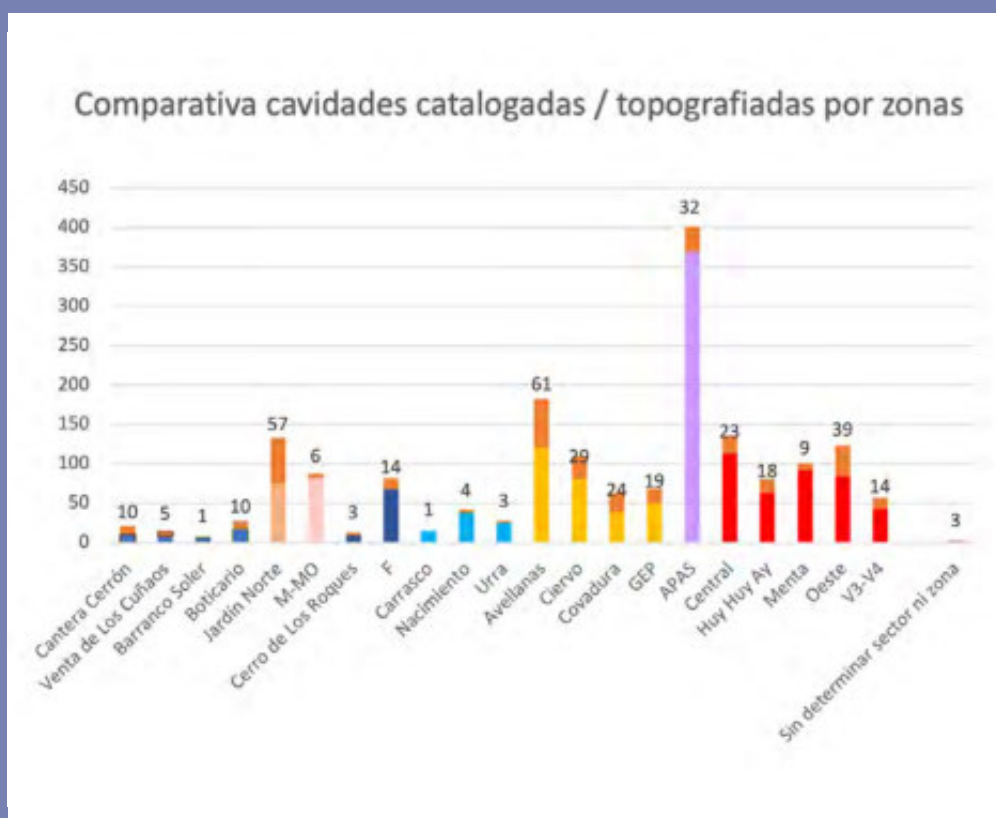


FIG. 7: Comparativa cavidades catalogadas / topografiadas por zonas.

SECTOR	CAVIDADES CATALOGADAS	CAVIDADES TOPOGRAFIADAS	METROS TOPOGRAFIADOS	%
Cerrón	20	15	1.034,91	75
Hueli	282	0	0,00	0
Infierno	24	11	1.178,30	46
Jardín	76	57	2.303,79	75
Molinos	82	6	219,67	7
Peral	78	17	2.579,40	22
Río Aguas	77	8	2.272,65	10
Tesoro Norte	291	133	21.487,73	46
Tesoro Sur	369	32	4.190,00	9
Viñicas	395	103	12.592,94	26
Otros		3	859,00	
<b>TOTAL</b>	<b>1694</b>	<b>385</b>	<b>48.718,39</b>	<b>22,73</b>

TABLA 2. Comparativa de cavidades catalogadas y topografiadas.

cavidades de Andalucía, la mayor cavidad de España desarrollada en yeso y una de las más importantes cavidades en el ranking mundial de longitud en yeso.

Históricamente, los clubes que exploraron y topografiaron en el karst, se concentraron en estudiar determinados sectores, es por ello que aquellos clubes con mayor dominio de la topografía dejaron constancia de los mapas de las cavidades que exploraron en sus sectores y zonas, datos que hemos podido recopilar para realizar esta comparativa, mientras que de aquellos clubes que se dedicaron mayormente a la prospección y exploración no quedan constancias topográficas de los trabajos que realizaron.

Por ello podemos constatar cómo existen zonas, como por ejemplo Hueli, que es el caso más llamativo, a pesar de tener 282 cavidades catalogadas, no hemos encontrado ninguna topografía existente en ninguna de las zonas del sector. Lo mismo ocurre prácticamente con los sectores de Molinos y Río de aguas, este último con una extensión del karst muy significativa

pero que apenas existen cavidades topografiadas (Tabla 2).

En la tabla 2 se puede apreciar la diferencia de cavidades estudiadas en los diferentes sectores, siendo los sectores con más cavidades topografiadas: Cerrón, Jardín, Tesoro Norte e Infierno, mientras que los sectores con mayor desarrollo topográfico realizado son: Tesoro Norte, Viñicas y Tesoro Sur. Esto es debido a que en estos últimos sectores se encuentran sistemas de gran envergadura y desarrollo como son el Sistema ECA-B1 en el sector Tesoro Norte; el Sistema de la Cueva del Agua en el sector Viñicas; o el Sistema APAS en el sector Tesoro Sur. Otros sistemas muy relevantes como es el Sistema del Peral le dan a su sector un empuje topográfico. En la zona Jardín se realizó un estudio sistemático de exploración y topografía y por ello el desarrollo topográfico es muy importante.

En el resto de sectores los trabajos realizados por los grupos de espeleología en los Campamentos Nacionales, Regionales y Pro-defensa nos han dejado un legado topográfico muy importante.



FIG. 8: Mapa de cavernamiento Sector Tesoro Norte.



FIG. 9: Mapa de cavernamiento del Sector Viñicas.

Toda esta información topográfica forma parte de un ambicioso proyecto que el Espeleo club Almería está desarrollando en la actualidad para diseñar el mapa de cavernamiento general del karst en yeso de Sorbas. Cada topografía está siendo implementada y geolocalizada en imágenes digitales del Paraje para determinar espacialmente el grado de karstificación del Paraje y la posición de las diferentes entradas a cavidades en relación con las topografías realizadas. Este método nos ha permitido ya realizar el estudio de desarrollo de grandes sistemas en su conjunto y posibles conexiones entre las diferentes redes que constituyen el importantísimo patrimonio subterráneo de este karst. Este proyecto es uno de los objetivos principales que actualmente el Espeleo Club Almería desarrolla en el Karst en yeso de Sorbas, y constituye una de las principales líneas de trabajo dentro de los Campamentos de Exploración y Topografía TOPO-SORBAS.

El diseño del mapa general de cavernamiento todavía está en curso y aún hay que incorporar un gran número topografías de cavidades, pero en estos momentos ya están geolocalizadas un importante conjunto, fundamentalmente en los sectores Tesoro Norte y Viñicas. Aquí presentamos dos imágenes con la situación actual de ambos sectores.

Muchos son los estudios realizados en este entorno tan singular y emblemático y

gracias a ellos hemos podido plasmar la información en este proyecto que seguirá desarrollándose en los próximos TOPO-SORBAS y las campañas topográficas anuales.

La información que hemos utilizado proviene de los estudios publicados realizados por los grupos, la información existente en el Catálogo del Espeleo Club Almería «CatSorbas» y los datos espeleológicos existentes en el Catálogo de Cavidades de La Federación Andaluza de Espeleología «CatFae».

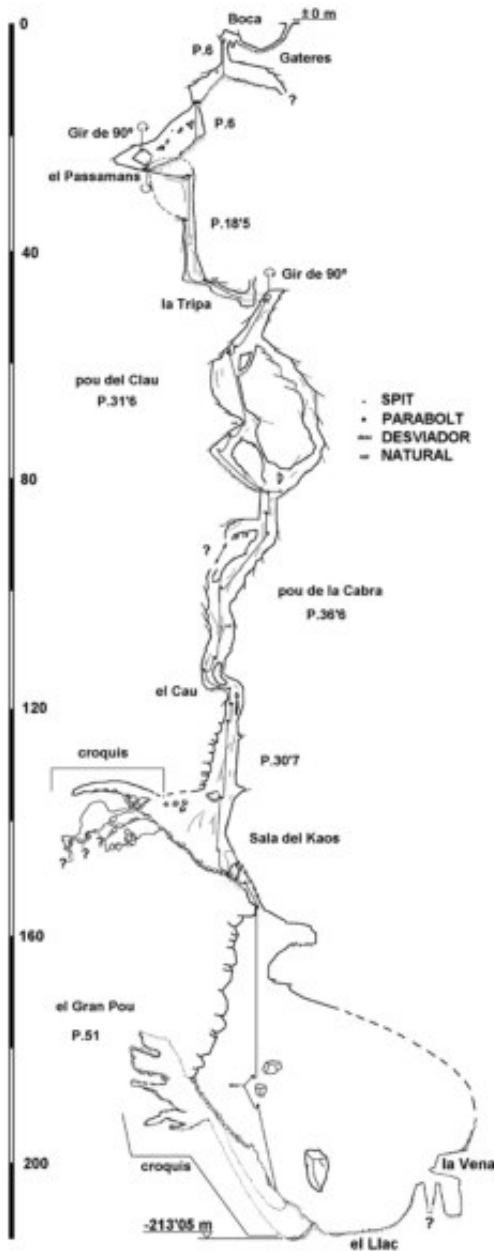
## Bibliografía

- Aguirre, F; Centelles, J.; Pladeveya; Rosaura, C. (1982) **El karst en guixos de la conca de Sorbas (Almería)** (IV) Rev. SIS 9, Nº29. Centre Excursionista de Terrassa.
- Ayuso, I. (2019) **Avances en el mapa de cavernamiento general del karst en yeso de Sorbas. Proyectos actuales.** Boletín Sedeck nº 15.
- Ayuso, I.; Calaforra, J.M.; Gutiérrez Labouret, M.; Torres Palenzuela, A. (2014) **Cuevas y Simas del Karst en Yeso de Sorbas- Itinerarios y Travesías Espeleológicas** – I.
- Ayuso, I.; Calaforra, J.M.; García-Sánchez, J.; Senén, J.; Thibault, A. y Torres, A. (1991) **Estado actual de las exploraciones en el karst en yeso de Sorbas (Almería).** Espeleotemas, 1: 22-27.
- Ayuso, I.; Calaforra, J.M. (2015) **Avances en el mapa de cavernamiento. Karst en yeso de Sorbas.** Premios Andalucía Explora.
- Baquero, J.C.; y Calaforra, J.M. (1993) **Sistema de la Cueva del Agua. Sorbas (Almería).** In: Mundo subterráneo (ENRESA y TIASA, eds.), 153-160.
- Calaforra, J.M. (1995) **El Sistema Covadura (Karst en yesos de Sorbas).** Tecnoambiente, 48: 73-80.
- Calaforra, J.M. (1999) **El karst en yesos de Sorbas.** In: Patri-

