

**Elkarst** DE ANDALUCÍA  
Geospeleología, Bioespeleología y Presencia Humana

*“Una mirada al sexto continente que habita bajo nuestras montañas”*

# EL KARST DE ANDALUCÍA

(Geoespeleología, Bioespeleología y Presencia Humana)

**José María Calaforra Chordi (coordinación editorial)**  
*Universidad de Almería*

y

**José Antonio Berrocal Pérez (coordinación editorial)**  
*Federación Andaluza de Espeleología*

## AGRADECIMIENTO:

La realización de la presente obra ha sido posible gracias a la *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía* que ha patrocinado su edición mediante el *Convenio de colaboración firmado al efecto con la Federación Andaluza de Espeleología*.

Los trabajos contenidos en este libro son el fruto de las exploraciones e investigaciones de numerosos espeleólogos andaluces durante muchos años.

Las fotos y topografías son igualmente trabajo de espeleólogos y grupos que las han cedido desinteresadamente para esta publicación.

Los capítulos han sido dirigidos y realizados por investigadores de primera línea.

Estos son los nombres de las personas que han colaborado en la realización del presente libro:

Francisco Aguilar Alcoholado, Genaro Álvarez García, Bartolomé Andreo Navarro, Manuel Baena Herrador, Pablo Barranco Vega, Javier Benavente González, José Antonio Berrocal Pérez, José María Calaforra Chordi, María Luisa Calvache Quesada, Ana Isabel Camacho, Pilar Campos, Pedro Cantalejo Duarte, Francisco Carrasco Cantos, Fernando Díaz del Olmo, Juan José Durán Valsero, Ángel Fernández Cortés, Manuel Ferrer, Rogelio Ferrer Martín, Víctor Ferrer Rico, Alberto Fijo León, José Antonio Garrido García, Juan Manuel González Montero, Manuel José González Ríos, Francisco Javier Gracia Prieto, Manuel Jesús Guerrero Sánchez, Francisco Gutiérrez Ruiz, Francisco Hoyos Méndez, Carlos Ibáñez Ulargui, Pablo Jiménez Gavilón, Ángel Jiménez López, Stein-Erik Lauritzen, Jabier Les, Cristina Liñan, Manuel López Chicano, Gustavo Maqueda, Wenceslao Martín Rosales, Juan Mayoral Valsera, José Millán Naranjo, Elena Mingués, Luis Molina Sánchez, José Molina Rodríguez, Antonio Jesús Moreno Rueda, Fernando Navarrete López-Cózar, Jesús Nogueras Montiel, Andrés Pedroche Fernández, David Pérez Gutiérrez, Andrés Pérez Pérez, Carlos Puch, Antonio Pulido Bosch, Juan Quetglas, Federico Ramírez Trillo, Carlos M. Rodríguez „José Luis Rodríguez Tomasetti, Francisco Sáez, Francisco Sánchez Martos, José Enrique Sánchez Pérez, Agapito Sanchidrián Torti, María Dolores Simón, Alberto Tinaut Ranera, Ángela Vallejos Izquierdo, Juan Vázquez Navarro y Loreto Wallace Moreno.

Este conjunto de hombres y mujeres es sin duda el mejor patrimonio de la espeleología andaluza.

A todos ellos queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento

**Federación Andaluza de Espeleología**

Coordinación técnica:

**María Navarro Domínguez y Juan M. Delgado Marzo**

Diseño Gráfico:

**María del Carmen Nuño y Francisco Gutiérrez Ruiz**

Maquetación:

**Francisco Gutiérrez Ruiz, Photo Shop Digital Málaga**

Fotomecánica:

**XXXXXXXXXX**

Edita:

**Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.**

Esta edición es fruto del acuerdo de patrocinio editorial entre la *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía* y la *Federación Andaluza de Espeleología*.

I.S.B.N.: **XXXXXXXXXX**

© de la edición, *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*

Depósito Legal: **XXXXXXXXXX**

© de los textos, sus autores

Imprime: **xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx**.