- monio Geológico de Andalucía (J.J. Durán; R. Nucho, ds.) ENRESA, 32-35.
- Calaforra, J.M. (1999) **El karst en yesos de Sorbas**. In: Patrimonio Geológico de Andalucía (J.J. Durán; R. Nucho, eds.) ENRESA, 32-35.
- Calaforra, J.M. (2017) **Topografía en sistemas de múltiples cavidades. El ejemplo del Karst en Yeso de Sorbas**. TOPO-SUR.
- Calaforra, J.M.; A. Eraso, M.J. González Ríos, A. Torres, A. Camacho. (1998) **Investigación Geo-Espeleológica en la zona Jardín (Karst en yeso de Sorbas)**.
- Calaforra, J.M.; Durán Balsero, J.J.; García Sánchez, J.; Monero López, A.; Sánchez Gómez, P.; Robledo Miras, A.; **El karst en yeso de Sorbas (Almería)**.
- Calaforra, J.M.; Less, J. **El Karst en Yeso de Sorbas**. 2003
- Calaforra, J.M. y Pulido-Bosch, A. (1989) **Principales sistemas kársticos en yesos de España**. In: **El karst en España** (J.J. Durán y J. López-Martínez, eds.), Monografías de la Sociedad Española de Geomorfología, 4: 277-294.
- Calaforra, J.M. y Sánchez-Martos, F. (1998) **El sistema kárstico en yesos de la Cueva del Agua (Sorbas, Almería)**. In: **Karst en Andalucía** (J.J. Durán y J. López-Martínez, eds.) Instituto Tecnológico y Geominero de España, 89-192.
- Calvo Fernández, J.A.; González Ríos, M. J.; Marín Maldonado, J.C. (1981) **Informe sobre los trabajos realizados por el Grupo de Espeleólogos Granadinos en el VIII y XI Campamento Regional de la FAE en el Karst em yeso de sorbas (Almería)**. Rev. SPES, nº1. G.E.G. Granada.
- Camacho, A.; González-Ríos, M.; Torres-Palenzuela, A. (2008) **Un antes y un después. Jardín Botánico**. Espeleotemas, 6: 4-23.
- Durán Valsero, J.J.; López Martínez, J. (1999) **El Karst de Andalucía**. Instituto Tecnológico Geominero de España. Espeleo Club Almería. **Topografía espeleológica con Google Earth. Aplicación en El karst en yeso de Sorbas**. Premios Andalucía Explora. 2017.
- Espeleo Club Almería; Federación Andaluza de Espeleología (1985) **Boletín Informativo del encuentro Nacional Pro Defensa del Karst en Yeso de Sorbas (Almería)**. Diputación Provincial de Almería. (inédito).
- Espeleo Club Almería. (1992) **Catálogo del Karst en yeso de Sorbas. Actualización 1992**. Espeleo Club Almería-Instituto de Estudios Almeriense
- Espeleo Club Almería. (2010) **I Jornadas de topografía en el karst en yeso de Sorbas**. Espeleonauta nº7.
- Federación Andaluza de Espeleología (1981) **Informe del XI Campamento Regional de Espeleología**. Rev. Andalucía Subterránea nº4. F.A.E. Granada.
- Federación Andaluza de Espeleología (1983) **Anuario de la Federación Andaluza de Espeleología**. Rev. Andalucía Subterránea nº4. F.E.E. Tarrassa.
- González Ríos. M.J.; (1999) **Memoria descriptiva del sector A «Las Avellanas»**
- Germain, M.; Noguera, M.; Ortega, J. (1979) **El carst en guixos de la conca de Sorbas (Almería)**. Rev. SIS/7 N° 18, Centre Excursionista de Terrassa.
- González Ríos, M.J. (1981) **Informe sobre los trabajos realizados por el Grupo de Espeleólogos Granadinos en el VII y XI Campamento regional de la F.A.E. en el karst de yesos de Sorbas (Almería)**. Spes, 1: 43-48.
- Grupo de Espeleólogos granadinos (1979) **Los Yesares-Sorbas (Almería)**. VIII Campamento Regional de Espeleología. Publicado por la Vocalía de Publicaciones del G.E.G. Granada.
- Grupo de Investigaciones espeleológicas de Jerez (1979). **Memoria del VIII Campamento Regional de Espeleología. Jerez**. (Inédito).
- Grupo Espeleológico Provincial, G.E.P. (1967) **La Cueva del Yeso**. Espeleo Sur, 1: 1-17. (Inédito).
- Grupo Espeleológico Provincial, G.E.P. (1980) **El karst de yesos. Consideraciones sobre el Sulfa-karst de Sorbas**. 26 p. (Inédito).
- Groupe de Recherches et d'Explorations Speleologiques de Seine et Marne Gress77 (1979) **Le Karst du gypse du basin de Sorbas (Almería-Espagne)**. Rev. Speleo, nº1. Pub. GRESS77 Francia. (Inédito).
- Groupe de Recherches et d'Explorations Speleologiques de Seine et Marne Gress77 (1981) **Compte-Rendu Prospection Sorbas (Almería-Espagne)**. Rev. Speleo, nº3. Pub. GRESS77 Francia. (Inédito).
- Groupe de Recherches et d'Explorations Speleologiques de Seine et Marne Gress77 (1983) **Le Karst du gypse de Sorbas (Almería-Espagne)**. Rev. Spelunca, nº12. Pub. Federation Française d'Espeleologie. Paris-France.
- Montero, A.; García-Sánchez, J.; Sánchez-Martos, F. y Torres, A. (1987) **El sistema de la Cueva del Agua. Ejemplo de cavidad activa en los yesos de Sorbas (Almería)**. Andalucía Subterránea, 7: 15-39.
- Noguera, M. e Indurain, I. (1978) **El carst en guixos de la conca de Sorbas (Almería) (II)**. Recull de Treballs Espeleològics. S.I.S.; 6: 603-613.
- Noguera, M.; Ortega, J.; Ribas, J. y Rosaura, J. (1976) **El carst en guixos de la conca de Sorbas (Almería)**. Recull de Treballs Espeleològics, S.I.S.; 5: 363-375.
- Ortega, J.; Noguera, M. y Germain, J. (1979) **El carst en guixos de la conca de Sorbas (Almería) (III)**. Recull de Treballs Espeleològics. S.I.S.; 7: 68-73.
- Pladeveya, J. Aguirre, F.; Centelles, J. y Rosuara, C. (1982) **El carst en guixos de la conca de Sorbas (Almería) (IV)**. Recull de Treballs Espeleològics. S.I.S.; 9: 563-568.
- Sánchez, CH. (1984) **Des milliers de mètres dans le gypse. Etudes des cavités du gypse espagnoles**. GRESS'77, 150 p. (Inéd).
- Sánchez-Martos, F. (1991) **Geomorfología y estructura del sector de la Cueva del Agua, karst en yeso de Sorbas (Almería)**. Espeleotemas. 1: 28-35.
- Thibault, A. y Gutiérrez-Labouret, M. (2008) **CatSORBAS. Catálogo General de Cavidades del Karst en Yeso de Sorbas**. Espeleotemas N°6: 24-31.



**SIMA DE BENÍS  
o  
SIMA DEL VIENTO**  
Cieza



Jaume Bru      Luis Carlos Jover  
Rafael Saura    José Alberto Botella  
Aurelio López   Antonio Salmerón      Dibuix: Jaume Bru

# La sima de Benis o del Viento

ENRIQUE BAÑÓN CAMACHO (1, 2)  
ANA M<sup>a</sup> MANZANARES MARÍN (2)  
RAÚL PÉREZ LÓPEZ (3)  
JOSE LIZA BAÑOS (4)  
JOSE ANGEL Povedano AVALOS (1)  
ANTONIO ALCALÁ ORTIZ (1)  
FRANCISCO RUIZ-RUANO COBO (1)  
CALOS FLORES GARCÍA (5)

1 ( G40 espeleo )  
2 ( Espeleoclub Resaltes )  
3 ( IGME ) Instituto Geológico  
y Minero de España  
4 ( Akawi )  
5 ( 17 Picos 17 Simas )

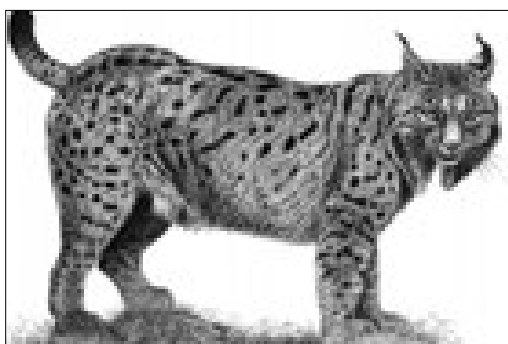
Topografía inicial realizada por los grupos del GAEM y GIM a finales del siglo XX, utilizando clinometro, brújula y metro.

## Introducción

La sima de Benis está ubicada en la Región de Murcia, en el término municipal de Cieza, en la sierra de Benis. Es una de las cavidades más espectaculares de todo el levante y zona centro española, tanto por la variedad como por la belleza de sus formaciones hipogénicas. Es una cavidad de desarrollo vertical, con multitud de fraccionamientos, pasos muy estrechos, y unas condiciones ambientales muy particulares. En estas condiciones encontramos elevada temperatura, humedad, valores altos de CO<sub>2</sub> y unos niveles de radón (<sup>222</sup>Rn) elevados, lo que obliga a llevar un control de entradas para no sobrepasar la exposición anual a radiaciones ionizantes (máximo medido 8900 Bq/m<sup>3</sup> en la zona del Caos Invertido, lo que daría una tasa anual equivalente de exposición 2,236 mSv/a 0,112WLM/año en 20 horas de entradas año durante 5 años, con una dosis total de 111,8 μSv/h). La conjunción de todos estos factores ambientales relacionados con la actividad de terremotos, su génesis hipogénica y sus espectaculares espeleotemas en una gran verticalidad, confieren una personalidad propia a Benis alejada de la mayoría de cavidades de este país. Por todo ello, podríamos decir de la cavidad, aparte de ser la más profunda conocida hasta ahora en la Región de Murcia, con sus 320 m de profundidad explorada, que es una de las cavidades más técnicas y exigentes del levante español.

## Historia

Los datos que tenemos sobre las primeras exploraciones de esta sima, nos llevan al año 1994-95, cuando el GAEM de Cieza (Grupo Atalaya de Espeleología y Montaña) junto con el GIM de Elche (Grupo Ilicitano de Montaña),



Diferentes restos fosilizados de linco de las cavernas (*Lynx spelaeus*) y reconstrucción idealizada.

comienzan conjuntamente con las exploraciones y topografía de la cavidad, dando lugar a lo que hoy se conoce como la «zona antigua». Los resultados obtenidos por entonces fueron una profundidad máxima de 213 m, siendo ya por aquel entonces una de las cavidades más profundas de la Región de Murcia.

Las nuevas exploraciones comenzaron cuando el último fin de semana de octubre de 2008, se fuerza un paso estrecho, medio colmatado, el cual se consigue pasar por un miembro del Espeleoclub Resaltes, Enrique Bañón. Dicho paso se encuentra a una profundidad de 150 m, en la sala siguiente a la sala del Caos y en la dirección opuesta al gran pozo, hay que remontar por el caos de bloques y colarse por una ventana, a continuación bajar y continuar hasta asomarnos por una ventana que da al denominado paso Enrique. Una vez pasado, se tuvo que picar para hacerlo más accesible, dando lugar a lo que hoy se conoce como «zona nueva», siendo su máxima profundidad explorada de 320 m. La zona más profunda se desarrolla a favor de una diaclasa, que se termina cerrando, no permitiendo profundizar más de esa cota. Todo ello nos llevó a empezar con espectaculares escaladas para movernos de forma tridimensional en el entramado kárstico para seguir descubriendo y ampliando la cavidad.

En la parte superior de la cavidad, cerca de la boca de entrada, también se descubrió otra zona laberíntica, inédita hasta la fecha, descubierta por Rafael Bermúdez, compañero del Grupo Espeleológico G-40, cuando en julio de 2010 hace una pequeña trepada y se cuelga por una gatera que al hacer una pequeña desobstrucción consigue pasar a otra zona de pequeñas galerías y gateras. Esta zona, bautizada como Zona Rafael, es una parte de la cueva que se encuentra en una cota casi de superficie; las galerías y gateras que la confor-



Arriba: extracción de muestra a 200 m para análisis geoquímico y detalle de registrador de CO2 al 1%.



Recogida y cambio de registradores de CO2, temperatura, humedad, radón y presión ambiental en la sala de las Nubes (ver topografía).





Detalle de los trabajos de topografía llevados a cabo por miembros del Espeleoclub Resaltes de Murcia y del G40 de Priego de Córdoba.

man, son en su totalidad tubos estrechos con probable origen hipogénico y asociado a cierta actividad hidrotermal.

Actualmente, la cavidad sigue en exploración, donde encontramos varias incógnitas por explorar en la zona de las escaladas que es por donde se está ampliando la cavidad estos últimos años. Recientemente se ha descubierto otra nueva zona que se encuentra a -185 m aproximadamente, y que nos llama la atención por la belleza de las coladas travertínicas y la existencia de un pequeño lago que alcanza la profundidad de 1,90 m; la zona es nombrada como sala Isabella y el lago como lago Sofía.

Por otro lado, desde mediados del año 2009 la cavidad está bajo un estudio científico dentro de diferentes proyectos de investigación (Termosima, Sismosima y 3GEO), llevado a cabo por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICIN) dentro del Programa Estatal de I+D+i 2010 - 2021. Se han realizado series temporales de mediciones de temperaturas tanto en aire como en roca, de gases como niveles de CO<sub>2</sub> y gas radón para su estudio con los terremotos cercanos. También se tomaron de muestras de aire y de roca para el estudio isotópico de carbono y oxígeno, junto con la extracción de restos fósiles de lince de las cavernas

(*Lynx spelaeus*), y todo ello, a distintas cotas dentro de la cavidad, dando resultados muy reveladores y sorprendentes. Los resultados se ha publicado en diversas revistas científicas de ámbito nacional e internacional.

Es curioso que en la cavidad se hayan descubierto los restos de 8 lince de las cavernas, en distinto grado de conservación, desde huesos fosilizados, hasta cuerpos completos en posición de muerte natural. Uno de estos cuerpos fue extraído en 2010 para Patrimonio de la Región de Murcia, que actualmente lo conserva y estudia. La hipótesis preliminar que barajamos es la de muerte por falta de alimento, probablemente por el colapso de la entrada natural, la cual la relacionan con un gran terremoto (Raúl Pérez-López). La edad de los restos se estimaron en 65.000 años (racemización de ADN) y la edad de fallecimiento del individuo se estimó en 4 años (técnicas de rayos X de los caninos y molares).

La cavidad sigue en exploración y topografía por miembros del Espeleoclub Resaltes de Murcia y compañeros del G-40 de Priego de Córdoba, así como la monitorización ambiental y proyectos activos del IGME coordinado por Raúl Pérez López, junto con la inestimable e impagable ayuda y colaboración de espeleólogos de Murcia y otras zonas del país.



## Toma de datos y muestras

Se han recogido datos ambientales desde 2012, con series temporales intermitentes hasta finales de 2017. Para ello, se han utilizado registradores de CO<sub>2</sub> de la marca CO2METER al 1%, de temperatura HOBO Pro 2V, Corentium PLUS radon (222Rn) con medida de presión y humedad, dosímetros pasivos LR115, sondas térmicas de doble par y termómetro de alta precisión SEABIRD, y se han recogido muestras de arcillas para difracción de rayos X, así como de aire para su análisis isotópico y estudio de origen del CO<sub>2</sub>. Se han medido estrias con brújula y reconstruido el tensor de deformación, y se han medido paleoterremotos del Pleistoceno superior.

### Datos.

**Oxígeno en el aire.** No se han obtenido datos fuera de los rangos normales salvo algún pico puntual.

**CO<sub>2</sub> en el aire.** No se han obtenido datos alarmantes, salvo algún pico puntual.

**La temperatura.** Oscila desde 21° en la entrada de la cavidad, hasta 26,5° en la zona más baja de la cavidad.

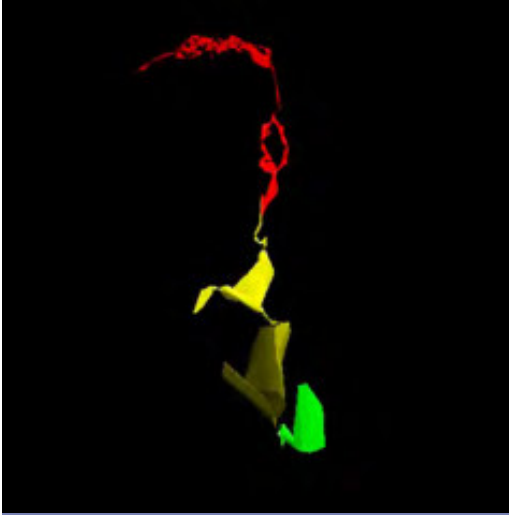
**Humedad.** La cavidad está entorno al 90% de media anual y según la zona.

**Radón.** Oscila entre 5350 bq y 8900 bq. Según la zona, esto nos indica que estamos muy por encima en alguna zona de la cavidad de lo que nos marca la recomendación de la OMS, actualmente la instrucción IS-33 sobre criterios radiológicos para la protección sobre la exposición a la radiación natural fija para los lugares de trabajo los niveles de referencia son los siguientes:

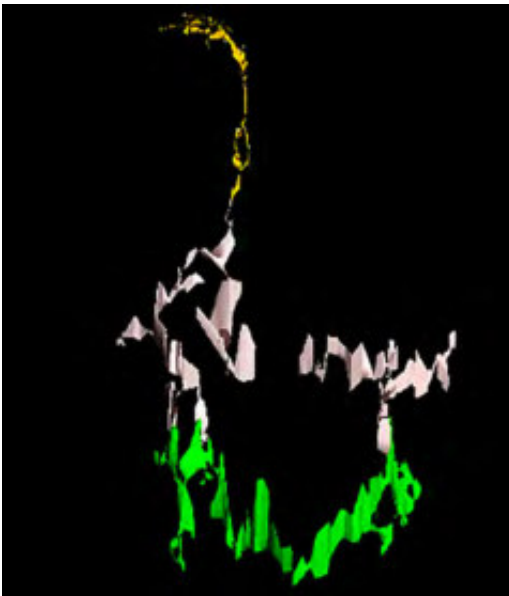
**De 0 a 600 bq/x metro cúbico.** No es necesario control

**De 600 a 1000 bq/x metro cúbico.** Se debe aplicar un nivel bajo de control.

**A partir de 1000 bq/x metro cúbico.** Se debe aplicar un nivel alto de control.



DIBUJO 1. Topografía zona clásica. Representación 3D por profundidad.



DIBUJO 2. Topografía cavidad completa. Representación 3D por profundidad.

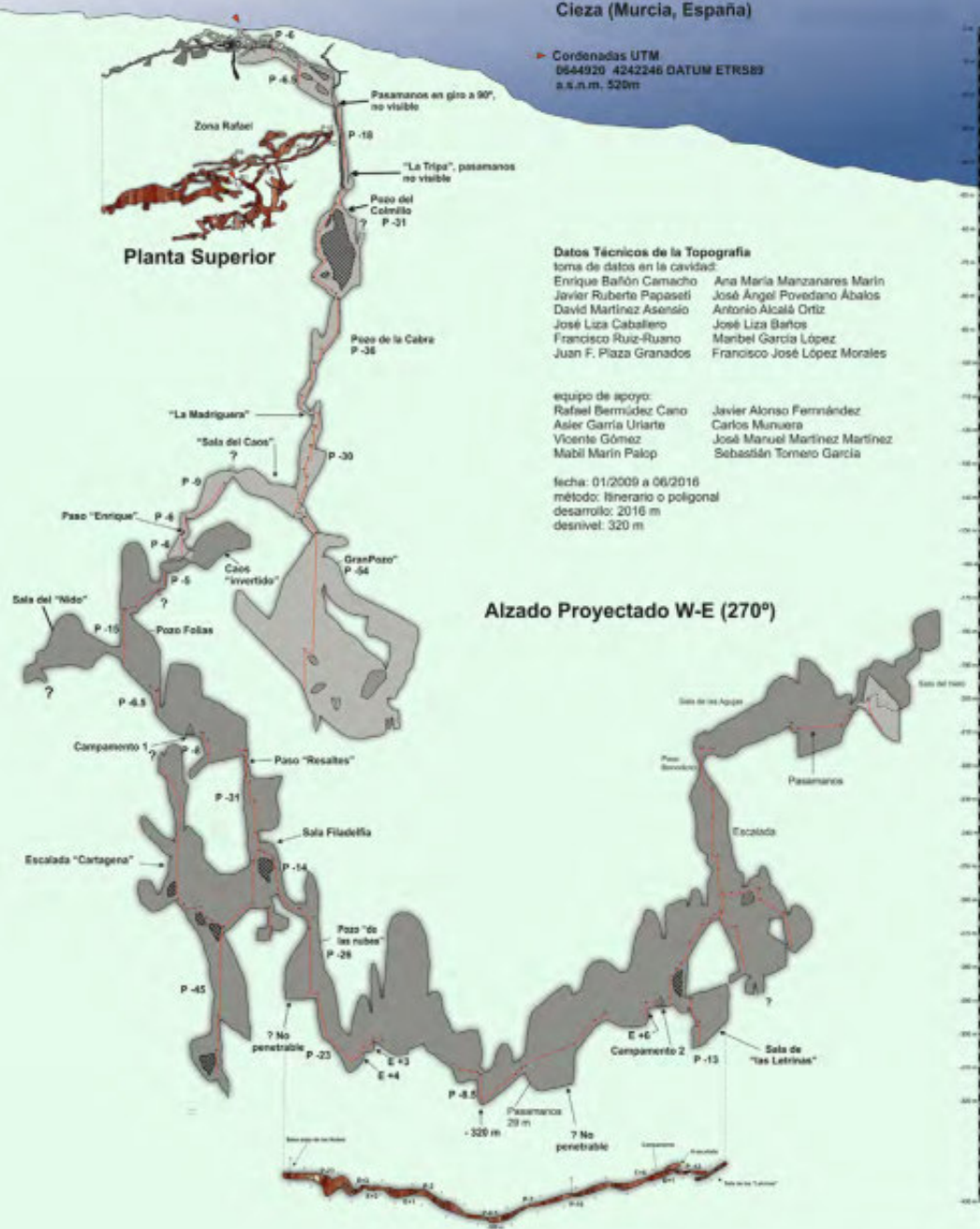


Miembros del equipo.

# Sima de Benís

Sierra de Benís  
Cieza (Murcia, España)

Cordenadas UTM  
0644920 4242246 DATUM ETRS89  
a.s.n.m. 520m



Planta Superior

Alzado Projectado W-E (270°)

Planta Inferior

**Datos Técnicos de la Topografía**  
toma de datos en la cavidad:  
Enrique Bañón Camacho Ana María Manzanares Marín  
Javier Ruberte Papaseli José Ángel Povedano Ábalos  
David Martínez Asensio Antonio Alcalá Ortiz  
José Liza Caballero José Liza Baños  
Francisco Ruiz-Ruano Manuel García López  
Juan F. Plaza Granados Francisco José López Morales

equipo de apoyo:  
Rafael Bermúdez Cano Javier Alonso Fernández  
Asier Garía Uriarte Carlos Munuera  
Vicente Gómez José Manuel Martínez Martínez  
Mabil Marín Palop Sebastián Tomero García

fecha: 01/2009 a 06/2016  
método: itinerario o poligonal  
desarrollo: 2016 m  
desnivel: 320 m

Escala:  
 Enrique Bañón Camacho (Resaltes)  
 Antonio Alcalá-Ortiz (P-45)  
 Francisco Ruiz-Ruano Caber (P-45)



Primera zona: Tubos verticales a favor de una vena de calcita de orientación E-O.

## Topografía

La primera topografía de la cueva de la que tenemos constancia, fue realizada por el GAEM de Cieza y el GIM de Elche. Fue realizada con el uso clásico de un clinómetro, una brújula y cinta métrica. El desarrollo total de la cueva medida en aquel momento fue de 475 m, con una profundidad máxima explorada de 213 m.

La segunda y actual topografía, que es la que aquí se presenta, se ha realizado a principios del siglo XX, con el método itinerario o poligonal, programa Auriga y medidor láser Disto A3, con placa incorporada que nos permite medir distancia, inclinación y rumbo. Se ha llegado a un desarrollo total de 2.159 m, y un desnivel de 320 m, los últimos datos tomados en marzo de 2021.

Tenemos que decir que estos datos son provisionales, puesto que queda alguna zona en exploración y topografía. El resul-

tado sin los últimos descubrimientos y últimas zonas topografiadas es el siguiente:

El **dibujo 1** muestra la zona antigua o zona clásica que es como se conoce ahora, junto con las galerías y gateras superiores descubiertas también en la nueva exploración. El **dibujo 2** nos muestra toda la cavidad, la zona clásica y zona nueva que es la zona descubierta.

Los datos se han tomado entre los años 2009 y 2021. Ha sido un largo trabajo, que ha requerido multitud de entradas en cavidad, así como largas jornadas de trabajo posterior. En varias ocasiones, se han tenido que repetir las sesiones de topografía, al no ser coincidentes los datos obtenidos con la realidad, sobre todo en algunas sesiones de topografía de los inicios. El resultado final, se muestra a continuación en la topografía, que muestra el detalle con el nombre de las salas y pozos más emblemáticos de la cavidad.





Segunda zona: Margas, corrosiones y aragonitos.

## Desarrollo de la cavidad

En la Sima de Benis encontramos cuatro zonas bien diferenciadas entre sí:

- De la entrada a -120 metros
- Entre los -120 y -170 metros
- Entre -170 y -215 metros
- De -215 a -320 metros.

La primera zona, acotada entre la entrada y los 120 m aproximados, se trata de una zona de tubos, con enormes golpes de gubia que esculpen bonitas y caprichosas formas. Su origen es probablemente hipogénico. Es una zona que requiere muchos fraccionamientos para su descenso y ascenso, por la morfología y desarrollo de la misma. La humedad ascendente afecta enormemente a los anclajes y materiales, que se corroen con facilidad.

Por debajo de los 120 m, y hasta los 170, diferenciamos una segunda zona, donde predominan las margas y arenis-

cas en un contacto con falla N-S. Esta parte de la cavidad es la más inestable y caótica. Dentro de esta franja, en la cota de 150 m, zona conocida como «el Caos», podemos tomar la vía clásica por el Gran Pozo, hasta los 213 m de profundidad, zona muy húmeda con formaciones anemolites, grandes coladas y banderas. Igualmente desde el caos, podemos ascender en una trepada hasta el «paso Enrique», que nos lleva a la zona nueva. Al cruzar este paso llegamos al Caos invertido, zona con escasa ventilación, donde tenemos una gran sensación de calor y humedad. En esta zona nos encontramos rincones con formaciones de aragonito y evidencias de espejo de falla.

La tercera zona la podemos acotar entre los 170 y los 215 m. La cueva cambia de nuevo, desaparecen las margas y nos encontramos dos secciones por las que podemos progresar; una parte conocida como el Gran Pozo o Zona Antigua, con banderas y una colada espectacular y la otra sección que es conocida como la Zona





Tercera zona: en la antigua abundan banderas y una colada espectacular; en la nueva, paredes blancas y formaciones como las folias.



Paso Resaltes, en la tercera zona.

Nueva, con paredes blancas y formaciones como las folias. En esta cota se encuentra la Sala Del Nido, sala sin salida, con curiosas formaciones como el nido que está formado por miles de pelos de yeso, de ahí el nombre de la sala, y paredes brillantes de cristales. También nos encontramos con la rampa de donde se extrajeron todos los restos de uno de los lince de las cavernas que está en posesión de patrimonio de la Región de Murcia. Unos metros por debajo, encontramos el campamento 1, en una zona plana y altos techos. Descendiendo un pozo desde el campamento, llegamos al «paso Resaltes», un estrecho paso vertical, que nos conduce a la última zona de la cueva.

La cuarta y última zona, de 215 y hasta la cota de 320 m, es toda en sí formación, de paredes blancas y formas redondeadas que nos recuerdan a las nubes. Es una antigua zona inundada, previsiblemente durante largos periodos de tiempo, en los que ha mantenido los niveles de agua estables. Es una de las zonas más bonitas de

la cavidad por la espectacularidad de su formación. En esta zona nos encontramos dos vías: una que llega a los 314 m, cerrándose la diaclasa hasta ser impenetrable, y otra que continúa en una sucesión de largos pozos, hasta los 308, continuando en pequeña ascensión para de nuevo bajar hasta los 320 m. Pasada la cota más baja, ascendemos de nuevo, hasta llegar al campamento 2, zona donde se comenzaron las espectaculares escaladas al cerrarse la diaclasa por la parte baja y no poder continuar en descenso.

Las escaladas han conseguido ascender desde -320 a -170 m, dando paso a nuevas zonas; son otra parte de la diaclasa que se abre en diferentes direcciones. Esta zona está aún en exploración, que avanza lenta, debido a la complejidad de llegar hasta este punto. Aquí encontramos la Sala de las Agujas, llamada así por los finos y largos pelos que cuelgan de sus paredes. Avanzando un poco más, la Sala del Hielo, donde disfrutamos de extraordinarias formas que recuerdan a los carámbanos de



Cuarta zona: efectos sísmicos, antiguos niveles de agua y sala lunar.



Sala de las agujas, del hielo y zona en exploración.

hielo. El descubrimiento de esta diaclasa superior nos ha demostrado que en cotas similares, se reproducen, por lo general, las mismas formaciones.

## Geología

Los depósitos carbonatados donde se desarrolla la Sima de Benís corresponden a materiales del Prebético Interno, principalmente el Cretácico superior y del Paleoceno inferior y medio, estructuralmente organizados en una serie de anticlinales. Durante la fase compresiva de la orogenia alpina se levantaron y fragmentaron las sierras carbonatadas que aparecen entre Cieza y Jumilla (Sierra de la Pila, Sierra Larga, Sierra de El Carche, Sierra de Benís). Estos depósitos representan plataformas carbonatadas del Cretácico superior y que actualmente aparecen dolomitizados, junto con carbonatos masivos del Paleoceno y Eoceno depositados durante el periodo posterior regresivo. Finalmente, estas plataformas carbonatadas se continentalizaron duran-

te el Oligoceno, dando lugar a zonas palustres y lacustres y la posterior formación de los actuales valles fluviales. Actualmente constituyen una serie de sierras elongadas según la dirección NE-SW, las cuales están formadas por anticlinales de la serie Cretácico-Paleógeno. Esta cavidad afecta en su mayoría calizas tableadas del Cretácico superior (Cenomaniense – Coniaciense) en la zona inferior, margocalizas del Santoniense-Mastrichtiense y calizas masivas y margas del Paleoceno inferior y medio en la zona superior y contacto con la falla. La Sima de Benís tiene su origen tectónico y claramente se desarrolla casi en su totalidad sobre una falla activa, presentando múltiples evidencias de paleotremotos y que han sido publicados tanto en Congresos Nacionales, como en Publicaciones Internacionales. El interés de un estudio completo de dicha sima por parte de miembros del Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Ciencia e Innovación), Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos (Raúl Pérez López), constituye una pieza clave para los estudios de peligrosidad sísmica dentro de

los Planes Estatales y Autonómicos ante el Riesgo sísmico.

Con estos antecedentes, el objetivo del estudio geológico consiste en la caracterización de paleoterremotos, descripción de la espeleogénesis de la cavidad y su relación con periodos de actividad de la falla, así como extracción de muestras para su datación por métodos absolutos (Uranio-Torio), con el fin de reconstruir la historia paleosísmica de la falla. Por otro lado y en paralelo, se llevan a cabo estudios de superficie para determinar si existe expresión superficial de dicha falla, o por el contrario constituye una falla ciega. Hasta el momento no se ha descubierto evidencias en superficie de esta falla.

Como objetivo, se pretende continuar la monitorización en continuo de la temperatura, concentración de CO<sub>2</sub> (ppm) y humedad relativa (%) en diferentes secciones de la sima y gas radón, con el fin de estudiar su relación con la actividad de la falla. Además, en paralelo se realizará un estudio paleoclimático mediante el estudio de la evolución del nivel freático en profundidad.

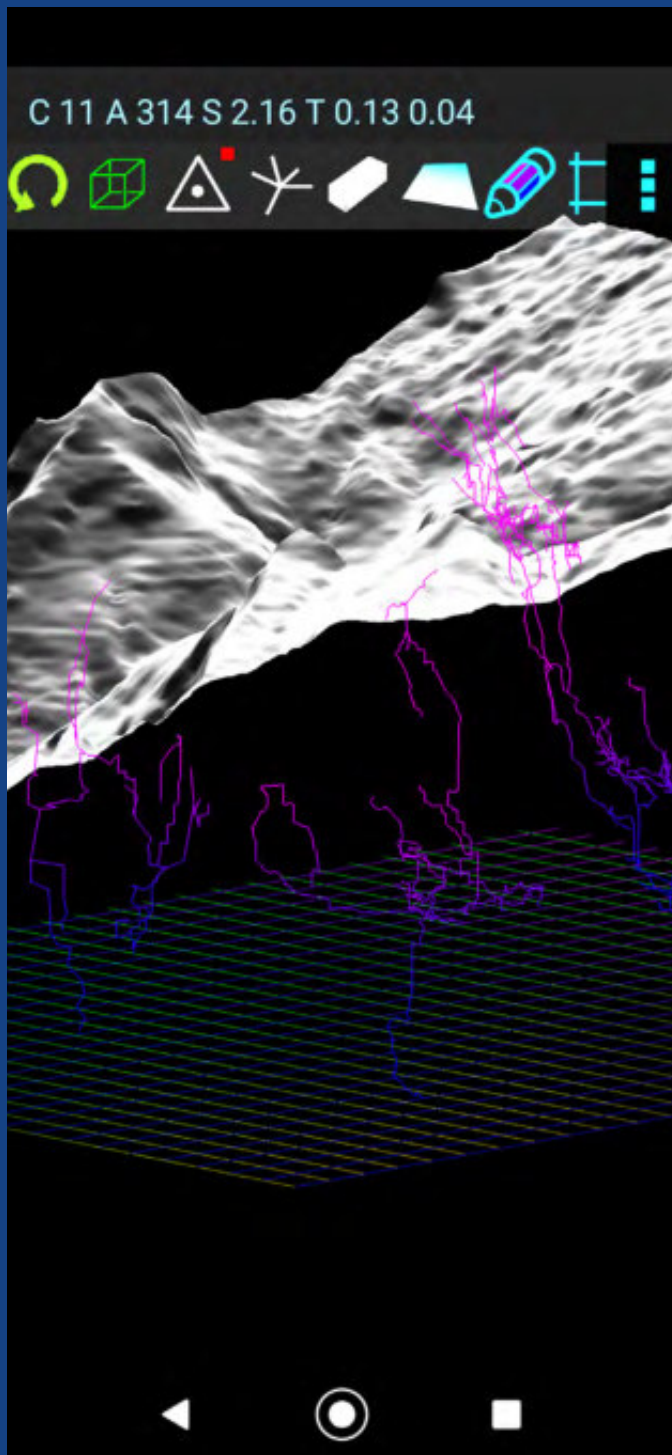
- *Nuestro agradecimiento a todos los espeleólogos y estamentos que han colaborado y colaboran en esta exploración y estudio.*

## Referencias

- Bañón-Camacho, E.; A. Manzanares-Marín y R. Pérez-López. (2017). **La sima más profunda del levante. Sima Benis o del Viento**. En: Actas del III Simposio Andaluz de Topografía Espeleológica TOPOSUR 2017. Federación Andaluza de Espeleología Editores, pp 79 - 84. ISBN 978-84-697-9664-1.
- Jerez Mir, L.; Jerez Mir, J. y García-Monzón G. (1972). **Mapa geológico de España**, Escala 1:50.000. Hoja de CIEZA, nº: 891. IGME. Madrid.
- Pérez-López, R.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Giner-Robles, J.L.; Martínez-Díaz, J.J.; Marcos, A., Bejar, M. and Silva, P. (2009). **Spelaeoseismology and palaeoseismicity of the "Benis Cave"** (Murcia, SE of Spain): coseismic effects of the 1999 Mula earthquake (mb 4.8). Geological Society of London Special Publications, 316, 207-216.
- Pérez-López, R.; E. Bañón; M. Rentero; J.L. Giner-Robles; M.A. Rodríguez-Pascua; P.G. Silva; J.C. García López-Davalillo y García-López M. (2010). **Análisis Térmico Preliminar de la Sima De Benis (-350m)**, Murcia. En: Avances de la Geomorfología en España. XI Reunión Nacional de Geomorfología. Comunicaciones, 1, 1-5.
- Pérez-López, R.; T. Torres; G. Romero; E. Bañón; M.T. Rentero; J.E. Ortiz y P.G. Silva. (2012). **"lynx pardinus spelaeus" extraction from the Benis Cave -350m (Cieza): RX and razemization dental analyses**. Geo-temas 13, 265-268.
- Pérez-López, R.; E. Bañón; E. L. Pueyo; J. Lario; M.A. Rodríguez-Pascua; P.G. Silva. (2013). **Weak signal of CO<sub>2</sub> emission in deep caves related with weak earthquakes (M<2.5) in tectonically active areas**. En: Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, GEOS, VOL 33, nº1. Puerto Vallarta. México.
- Pérez-López, R.; Bañón, E.; López-Gutiérrez, J.; Lario, J.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Martín-Velázquez, S.; Giner-Robles, J.L.; Silva, P.G.; del Moral, B.; Pueyo-Morer, E.L. (2015a). **Positive correlation between CO<sub>2</sub> daily peaks and micro-earthquakes occurrence in deep fault-caves: an empirical model**. En: 6th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archaeoseismology. Pescino. Italia. 4pp.
- Pérez-López, R.; M. Patyniak; S. Sánchez-Moral; E. Bañón; A. Manzanares; J. L. Giner-Robles; P. G. Silva; S. Cuezva; J. López-Gutiérrez and M. A. Rodríguez-Pascua. (2015b). **Relationship between CO<sub>2</sub> content in fault caves and microseismicity**. En: Advances in Active Tectonics and Speleotectonics 2015, Vienna, Austria.
- Pérez-López, R.; S. Martín-Velázquez; S. Sánchez-Moral; M. Patyniak; J. López-Gutiérrez; S. Cuezva; J. Lario; P.G. Silva; M.A. Rodríguez-Pascua; J.L. Giner-Robles. (2016a). **New insights on spelaeoseismology: The geothermal gradient and heat flow values in caves for the study of active faults**. Quaternary International, 451, 165-175. DOI: 10.1016/j.quaint.2016.11.026.
- Pérez-López, R.; M. Patyniak; S. Sánchez-Moral; E. Bañón; J.J. Martínez-Díaz; S. Cuezva; J. Lario; S. Martín-Velázquez; P.G. Silva; J.L. Giner-Robles y M.A. Rodríguez-Pascua. (2016b). **Incremento de CO<sub>2</sub> en cuevas profundas asociado a sismicidad cercana**. Geo-Temas, 16 (1), 621-624. ISSN 1576-5172.
- Pérez-López, R., Bañón-Camacho, E., ET AL. 2019. **Evidencias de terremotos cuaternarios en una sima hipogénica: La Sima de Benis (Murcia, SE España)**. Cuaternario y Geomorfología, 33(3-4), 25 – 52. <https://doi.org/10.17735/cyg.v33i3-4.72153>

# The TopoDroid 3D viewer, Cave3D

MARCO CORVI



Captura de pantalla de cuatro cuevas en Carcaraia (Toscana); dos están vinculadas en la captura, aunque ahora todas están conectadas.



## Resumen

La visualización 3D es una parte esencial de los programas de cuevas en PC. Cave3D, el visor 3D de TopoDroid, ofrece esta función en Android. Para obtener una visualización eficiente y fluida, Cave3D está escrito utilizando OpenGL. La poligonal principal de la cueva en 3D puede ser coloreada según diferentes criterios. Las estaciones y las tomas laterales se pueden ocultar para simplificar la visualización, y es posible agregar un modelo DEM de la superficie DEM mostrada en transparencia. Entre otras, tiene funciones para medir la distancia entre las estaciones y la profundidad debajo de la superficie. Cave3D, por tanto, representa una herramienta útil para realizar un análisis 3D de una cueva, o de varias cuevas juntas, durante la topografía.

## Introduction

Cartographers are concerned mostly with the problem of presenting a portion of the surface of the Earth, which is rather well approximated by a 2-dimensional curved surface, on a piece of paper. On the other hand, since the very beginning cavers have been faced by the problem of how to present and describe caves in their intrinsic 3-dimensionality. The long-honored solution is to provide a plan view (the projection on the horizontal plane), an extended profile view (the intersection between the cave and a vertical curtain stretched along the cave), and transversal views (cross-sections of the cave passages)<sup>1</sup>.

With these three elements the geometry and the shape of the cave is completely described. However, reconstructing a mental image of a cave in 3D from them

is not immediate, especially for a complex cave. Therefore cavers have tried to devise 3-dimensional presentation methods that offer a better and more intuitive understanding of how the cave develops in 3D. Contextual elements like the mountain and surface features provide additional aid to the understanding of a cave structure. Initially these efforts were limited to chalk-models<sup>2</sup> or axonometric projections from a suitably chosen point of view<sup>3</sup>.

When computers became common, cavers started using them to do the computation for survey data reduction, then to plot centerlines at a chosen scale, and finally to display 3D views of the cave on the computer screen<sup>4,5</sup>. These views could be rotated, zoomed in/out, and panned, thus showing the cave from several different points of view and, by this means, enhancing the understanding of the geometrical structure of the cave. By the end of the last century all major cave PC programs (Compass<sup>6</sup>, VisualTopo, Survex, etc.) had a 3D cave visualizer. Over time these have been evolved and got more and more features<sup>7</sup>: several different coloring schemes, possibility of switching on/off elements, inclusion of surface Digital Elevation Model (DEM) and texture, measuring distances and angles, etc. In particular the display of many caves together allows one to see how the caves are positioned in space relative to one another and to infer useful conclusions for the pursuit of the exploration.

The 3D display of a single cave, or a system of caves, or all the caves in a karst area is useful for public communication because it shows a view of the caves in their spatial relations inside their geographical context. From the caving perspective it is a powerful tool because it provides the basis for analyzing the 3-dimensional structure of a cave or a system of caves, and for planning caving activities.

**T**opoDroid is an app for cave surveying, in particular it is designed for the work done during the data acquisition on a single cave survey session. However, it also has a Cave-Project function that allows one to put surveys together. A cave-project comprises several surveys and the specification of how they are connected, either by identifying stations in different surveys, or using georeferenced survey stations for surveys of different caves.

Cave3D is the TopoDroid 3D viewer. It can show a 3D model with centerline, splays, and stations of a single survey or an entire cave-projects. The 3D model can be rotated, zoomed, and moved around. With Cave3D one can do a preliminary 3D inspection and analysis of a cave, and draw conclusions on how the newly surveyed passages are related to the rest of the cave while still inside the cave without having to wait to get home.

There are two similar apps; CaveRenderPro<sup>8</sup> and CaveAR<sup>9</sup>. The first is an Android viewer for the files of the PC program CaveRenderPro. This is a cross-platform cave management program. It also has map drawing capabilities. The second app, based on the Unity framework,<sup>10</sup> is a viewer of survey data. It supports several formats: Qave, Survex, Walls, and json (exported from Survex).

Cave3D is a separate app from TopoDroid. It is based on the OpenGLs functions in Android for fast and efficient rendering. It can also display cave survey-data read from files. The supported formats are Compass (DAT and MAK), VisualTopo, and Therion (TH and LOX) (*Figure 1. Left*). The cave model can be exported in 3d formats (STL, LAS, CGAL) as well as in KML, DXF, and shapefile.

It displays survey data and surface

data in orthogonal or perspective view. The view can be rotated, zoomed, and moved around. The centerline can be uncolored (white) or colored according to the survey, or to the depth relative to the first station (cave entrance), or by the depth below the surface DEM. The splays can be hidden or shown as segments or endpoints. The stations can be hidden, or shown as dots or by their names. The coordinate reference consists of a horizontal grid with blue lines aligned to the North and green lines aligned to the East, and a red line for the vertical upwards direction, or simply the three coordinate axes (blue, green, and red).

When the Loch file, or a Therion project, contains a surface DEM and/or a surface texture, Cave3D shows them with the cave model. Alternatively, the surface digital elevation model can be loaded separately from a DEM file in ASCII format (*Figure 2. Left*). If the DEM file includes a large region Cave3D «cuts» and loads only a rectangle around the cave area. When the 3D model has a surface DEM, a surface texture can be overlaid on it. A surface texture can be also read from a file. The supported formats are geotiff and opensmap. As for the DEM file, the surface texture file can comprise a wide region and Cave3D loads only the portion covering the area of the surface DEM.

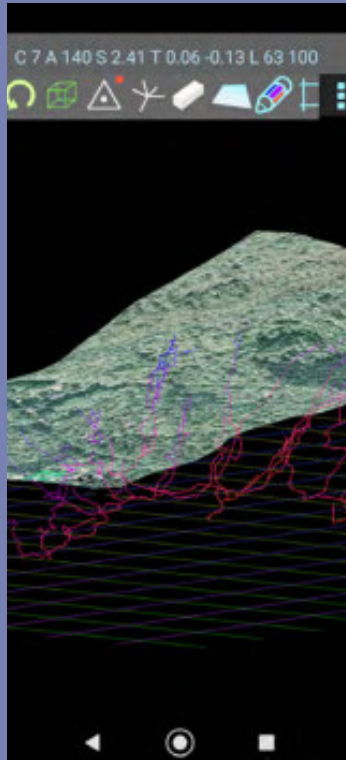
The surface DEM and texture level of transparency can be adjusted to view the cave model more clearly. The position of the light source can be changed in order to improve the 3-dimensional perception of the surface. Finally, Cave3D can display the lift of the survey centerline on the DEM surface.

All the cave data, the surface DEM, and the surface texture must be in the same Coordinate Reference System (CRS), either geographic (long-lat) or cartographic, because Cave3D does not perform coordi-

FIGURE 1

Left

A cave model loaded from a Loch file. The centerline is colored by the depth below the entrance. Stations and splays are hidden. The Loch file contained a surface DEM and a surface texture. The buttons are (from left to right): model-rotation, projection-type, stations, splays, walls, surface, centerline-coloring, and reference-frame. On the top right there is the menu button (three vertical dots).



Right

The dialog with the distance between a selected station (red square) and another station.

The cave path between the two stations is shown in bright green. The data of the selected station are reported in the blue bottom bar.

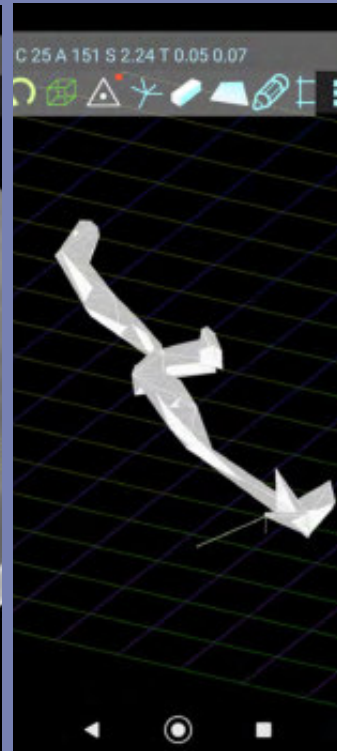
With the first button in this bar the selected station is set as center of rotation of the model. The second button switches on/off the «station-measure mode»: tapping on another station produces the display dialog.

FIGURE 2

Left

A cave model comprising a few small caves loaded from a TopoDroid cave-project. The green line is a surface survey between the entrances. The surface DEM and the surface texture have been loaded from external files. This texture partially covers the surface DEM.

The top bar contains the projection parameters: direction of view (inclination and azimuth in degrees), scale, and translation.



Right

The convex-hull wall model for a simple cavity. The green leg is a surface leg connecting the entrance to a GPS point.

nate conversions. By default TopoDroid uses WGS84 coordinates, but these can be converted to a cartographic CRS with the app Proj4. If a georeferenced station has converted coordinates Cave3D uses them. Therefore, when several caves are joined in a cave project, it is important to convert the georeferenced station of every cave in the same CRS.

Unlike the usual cave PC programs which perform the correction for the magnetic declination automatically if the survey is georeferenced and dated, Cave3D applies the correction for the magnetic declination only if this is explicitly specified in the survey. When a station is georeferenced in TopoDroid, it automatically computes the magnetic declination using the current World Magnetic Model.<sup>11</sup>

Cave3D contains two algorithms to build the model of the cave walls from the splay endpoints: convex-hull and powercrust.<sup>12</sup> The convex-hull model is created by connecting the splay endpoints. To get a decent result the legs must not be too long and there must be enough splays describing the shape of the cave (*Figure 2. Right*). The powercrust model is an interpolation of the splay endpoints and it need really many splays. With a good wall model the app can compute a reasonable estimate of the volume of the cave. Cave3D also computes the most common survey statistics: length, depth, number of stations, legs, etc. Finally, the app can display a planar (2D) rose-diagram of horizontal directions of the cave centerline legs, as well as a 3D rose diagram of the 3D-directions.

When the stations are visible the user can select a station. The coordinates of the selected station are shown in a bottom bar. If the 3D model has a surface DEM the depth below the surface is also shown (*Figure 1. Right*). The selected station can be set as the center of rotation of the model.

The spatial distance between the selected station and another station can be measured. If the two stations are in the same cave the shortest cave-path joining them is highlighted, and its length is shown.

In conclusion Cave3D is an important extension of TopoDroid, much as the 3D viewers are for the best known PC cave programs. Having many of the useful features of the PC programs, Cave3D is a convenient tool to check how the cave passage being surveyed is related to the rest of the cave and to the orographic surface, right on the spot.

## References

---

1. A.E. Martel. **Les abimes**, 1894, p. 25-28
2. S. Jaillet, B. Sadier, J.J. Delannoy **Une breve histoire de la 3D en grotte**, Karstologia 63 2014 3-20
3. A. Martinez I Rius. **Topografia espeleologica**, Escola Catalana D'Espeleologia, 1983
4. A. Warild. **A computer program for 3D cave maps**. Helictite 28(2) 1990 41-45
5. Scott Earl. **Rotator**. Compass Point n. 10 Dec. 1995
6. L. Fish. **Compass new release**. Compass Point n. 8, 1995
7. D. Bristol. **Cave survey visualization**, <https://www.derekbristol.com/data-viewing>
8. M. Corvi. **TopoDroid and cave surveying**, Acta TopoSur 2017 (A. Alcalá et.), Federacion Andaluza de Espeleologia, 2018 p. 13-21
9. <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.caverender>
10. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pawczak.cavear>
11. <https://unity.com>
12. <https://ngdc.noaa.gov/geomag.html>
13. N. Amenta, S. Choi, R.K. Kolluri, The powercrust, unions of balls, and the medial axis transform, 2001, doi:10.1145/376957.376986.





**ANDRÉS ROS VIVANCOS** (1)  
**JOSÉ L. LLAMUSÍ LATORRE** (1)  
**ÁNGEL FERNÁNDEZ-CORTÉS** (2)  
**JOSÉ M. CALAFORRA** (2)  
**FERNANDO GAZQUEZ** (2)  
**JOSÉ ANTONIO SOTO** (1)

(1) Centro de Estudios de la Naturaleza  
y el Mar. [cenm@cenm.es](mailto:cenm@cenm.es)

(2) Universidad de Almería. [acortes@ual.es](mailto:acortes@ual.es)  
es Contacto: [cenm@cenm.es](mailto:cenm@cenm.es)

**Equipos para la  
medición de la  
calidad del aire  
y el clima en  
cavidades para  
espeleólogos**

**D**eterminar la calidad del aire en cuevas, incluyendo espacios sin ventilación como burbujas postsifón, galerías de minas, etc. y otros lugares donde se pueden almacenar gases no respirables o bajas concentraciones de  $O_2$ , garantiza la seguridad de los exploradores. En la actualidad, el estudio de los gases en cavidades está permitiendo conocer y obtener datos de la dinámica de los gases y del aire, desde las zonas más profundas y su relación con las morfologías, procesos corrosivos, y sus efectos en el sistema subterráneo.

Hasta hace relativamente poco, las concentraciones de gases como el  $CO_2$  y radón, así como la temperatura y humedad, eran totalmente desconocidos y difícil de medir en las cavidades. Sin embargo, con la aparición de nuevos equipos y sensores y a precios cada vez más asequibles, los espeleólogos tienen a su alcance equipos para conocer y medir estos gases. Permitiendo determinar la calidad del aire e incluso la dinámica del clima y gases en cuevas aportando datos muy valiosos para los investigadores.

En este trabajo recopilamos una selección de equipos que se han usado y probado en cavidades con excelentes resultados dirigido a espeleólogos. Estos equipos se han valorado en función de su accesibilidad en el mercado y fiabilidad en cavidades. Aunque no llegan a alcanzar los niveles de precisión de equipos de laboratorio, ofrecen prestaciones muy cercanas a estos y son ideales para trabajos espeleológicos, aportando datos de seguridad y estado de gases en la cavidad. Estos equipos los agrupamos en dos apartados, el primero «equipos esenciales», que engloba instrumentos de medida que deberían llevar todos los grupos de espeleólogos pues son

los que pueden garantizar la respiración del aire en entornos cerrados o advertirnos de los riesgos. Y un segundo apartado, que denominamos «equipos para análisis del clima», que permiten obtener datos sobre la dinámica o el estado del clima de las cavidades.

## Introducción

Las cuevas tienen unas características muy estables o por lo menos así se ha considerado tradicionalmente. Estudios recientes nos indican que existe una dinámica del clima y gases que puede variar de forma natural en diversas épocas, como lo demuestran algunas cavidades analizadas (Chervyatsova et al 2019; Ginés et al 1987, 2017; Ros A. Llamusi, 2018).

Por otro lado, el aire «enrarecido» o con parámetros no aptos para la respiración a corto o medio plazo suponen un riesgo importante en cavidades. Esto puede suceder en nuevas cavidades con escasa ventilación, burbujas de aire en cuevas submarinas, galerías tras sifones, zonas confinadas, y cuevas con orígenes o asociadas al hidrotermalismo. Hay ejemplos donde es vital el control de la calidad del aire, Murcia, Baleares, Cuenca (Pérez-López et al, 2016; Ginés et al, 2017; Atienza et al. 2019), a fin de evitar incidentes o accidentes, y que pueden variar de una época a otra, como puede suceder con el Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) ya que aumentos de este gas pueden desplazar el Oxígeno  $O_2$ , disminuyendo sus concentraciones, creando atmosferas no respirables, Atienza de la Cruz C, (2019), describe algunos casos en cavidades de Cuenca. Otro elemento que cada día se va concienciando más es la presencia y distribución de gas radón ( $^{222}Rn$ ) en cavidades. Se trata de un gas derivado de la

desintegración de elementos radiactivos de la roca y que se va acumulando en la atmósfera de la cavidad.

Debido a que el gas radón también se desintegra y emite partículas ionizantes, se trata de un gas radiactivo. La exposición al radón durante tiempos prolongados puede provocar cáncer. Se empiezan a conocer datos de radón en cavidades, algunos sorprendentes y que indican que la permanencia prolongada en algunas cavidades puede resultar peligrosa.

La observación del clima y gases está apartando nuevos conocimientos científicos en el análisis del clima en cavidades. De entre ellas, las cavidades de origen hipogénicas o hidrotermales son lugares que aportan datos muy importantes para el estudio de las emisiones de gases naturales de zonas profundas, datos muy valiosos para conocer sus orígenes y dinámica del clima.

En este trabajo nos centramos en los equipos para medir y analizar gases y datos del clima más comunes que se pueden analizar por espeleólogos en cuevas; temperatura, humedad, punto de rocío, concentración de oxígeno ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), monóxido de carbono (CO), radón ( $^{222}Rn$ ), sulfuro de hidrógeno  $H_2S$  y gases combustibles (LE). Para su ampliación en la información de los equipos, hemos creado una tabla online que puede consultarse en [www.cenm.es](http://www.cenm.es)

## Equipos

**A**ctualmente en el mercado se puede encontrar una amplia gama y precios de diversos equipos que permiten analizar el aire y el clima de las cavidades con cierta facilidad. Si bien la lista es larga y existen instrumentos para todos los gustos, hemos seleccionado una serie de equipos que dividimos

en dos grupos recomendados para uso por espeleólogos, la mayoría probados con excelentes resultados.

Por un lado, analizamos los equipos «imprescindibles» que deberían llevar todos los espeleólogos. Éstos suelen ser los de análisis de la calidad del aire respirable, los denominados equipos «multigas». Y un segundo grupo denominado «equipos para análisis y dinámica» que nos permiten realizar estudios sobre el clima y los gases en cavidades.

### EQUIPOS IMPRESCINDIBLES, MULTIGAS

En este grupo entran los equipos «multigas», son equipos que permiten realizar análisis de la calidad del aire respirable de forma continuada con un solo equipo. Están indicados para equipos de exploraciones donde el descubrimiento de nuevas galerías, poco ventiladas pueda suponer un riesgo por acumulación de gases no respirables o un desplazamiento del  $O_2$  por debajo del nivel respirable. Son instrumentos vitales para la exploración de zonas de cuevas submarinas donde se localicen burbujas o galerías posteriores a un sifón. Se trata de equipos de uso obligatorio para cavidades con zonas de minas o minas poco conocidas, o cuevas con ambientes extremos, ejemplos notables, como son la sima del Vapor en Murcia (con niveles bajos de  $O_2$  y otros gases; Fernández-Cortes A. et al, 2018), cavidades en Garraf (con problemas de niveles bajos de  $O_2$  y altas concentraciones de  $CO_2$ ; Yzaguirre I. et al 2019), algunas cavidades en Cuenca (Atienza de la Cruz, et al, 2019), la Cueva del Agua en Cartagena (donde varias burbujas de aire en donde el  $CO_2$  oscila con valores altos y baja peligrosamente el nivel del  $O_2$  (Llamusí J.L., et al 2020).

Esta es una pequeña muestra de cavidades donde no es posible bajar si respiradores autónomos y equipos detectores multigas. La Federación Catalana de Espe-

leología tiene publicado un mapa donde se pueden ver cavidades con problemas de hipoxia y otros problemas de gases <https://www.espeleologia.cat/es/hipoxia/>.

**Todos los espeleólogos que exploren nuevas cavidades, y no dispongan de información adecuada, y entren en zonas confinadas de escasa ventilación, sifones, y minas, deben llevar un equipo multigas para la comprobación de la atmosfera respirable, que garantice su seguridad.**

### EQUIPOS MULTIGAS

Los equipos multigas son utilizados en entornos de riesgos por gases tóxicos, explosivos o bajo nivel de O<sub>2</sub>, estos permiten alertar de cualquier riesgo respirable por cualquier gas de los que miden. Son de fácil adquisición en el mercado y muy útiles. Se trata de equipos obligatorios para espeleólogos de exploración, tanto aérea, submarina como en minas. Su análisis continuo del aire permite obtener resultados inmediatos.

Actualmente en el mercado se encuentran numerosos equipos y precios diferentes, pero si lo que se va a analizar es la calidad del aire respirable, es necesario que cumplan una serie de requisitos y estén debidamente certificados;

Como mínimo deben realizar mediciones del oxígeno respirable y otros gases como CO, H<sub>2</sub>S, LEL y CH<sub>4</sub>:

- Análisis del Oxígeno O<sub>2</sub> de forma continuada con alarmas por debajo de niveles respirables.
- Análisis del CO (Monóxido de Carbono).
- Análisis del H<sub>2</sub>S (Ácido Sulfhídrico).
- Gases inflamables LEL (CH<sub>4</sub> Metano).

También pueden llevar otros tipos de sensores. El mercado es amplio y variado tanto en calidad como en precios, una garantía es que cumplan especificaciones CE

y que estén certificados para su uso profesional.

De entre los numerosos equipos que se encuentran en el mercado hemos seleccionado dos modelos:

**Detector de Gas Portátil Multigas ALTAIR 4xR, foto 1-A**, fabricado por MSA es un equipo para protección profesional, con certificaciones IECEx y ATEX, que analiza en tiempo continuo los niveles de O<sub>2</sub>, Co, H<sub>2</sub>S, LEL, CH<sub>4</sub>. El tiempo de respuesta es de 30 segundos, con alarma sonora y visual. Tiene una resistencia al agua de 2 metros durante 60 minutos. Resistente a caídas de hasta 7.5m IP68.

Este modelo de equipo es usado por profesionales, equipos de extinción de incendios, profesionales de industrias, etc. Es uno de los más solicitados y fiables. Tiene un servicio de verificación y cambio de sensores cada cierto tiempo. Es el equipo que habitualmente usamos para nuestras actividades espeleológicas con notables resultados y fiabilidad.

**Detector Smart Sensor ST8900, foto 1-B**, detector de cuatro gases para medir los niveles de H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, CO y combustibles LEL en entornos naturales e industriales, en seguridad, capacitación e investigación. Alarma de vibración de sonido y luz cuando una de las concentraciones de gas alcanzar el nivel de alarma. Para uso en industria, minería, etc.

Es un equipo de bajo coste NO probado pero las referencias indican que podría resultar efectivo.

### Equipos para análisis clima y gases

Este tipo de equipos permite conocer la dinámica del clima y gases en cavidades, datos como temperatura, humedad, punto de rocío, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, radón. El estudio de estos datos permite avanzar en las investigaciones de las cavidades como es su relación



con agua o termalismo profundo, repercusiones en las morfologías, procesos corrosivos, etc. entre otras cuestiones, día a día aumentan los equipos que pueden ser usados por espeleólogos para el análisis de estos gases, así como la interpretación de los datos obtenidos.

En este grupo de equipos se encuentran dos tipos, los equipos dataloger, que nos permiten registrar los parámetros ambientales durante largos periodos de tiempo. Y equipos de mediciones directas o puntuales que permiten obtener datos durante las visitas a cavidades.

El mercado ofrece una amplia variedad de equipos y actualmente son asequibles para cualquiera, resulta difícil decantarse por un modelo o fabricante, en este trabajo presentamos los que habitualmente usa nuestro equipo.

En los equipos para análisis de clima y gases se pueden medir o analizar diversos parámetros y gases según nuestro interés:

**Temperatura:** nos puede informar si la cavidad mantiene la temperatura estable o variable en diversas épocas del año. Los equipos dataloger nos permiten poder obtener largos periodos con muestreos cada cierta hora o minutos. Los equipos pueden medir en grados, decimas, centésimas, milésimas, estos últimos suelen ser más caros por la precisión centesimal o mayor, y salvo que sean para estudios muy precisos no suelen llevarse por espeleólogos, que utilizan preferentemente equipos más convencionales de grados, decimas.

## EQUIPOS

Los equipos de temperatura pueden llevar sensores de humedad o ser solo de temperatura esto es más habitual en los dataloger como el modelo RC-5 de Elitech, un equipo de bajo coste con capacidad para almacenar 32.000 registros y ajustes de intervalos. Tolera muy bien la humedad ambiental y se puede tener hasta un año

registrando. El SBE56 de Sea Bird Scientific de alta precisión, sumergible hasta 1500m y amplia capacidad de registros más de 15 millones y programable. Actualmente también se pueden usar termómetros laser que nos da el dato de temperatura en pared de una forma puntual, rápida y precisa.

Humedad, nos permite conocer el grado de humedad de la cavidad, generalmente más humedad que el exterior. Al igual que con la temperatura también encontramos equipos dataloger y equipos para mediciones directas. Los equipos dataloger suelen medir temperatura y humedad, algunos incorporan acceso para medir el «punto de rocío» o nivel de condensación máximo del ambiente. Esto es importante para conocer si la cavidad está depositando agua en las paredes por condensación ambiental o está en proceso de evaporación.

Una cuestión importante es el tipo de sensor de la humedad, debido a que algunos sensores condensan la humedad y generan una gota que pueden dar datos erróneos. Conviene probar los equipos y ver el grado de tolerancia de la sonda con la humedad.

Las mediciones se realizan en % siendo 100 el punto máximo de condensación de humedad para generar agua. Al igual que los termómetros los precios oscilan muy diferentes entre equipos que midan centésimas o más de % humedad.

## MODELOS

**Dataloger.** Al igual que en temperatura los hay dataloger y de medición directa puntual, entre los dataloger destacamos el modelo RC-51H de Elitech, un equipo compacto que también mide la temperatura y que ha mostrado una buena adaptación a la humedad ambiental. Puede almacenar hasta 32.000 registros y ajustar los intervalos, las baterías suele tener una duración



FOTO 1: EQUIPOS MULTIGAS  
A. Altair 4x.  
B. Smart Sensor ST8900.

de un año, aunque conviene revisarlo cada 4-6 meses.

**Sensor de temperatura SBE 56.** Es otro modelo a tener en cuenta pese a un precio más elevado es el SBE 56E, es un equipo de registro continuo de temperaturas datalogger de alta precisión, para mediciones continuas en navegación submarina. Con una capacidad de hasta 15.9 millones de muestras y precisión de temperatura de:  $\pm 0,002$  °C y resolución de temperatura:  $0.0001$ °C, sumergible, es uno de los equipos para análisis de la temperatura de mayor capacidad, precisión y resistencia.

**Medición directa.** Suelen encontrarse en el mercado una amplia variedad de equipos, se han seleccionado dos tipos: equipos de temperatura con sonda termopar tipo K, suelen ser muy rápidos y normalmente llevan doble pantalla con indicador de temperatura ambiente y la temperatura de la sonda, esta nos puede permitir sumergirla en el agua y tener medición de aire y del agua a la vez. Uno de los modelos asequible y fáciles de encontrar es el GM1312, de bajo coste con conexión para dos sondas termopar tipo K y dos medidas a la vez.

**PCE-320** es un equipo de precisión que puede medir temperatura, humedad y punto de rocío. Que nos permite conocer el grado de saturación de humedad de la cavidad y si esta está condensando agua en las paredes. También incorpora un medidor laser de temperatura y sonda **termopar tipo K**.

### DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

El CO<sub>2</sub> es un gas que se emite de forma natural desde las profundidades y que también emite el ser humano, por ello los equipos se deben alejar del operador al realizar mediciones para no falsear las medidas. Suele ser más abundante en cavidades hipogénicas, hidrotermales o volcánicas. Su medida se realiza en partes por millón (ppm) o en porcentaje.

El CO<sub>2</sub> es un gas que en algunas ocasiones procede de zonas calientes profundas, vulcanismo, termalismo, etc. Suele ser frecuente en cuevas de origen volcánico, hipogénico o hidrotermal, puede alcanzar altos niveles de concentración en cavidades poco ventiladas o con un termalismo incipiente. Puede alcanzar niveles no respirables por encima de los 30.000 ppm 3% vol. Los valores en cavidades pueden variar a lo largo del año, y de una estación

a otra por lo que es conveniente hace su seguimiento durante periodos prolongados. En cuevas hidrotermales hemos podido ver mayores niveles en toberas, feeders o fracturas profundas. Su presencia en valores muy elevados puede ser indicador de cueva hipogénica o hidrotermal, e incluso de la presencia de redes profundas.

Altos niveles de CO<sub>2</sub> suelen ir acompañados de bajos niveles de O<sub>2</sub> en zonas de poca ventilación en cavidades, lo cual se debe a un desplazamiento en la masa del O<sub>2</sub> por aumento del CO<sub>2</sub>. Se ha registrado casos como en la Cueva del Agua, en Cartagena (Llamusi, et al 2020), Sima del Vapor en Alhama de Murcia (Fernandez-Cortés et al 2018) Sima de la Tierra Muerta en Cuenca (Atienza de la Cruz et al 2019), cuevas y sima en Garraf presentan altos niveles de CO<sub>2</sub> y baja concentración de O<sub>2</sub> (<https://www.espeleologia.cat/es/hipoxia/>).

Los equipos para la medición del CO<sub>2</sub> son fáciles de encontrar en el mercado. El mayor problema lo tiene los equipos datalogger, debido a que el consumo de energía de los sensores limita bastante las baterías. Nuevos sensores de bajo consumo están apareciendo en el mercado, como es el caso del CO<sub>2</sub>METER que permite mediciones de hasta 200 días. Otro parámetro limitante a tener en cuenta es como les puede afectar la humedad que puede llegar a bloquear los sensores.

### **EQUIPOS PARA MEDIR CO<sub>2</sub>**

**CO<sub>2</sub>METER**, *foto 3A*, es un equipo datalogger para medir CO<sub>2</sub>, de alta precisión, también mide temperatura y humedad. Sin visor, su capacidad puede llegar a 200 días según el intervalo de registro, aunque hay que aislarlo en cámara seca ventilada para evitar que la humedad afecte los sensores, es uno de los pocos que nos puede permitir hacer registros permanentes durante un tiempo en un lugar fijo, más referencias en [www.cenm.es](http://www.cenm.es)

**CDL210**, *foto 3B*, equipo de medición de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad con visor, para tomas directas, aunque indica que puede ser datalogger. Fue uno de los primeros equipos en disponer de uno de ellos primeros sensores de bajo consumo de Senseair con auto calibrado automático, su dificultad está en el gran consumo de baterías. No está diseñado para llevar baterías y precisa de un cable adaptador y batería externa para uso de campo. Recomendable para mediciones directas o puntuales, ha sido el equipo que hemos usando durante varios años, más referencias en [www.cenm.es](http://www.cenm.es).

**HT2000**, *foto 3C*, equipo de medición de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad con visor es un equipo que incorpora los nuevos sensores Senseair S8, portátil, incorpora baterías AA, con auto calibrado automático, puede ser datalogger. Limitado por la duración de las baterías, aunque se le pueden conectar baterías externas de mayor capacidad. Recomendado para mediciones directas o puntuales. Es uno de los equipos compactos y portátiles que mejor se adaptan a la espeleología, más referencias en [www.cenm.es](http://www.cenm.es).

### **Radón**

Este gas está presente en la naturaleza. Se produce por la desintegración del radio (<sup>226</sup>Ra), elemento altamente radiactivo. En cavidades se ha detectado y en algunas en altas concentraciones, Sima del Vapor Murcia 50.000 Bq/m<sup>3</sup> (Pérez López et al, 2016), Cueva del Castañar Extremadura con 34.000 Bq/m<sup>3</sup> de media (Cueva s., et al 2015). Varios factores pueden contribuir a estas altas concentraciones (cavidades de origen profundo, termalismo o vulcanismo activo, etc.). La presencia de cantidades elevadas de radón indica poca ventilación, generalmente suele venir acompañado de altos niveles de CO<sub>2</sub>, al haber poca renova-



FOTO 2: EQUIPOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

- A. Datalogger temperatura RC-5.
- B. Datalogger temperatura y humedad RC-51H.
- C. Termómetro alta precisión SBE56.
- D. Termómetro sonda termopar K GM1312.
- E. Equipo precisión temperatura, humedad y punto de rocío PCE-320.

ción de aire, aunque estos datos pueden variar por efecto del clima exterior verano invierno donde se pueden haber intercambios de aire cálido y frío (Atienza de la Cruz et al 2019). Su presencia en las cavidades puede ser perjudicial hay que evitar su exposición a altas concentraciones o exposiciones prolongadas, puede ser cancerígeno. De hecho, es el segundo causante del cáncer de pulmón según la OMS (2015) que establece una exposición de entre 100 a 300Bq/m<sup>3</sup> anualmente como máximo.

El Radón es un gas que se emite de forma natural y este puede ser variable a lo largo del año por lo que su medida efectiva debe hacerse a lo largo de un año y con mediciones cada cierto tiempo.

### Equipos

Los equipos para su medición se basan en dos tipos de detección:

Los de **Espectroscopia energética** están indicados para mediciones a largo tiempo por acumulación, pueden estar hasta un

año, aunque la humedad en cuevas puede ser un factor a tener en cuenta con la electrónica del equipo. En este tipo de equipos se encuentran los modelos de Airthings:

- **Corentium Home Airthings**, foto 4A, es medidor portátil, básico solo para Radón, los primeros datos se obtienen a las 24h. Rango medición hasta 0 - 9.999 Bq/3.
- **Corentium Plus Airthings**, foto 4B, medidor portátil Avanzado, mide Radón, temperatura, humedad y presión, conexión usb para informes. Los primeros datos se obtienen a la hora, registra datos hasta 10 años con 1 hora de resolución.
- **Wave Airthings**, foto 4C, monitor portátil para medir Radón, temperatura y humedad a través de app conexión a un terminal móvil Bluetooth. Dispone de una cámara de difusión pasiva y usa espectrometría Alfa para calcular el nivel de radón de forma precisa. Un fotodiodo de silicón detecta el radón, cuenta y mide la energía de las par-



Límites de exposición (% en aire)	EFFECTOS DEL CO <sub>2</sub> SOBRE LA SALUD
2-3	Imperceptible en reposo, pero en actividad marcada falta de aliento
3	Respiración se hace notoriamente más profunda y frecuente durante el reposo
3-5	Aceleramiento del ritmo respiratorio. Repetida exposición provoca dolor de cabeza
5	Respiración se hace extremadamente dificultosa dolores de cabeza, transpiración y pulso irregular
7.5	Respiración acelerada, promedio cardíaco aumentado, dolor de cabeza, transpiración, mareos, falta de aliento, debilidad muscular, pérdida de habilidades mentales, somnolencia y zumbido auricular
8-15	Dolor de cabeza, vértigo, vómitos, pérdida de conciencia y posible muerte si el paciente no recibe oxígeno inmediatamente
10	Agotamiento respiratorio avanza rápidamente con pérdida de conciencia en 10 – 15 minutos
15	Concentración letal, la exposición por encima de este nivel es intolerable
25+	Convulsiones y rápida pérdida de conciencia luego de unas pocas aspiraciones. Si se mantiene el nivel, deviene la muerte.

Efectos de diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> sobre la salud. (Baxter, 2000; Faivre-Pierret and Le Guern, 1983 and refs therein; NIOSH, 1981).

Fuente ivhhn.org

tículas alfa resultantes de la cadena de desintegración del gas radón, se autocalibra en los primeros días. Los primeros datos se obtienen a la hora y puede estar registrando datos hasta 1,5 años con dos baterías AA. Equipo que por su coste es recomendado para espeleólogos

- Los de **Sistema de detección por cámara ionizante**, en los que la respuesta de mediciones suele ser más rápidas por lo que son ideales para mediciones puntuales o directas. Aunque no están diseñados para usos portátil se puede adaptar una batería para su uso en cavidades, al igual que los equipos con circuitos electrónicos la humedad puede afectar su funcionamiento. Entre los equipos que integran cámara ionizante los modelos, están los RadonEye, *foto 4C*. Equipo compacto precisa de batería externa, en menos de una hora se obtienen los primeros datos.

#### CAPTADORES PASIVOS DE RADÓN

También existen unos captadores pasivos de radón (del tipo de trazas o Alpha-track),

que se han de colocar en puntos bien elegidos de los lugares de trabajo. Los captadores deben permanecer en el sitio elegido durante un periodo (no menor de tres meses). Tras ese tiempo, se manda cada captador, siguiendo las instrucciones, al laboratorio especializado que «leerá» el resultado, acompañado de una ficha informativa sobre las características del espacio en el que estuvo colocado. La empresa [www.radiansa.com](http://www.radiansa.com) ofrece estos servicios.

#### EXPOSICIÓN AL RADÓN

La directiva europea, 2013/59/EURATOM (2013), indica la referencia máxima de exposición al Radón para toda la Comunidad Europea, fijando como límite máximo para viviendas y entornos confinados de 300 Bq/m<sup>3</sup>. Este límite se corresponden con el de la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear tiene actualmente fijado para ciertas actividades en las que hay presencia de público. En contraste, actualmente, para los lugares de trabajo, los niveles de referencia fijado en la Instrucción IS-33 son los siguientes:



FOTO 3: EQUIPOS PARA MEDICIÓN DE CO<sub>2</sub>

- A. Equipo CO2METER datalogger de bajo consumo.  
 B. Equipo CDL210 mediciones puntuales con visor mide también temperatura y humedad.  
 C. Equipo HT2000 mediciones puntuales con visor mide también temperatura y humedad, este equipo incorpora la nueva generación de sensores Senseair.

- < 600 Bq/m<sup>3</sup>. No es necesario control.
- 600-1.000 Bq/m<sup>3</sup>. Se debe aplicar un nivel bajo de control.
- > 1.000 Bq/m<sup>3</sup>. Se debe aplicar un nivel alto de control.

En cuevas y minas de uso turístico es obligatorio realizar estudios y medidas de control y exposición tanto del personal que trabaja como de los visitantes según la Instrucción IS-33 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, publicada en el BOE el 26 de enero de 2012.

### SULFURO DE HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>S)

El H<sub>2</sub>S es un gas inflamable en concentraciones entre el 4 - 46%. Tiene un olor característico a huevos podridos, perceptible en contenidos muy bajos en un rango de 0.008-0.2 ppm. Es 1.2 veces más pesado que el aire. El rango de las concentraciones típicas de H<sub>2</sub>S en fumarolas volcánicas diluidas es de 0.1-0.5 ppm.

El H<sub>2</sub>S es un gas tóxico y el peligro depende tanto de las duraciones de la

exposición como de la concentración. Irritante para los pulmones y en bajas concentraciones irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición puede producir dolor de cabeza, fatiga, mareos entre otros. Suele encontrarse en cuevas de origen volcánico o hipogénicas, no suele ser muy común pero su presencia en concentraciones superiores a 50ppm puede ser peligroso. Lo normal es encontrarlo en concentraciones bajas, su presencia es un indicativo de las cavidades volcánicas o hipogénicas.

En la página de *the International Volcanic Health Hazard Network (IVHHN)* hay una tabla de los riesgos de exposición al H<sub>2</sub>S.

<https://www.ivhhn.org/es/guidelines/guia-sobre-gases-volcanicos/hidrogeno-de-sulfuro>

### EQUIPOS

Los equipos multigas miden el H<sub>2</sub>S, pero en resoluciones a partir de 1ppm, equipos específicos como el WT8822 (ver en [www.cenm.es](http://www.cenm.es)) miden resoluciones de 0.01ppm, por lo que pueden apreciar restos o trazas del H<sub>2</sub>S en cavidades.

## Discusión

La disponibilidad actualmente de un gran número de equipos y precios de los equipos para gases y clima, permiten al espeleólogo poder realizar análisis y mediciones del clima en cavidades.

De lo expuesto anteriormente, destacamos los equipos «imprescindibles» o equipos multigases que debería tener cualquier persona o institución, que se adentre en cavidades y más cuando se traten de primeras exploraciones, burbujas de aire bajo el agua, minas, etc. Resultan relativamente frecuentes las cavidades con riesgos altos para la seguridad por gases potencialmente tóxicos o irrespirables por sus concentraciones. La variabilidad de los gases durante el año puede aún ser más confusa y elevar el riesgo, por ello al análisis de la calidad del aire es vital para las primeras exploraciones o lugares desconocidos o poco documentados, un análisis de los efectos y síntomas que padecieron los espeleólogos en la sima del Vapor de Murcia durante los trabajos de investigación y a tener en cuenta se describe en (Pérez-López et al 2016).

El análisis de la dinámica del clima y gases aportan datos significativamente importantes para el conocimiento y evolución de las cavidades. Las concentraciones de  $\text{CO}_2$ , radón y otros gases nos pueden indicar cavidades de origen hipogénico o hidrotermal y su estado actual de emisiones profundas, su grado de afectación a las morfologías, corrosiones, etc. Actualmente se está estudiando la relación entre las emisiones puntuales más elevadas de  $\text{CO}_2$  en puntos concretos de cavidades, grietas, toberas, nivel de agua, etc. y la presencia de redes de galerías más profundas y amplias.

Análisis en el tiempo de parámetros ambientales, como ha sido el registro de temperatura,  $\text{CO}_2$  y otros elementos, durante un año en Cueva del Agua, Cartagena, confirman la actividad permanente de emisiones de aguas termales hacia el mar del acuífero y posibles variaciones del termalismo profundo, así como los desplazamientos del  $\text{O}_2$  por las variaciones de las emisiones de  $\text{CO}_2$  en una burbuja de aire, en (Llamusí, J.L. et al 2020, *Resultados preliminares de la monitorización termo-gaseosa en Cueva del Agua, Cartagena*, artículo en revisión final pendiente).



FOTO 4. Equipos para medir Radon; A Airthings Home, B Airthings Plus, C Airthings Wave, D Radon Eye.

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA NATURALEZA Y EL MAÑO

**EQUIPOS PARA MEDICIONES, ANÁLISIS DEL CLIMA Y GASES EN CAVIDADES**  
TABLA SELECCIÓN PARA ESPELEÓLOGOS.

**Dataloger:** equipos para registros y almacenamiento de mediciones continuadas. **Puntual:** equipos para mediciones puntuales directas, no almacenan datos. 1763
























TEMPERATURA	HUMEDAD	CO <sub>2</sub>	RADÓN	H <sub>2</sub> S	MULTIGAS	ACCESORIOS
 RC-5 dataloger	 RC-51H dataloger	 CDL210 puntual (dataloger)	 RadonEye puntual	 WT8822 puntual	 Multigas ALTAIR 4xR Fundamental	 Bateria externa recargable USB
 RC-51H dataloger	 PCE-320 puntual	 HT2000 puntual (dataloger)	 Corentium Plus dataloger		 Multigas SY8900 Fundamental	 Bolsa estanca IP68 sumergible
 GM1312 puntual	 CDL 210 puntual (dataloger)	 CM-0212 (dataloger)	 Detectores pasivos tipo trazas Alpha-track acumulativo			 Tubos para muestras
 PCE-320 puntual	 HT2000 puntual (dataloger)					 Etiqueta inteligente NFC
 CDL 210 puntual (dataloger)	 CM-0212 (dataloger)					

Tabla resumen de equipos para el clima y gases. Fuente [www.cenm.es](http://www.cenm.es).

## Conclusiones

De las cuestiones se plantean. Primero el uso de equipos para el análisis termo-gaseoso en cavidades, por un lado, el más importante por nuestra seguridad, son los equipos que hemos denominado **imprescindibles** para el análisis de la calidad del aire, **equipos multigas**, no puede faltar en el equipo del espeleólogo que explore nuevas cavidades, entornos con poca renovación de aire, burbujas postsifón, minas. Las consecuencias de encontrar atmósferas no respirables o de bajos contenidos de O<sub>2</sub>, pueden ser muy peligrosas, teniendo en cuenta que entre 14-17% del O<sub>2</sub>, y que aparentemente parecen respirables, sin embargo, a corto tiempo es un ambiente hipóxico sin que seamos consciente de ello.

El O<sub>2</sub> por debajo del 14% se considera umbral no tolerable. Las causas de estas

bajadas del O<sub>2</sub> no tienen por qué ser permanentes, emisiones de CO<sub>2</sub> puntuales o estacionales en el tiempo, pueden desplazar el O<sub>2</sub>. Por ello se recomienda el uso de los equipos multigas.

Una segunda cuestión es el análisis termo-gaseoso, estamos asistiendo a una nueva generación en las exploraciones e investigaciones en cavidades, análisis de gases o climáticos son cada vez más fáciles de hacer con la gama de equipos que hay en el mercado. Los recientes estudios nos están acercando a nuevas formas de conocer las cavidades e incluso a estimar la importancia de la red en la cueva.

Los equipos que aquí analizamos son solo una muestra de la potencialidad que el mercado nos permite hoy en día, la selección realizada permite que el espeleólogo puede conocer y disponer de datos termo-gaseosos de primera mano y redundando en su seguridad y ampliando el conocimiento para la investigación.



## Bibliografía

- Atienza de la Cruz C., Orozco A., Prieto S., (2019) **Cavidades con aire enrarecido**, revista Calar núm. 3, Edita Federación Castellano Manchega de Espeleología y Cañones, Guadalajara.
- Chervyatsova O.Y., Kazadaev D.S., Dbar R.S., Ekba J.A. 2019 **Natural ventilation study of the New Athos cave (Abkhazia) using radonometric: Shooting: sustainable development of mountain territories**, Rusia, República Osetia del Norte-Alania N°2 2019.
- Cueva S., Fernández-Cortés A., Abella R., Álvarez-Gallego M., García E., Sánchez-Moral S., 2015 **La Cueva de Castañar, Monumento Natural, Condiciones Medio Ambientales y medidas de conservación**. Junta de Extremadura.
- Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, (2103) por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/ Euratom.**
- Fernández-Cortés, A., Pérez-López, R. Cuezva, S., Calaforra, J.M., Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S., 2018. **Seguimiento y caracterización físico-química de gases de efecto invernadero en ambientes subterráneos hipogénicos activos: caso de la Sima del Vapor (Alhama de Murcia)**: Boletín de la SEDECK núm. 12
- Fornós J., Entrena A., Ginés J. 2018 **Dinàmica de l'atmosfera dels sectors no turístics de les Coves del Drac**: Papers Soc. Espeleo. Balear, 1 (2018).
- Ginés A., Hernández J., Ginés J., Pol A. 1987 **Observaciones sobre la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la Cova de les Rodes** (Pollença, Mallorca). Rev. Endins núm. 13 Mallorca.
- Ginés A., Mulet A., Rodríguez-Homar M., Vadell M., Sánchez-Cañete E., Ginés J. 2017 **Extreme Seasonal Fluctuations Of Carbon Dioxide In The Cave Atmosphere Of Cova De Sa Font (Sa Dragonera Islet, Balearic Islands, Spain)**: Proceedings of the 17th International Congress of Speleology, Australia.
- ISTAS **Exposición laboral al Radón**, 2019 **Guía para la prevención** ISTAS 2019.
- Llamusí J.L., Ros A., Fernandez- Cortés A., Calaforra, J.M., Gazquez F. (2020 pendiente publicación) **Cueva del Agua Thermal Research 2019-20**, CENM-naturaleza, [www.cuevadelagua.es](http://www.cuevadelagua.es)
- Organización Mundial de la Salud 2015. **Manual de la OMS sobre el radón en interiores - una perspectiva de salud pública**. Disponible en [https://www.who.int/phe/publications/indoor\\_radon\\_handbook/es/](https://www.who.int/phe/publications/indoor_radon_handbook/es/).
- Pérez-López R., Sánchez-Moral S., Martínez-Díaz J., Cuezva S., Sánchez-Malo A., Bañón E., Quiles L., Marcos A., Carballo J., Águila M. 2016 **Condiciones ambientales extremas de la Sima del Vapor: temperatura, traza isotópica de CH y CO y valores de radón**: Actas EspeleoMeeting Ciudad de Villacarrillo 2016.
- Ros A., Llamusí J.L. 2018 **Resultados sobre el efecto en el clima de las visitas a Sima de la Higuera análisis temperaturas**; Biblioteca digital [www.cenm.es](http://www.cenm.es) Murcia.
- Yzaguirre I., Cano R., Font X. 2019 **Estudios atmosféricos en el macizo del Garraf (2002-2019)**. Boletín de la SEDECK núm. 14 2019.

# José Antonio Berrocal Pérez, *in memoriam*

*Presidente de la Federación  
Andaluza de Espeleología*

Málaga 04-08-1950 / Parauta 22-02-2020



Lo más característico de una muerte inesperada es la sensación de irrealidad, y esa impresión es la que tuvimos al recibir la trágica noticia de su fallecimiento ese triste día de febrero de 2010, a las puertas de la celebración de **Ronda 2020, Capital Mundial de la Espeleología y Cañones**, en cuyo proyecto estaba trabajando para conmemorar los cincuenta años de espeleología federada en Andalucía cuando se creó el Comité Regional Sur de Espeleología —germen de la actual Federación Andaluza de Espeleología—, en cuyos inicios participó.

José Antonio Berrocal comenzó su actividad espeleológica a mediados de la década de los años sesenta del pasado siglo, impulsando en 1971 la creación del G.E.S. de Málaga con el que comenzaría una intensa y fructífera trayectoria espeleológica. El primer acto tuvo lugar ese mismo año con la coordinación del IV Campamento Nacional de Espeleología «Operación España 71» celebrado en Benaoján

con el objetivo de topografiar y explorar al completo la cavidad de Huididero-Gato.

Aprovechando los contactos establecidos en ese Campamento Nacional, forma parte del equipo creador de la Federación Española de Espeleología y participa en las exploraciones de las cavidades más importantes del territorio español en aquella época. Resaltan especialmente las campañas de prospección en la Sierra de las Nieves, con la localización y descenso de Sima Honda en 1973, y las sucesivas expediciones entre 1973 y 1978 a la recién descubierta Sima G.E.S.M. que culminaron en ese último año con la superación por primera vez en la historia de los mil metros de profundidad en primera exploración por parte de un equipo español.

También realizó exploraciones en el extranjero, destacando las llevadas a cabo en la Cueva de Wit-tandoum (Agadir, Marruecos) y la Expedición a la Sierra de Gibara (Holguín, Cuba) con descensos a la Sima Dos Bocas, la Sima de las Arañas, la



Tres imágenes históricas de José Antonio Berrocal Pérez.

Sima El Arsenal, la Sima de la Grieta y la Gran Caverna de Santo Tomás.

La difusión y divulgación de los resultados de las exploraciones e investigaciones espeleológicas fue una constante en su vida, dirigiendo revistas y publicaciones periódicas en las que escribió numerosos artículos, y publicando también varios libros y monografías.

En ese afán de divulgación de las actividades y noticias relacionadas con la espeleología, se mostró muy activo en las redes sociales como nueva herramienta de difusión, publicando constantemente artículos y notas en los diferentes blogs y páginas web que mantenía actualizados.

Ocupó la presidencia de la Federación Andaluza de Espeleología desde el año 2002 al año 2020, el último de su vida, así como la vicepresidencia de la Federación



Española de Espeleología y la presidencia de la Asociación Española de Espeleología y Barrancos. Fue también el impulsor de la creación de las Escuelas Deportivas de Espeleología y de las Competiciones de Técnicas de Progresión Vertical en Espeleología como base y cantera para la incorporación de los menores a la actividad espeleológica. En esta función dirigió el Primer Campeonato

de España de TPV, celebrado en el Puerto de Málaga en el año 2006.

La espeleología española, y no solamente la andaluza o la malagueña, ha perdido uno de sus mayores puntales tras haber permanecido casi sesenta años en la vanguardia de las exploraciones, la tecnificación, la enseñanza y la divulgación de nuestro mundo subterráneo, de la espeleología. El tiempo, sin duda, hará crecer su figura y se le reconocerá su gran labor.

- **Los temas preferentes** para la publicación en la revista *Andalucía Subterránea* son los relativos a exploraciones realizadas dentro del programa oficial **Andalucía Explora** de actividades de la F.A.E.

En segundo término, otras exploraciones o investigaciones realizadas en Andalucía aunque sean de clubes no andaluces.

Y en tercer lugar, aquellas actividades de los propios clubes andaluces fuera de nuestra Comunidad.

- **El formato de la revista** es de 17 x 24 cm. Cada página lleva dos columnas de 6,75 cms y cada columna tiene 20 líneas de texto del cuerpo 10 interlineado al 13.

- **Los textos.** Los autores enviarán sus textos en español y compuestos, a ser posible, en el procesador Word. Su extensión máxima no excederá los 20.000 caracteres (en torno a las 3.000 palabras) con espacios incluidos. Si se superase esta cifra tendrán que consultarlo con el Comité de Redacción para su aceptación.

Antes de enviar los textos es fundamental que los autores revisen con sumo cuidado la ortografía, la puntuación y los extranjerismos.

- **Archivos gráficos.** Los archivos de todas las imágenes se enviarán preferentemente en formato JPG, a 300 ppp. Las imágenes principales (fotos, planos, dibujos y topografías) tendrán un ancho de 20 cm. y si deben ir a una columna, llegará con 15 cm de ancho. En el caso excepcional de una reproducción a doble página, se enviará a 35 cm. de ancho.

El autor deberá elegir una buena imagen para ilustrar la portadilla de su artículo.

Todas las fotos deberán llevar un pie informativo.

Los textos de planos e infografías deberán aparecer al menos con un cuerpo 8 una vez editados en la página.

- **Notas a pie de página.** Se tratarán de evitar siempre que sea posible. Toda la información del artículo deberá estar incluida en el propio texto.

- **Reseñas bibliográficas** Se permiten insertar las más relevantes al final del artículo, en una extensión que no supere una columna salvo casos muy excepcionales. Los nombres de los autores llevarán en mayúscula solo sus letras iniciales y el título del artículo irá en negrita. El contenido de cada entrada se hará siguiendo el siguiente esquema (protocolo Vancouver de publicaciones):

#### LIBROS

Autor/es. Título. Volumen. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año.

#### ARTÍCULOS DE REVISTAS EN PAPEL

Autores del artículo (6 aut. máximo et al). Título del artículo. Abreviatura de la revista. Año; Volumen (número): páginas.

#### ARTÍCULOS DE REVISTAS EN INTERNET

Autores del artículo (6 autores máximo et al). Título del artículo. Abreviatura de la revista [Internet]. Año [fecha de consulta]; Volumen (número): páginas. Disponible en: URL del artículo

- **Los envíos de artículos** y material gráfico se enviarán al correo electrónico [publicaciones@espeleo.com](mailto:publicaciones@espeleo.com) utilizando algún medio de transferencia de grandes ficheros en caso de un elevado volumen de los mismos.



# Federación Andaluza de Espeleología

C/ Aristófanos nº 4-1º - Oficina 7. 29010 - Málaga

Teléfono: 952 21 19 29 . Correo: fae@espeleo.com . Página web: www.espeleo.es

## JUNTA DIRECTIVA

<b>Presidencia</b>	<b>JOSÉ ENRIQUE SÁNCHEZ PÉREZ</b> gerencia@espeleo.com
<b>Vicepresidencia 1ª</b> <i>Relaciones Institucionales - Andalucía Explora</i>	<b>FRANCISCO HOYOS MÉNDEZ</b> pacohoyos@espeleo.com
<b>Vicepresidencia 2ª</b> <i>Directora Comisión General Técnica</i>	<b>OLVIDO HERRERO TEJEDOR</b> olvidotejedor@espeleo.es
<b>Secretaría General</b>	<b>MARIA DEL CARMEN RODRÍGUEZ CAÑA</b> secretaria@espeleo.com
<b>Vocalía de Formación</b> <i>Escuela de la FAE - Cursos TD y Deportivos</i>	<b>EDUARDO LLINÁS ALMADANA</b> formacion@espeleo.com
<b>Vocalía de Comité de Jueces</b>	<b>FRANCISCO GUTIÉRREZ RUIZ</b> jueces@espeleo.es
<b>Vocalía de Competiciones y Escuelas Deportivas</b>	<b>SEBASTIÁN ESCUDERO MONTERO</b> escuelasdeportivas@espeleo.es
<b>Vocalía de Mujer y Espeleología</b>	<b>CRISTINA PÉREZ DIAZ</b> mujeryespeleologia@espeleo.es

## VOCALÍAS. COMISIÓN GENERAL TÉCNICA

<b>Área de Espeleología</b> <i>Actividades y Formación</i>	<b>JOSÉ IGNACIO GUERRERO CLAROS</b> escuela@espeleo.com
<b>Área de Descenso de Cañones</b> <i>Actividades y Formación</i>	<b>FRANCISCO J. PÉREZ MARTÍNEZ</b> escuelacanyones@espeleo.es
<b>Área de Instalaciones Técnicas</b> <i>Infraestructuras Deportivas</i>	<b>EDUARDO CAMARENA LÓPEZ</b> educadiz@hotmail.com
<b>Área Tecnificación y Deportistas</b> <i>Plan de entrenamientos - Selección Andaluza</i>	<b>EVA VILLA MAÍLLO</b> tecnica@espeleo.com
<b>Área Científica</b> <i>Seminarios - Congresos - Simposiums</i>	<b>ANTONIO ALCALÁ ORTIZ</b> a.alcala@telefonica.net
<b>Área de Publicaciones</b> <i>Revista Andalucía Subterránea - Anuario - Artículos Web</i>	<b>HIPÓLITO SÁNCHEZ MARTÍNEZ</b> publicaciones@espeleo.com
<b>Área de Catálogo y Documentación</b> <i>CATFAE - Fondo bibliográfico, fotográfico y audiovisual</i>	<b>SANTIAGO GONZÁLEZ FERRER</b> catfae@espeleo.es
<b>Área de Reglamentos Deportivos</b> <i>Reglamentos de Competiciones y de Jueces</i>	<b>ROSARIO CECILIA HERRERO</b> reglamento@espeleo.com
<b>Área de Medio Ambiente</b> <i>Relaciones con los Parques Naturales</i>	<b>JOSÉ ANTONIO MORA LUQUE</b> joseantoniomoraluque@hotmail.com
<b>Área de Espeleosocorro</b> <i>Responsable del ESAN</i>	<b>BERNARDO ORIHUELA GALLARDO</b> espeleosocorro@espeleo.com

# ESCUELA ANDALUZA de ESPELEOLOGÍA

Albergue Villaluenga del Rosario (Cádiz)

- Cursos de Espeleología y descenso de cañones
- Campamentos infantiles
- Rutas culturales
- Actividades escolares
- Jornadas técnicas
- Formación oficial de Técnicos Deportivos en Espeleología



## INFORMACIÓN:

FEDERACIÓN ANDALUZA DE ESPELEOLOGÍA

Tlfno.: 952 211 929

fae@espeleo.com

www.espeleo.es



federacionandaluzaespeleo



fae.espeleologia



Ayut. Villaluenga del Rosario