Impreso en papel ecológico libre de cloro

© de las fotografías y gráficos, sus autores

Referencias:

De la obra: Calaforra, J.M. y Berrocal, J.A (eds.) 2008. *El Karst de Andalucía, Geoespeleología, Bioespeleología y Presencia Humana*. *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, xxx p. Sevilla

De sus capítulos: Autores A. 2008. *Título del capítulo. El Karst de Andalucía, Geoespeleología, Bioespeleología y Presencia Humana (J.M. Calaforra y J.A. Berrocal, eds.)*. *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, xx-xx p. Sevilla



Paso del cable en la surgencia de Alfaguara del Cinojal, Parauta (foto: Manuel José Guerrero Sánchez)

<b>PRÓLOGO</b>	7
José Guirado Romero DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA	
<b>PRESENTACIÓN</b>	9
José Antonio Berrocal PRESIDENTE DE LA FEDERACIÓN ANDALUZA DE ESPELEOLOGÍA	
<b>I. GEOESPELEOLOGÍA</b>	
Introducción Geoespeleológica al Karst de Andalucía	11
Formas exokársticas en Andalucía	13
Hidrogeología del karst de Andalucía	21
El endokarst en Andalucía	33
Espeleotemas de las cuevas de Andalucía	41
<b>II. BIOESPELEOLOGÍA</b>	
Introducción Bioespeleológica al Karst de Andalucía	57
Los quirópteros cavernícolas de Andalucía	59
La fauna acuática subterránea de Andalucía	67
Entomofauna cavernícola de Andalucía	75
<b>III. LAS CUEVAS Y EL HOMBRE</b>	
Introducción al Karst y el Hombre en Andalucía	87
Modos de vida y presencia humana en las cavidades Andaluzas	89
Cavidades turísticas de Andalucía	105
Historia de la espeleología en Andalucía	117
Conservación y Protección de las cavidades Andaluzas	131
<b>IV. KARST Y CAVIDADES DE ANDALUCÍA</b>	
Introducción al Karst y Cavidades de Andalucía	143
Cavidades de la Sierra de las Nieves	145
La Cueva de Nerja	161
El Paleokarst del Cerro del Hierro	169
El Torcal de Antequera	177
El karst en yeso de Sorbas	185
Sierra Gorda y Polje de Zafarraya	193
El complejo del Arroyo de la Rambla	201
La Gruta de las Maravillas	209
Sistema Hundidero-Gato	217
El Sistema Republicano-Cabito	225
La Cueva del Agua de Iznalloz	233
El Complejo kárstico del Cerro de las Motillas	241

## PRÓLOGO

Algunos elementos de nuestro patrimonio geológico son como la piel de la tierra: en ella está escrita la historia de nuestro pasado. El tiempo ha ido dejando, en forma de arrugas, fallas y pliegues, el reflejo de su paso. Hace ya años que la Consejería de Medio Ambiente trabaja específicamente en todas las facetas de la geodiversidad, y desde hace dos en las del Agua. Gea y Agua crearon en Andalucía paisajes únicos, espectaculares y valiosos: los paisajes kársticos.

Las formaciones que ocasiona la disolución de la roca por el agua, tan frecuentes en las calizas y yesos de Andalucía, ejemplifican cómo los valores vinculados a la Gea pueden interesar a personas sin conocimientos especializados en esta materia. Se trata, simplemente, de belleza.

Por eso la multitud de formas que generan nuestros sistemas kársticos, tantas de ellas inspiradoras de la imaginación, es un atractivo geoturístico, espeleoturístico, consolidado en varias localidades andaluzas, que aprovechan de forma sostenible un recurso cada vez más importante.

Queda mucho por recorrer, pero -dentro de la Estrategia de Conservación de la Geodiversidad de Andalucía- damos un paso más con este libro. La obra, producto de la colaboración establecida con la Federación Andaluza de Espeleología y de la cooperación editorial con la Fundación Gypaetus, realiza un recorrido por la geografía andaluza a través de sus fenómenos kársticos, convirtiéndose en un documento ameno, e integrador de la valía estética y de la científica de estos extraordinarios espacios.

Estamos ante una nueva demostración de la diversidad natural de Andalucía. Flora, fauna, paisaje... están consolidados tanto en su consideración social como en la progresiva puesta en valor de sus potencialidades de desarrollo sostenible. La geodiversidad debe aflorar en este sentido, y el karst tiene todas las condiciones para hacer de vanguardia.

José Guirado Romero  
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA

## PRESENTACIÓN

La Gruta de Aracena en Huelva, la Cueva de Nerja en Málaga, o el Karst en yeso de Sorbas en Almería, son algunos enclaves sobradamente conocidos para la mayoría de los andaluces, que alguna vez admiraron su extraordinaria belleza o singularidad. Nos referimos al Patrimonio Geoespeleológico de Andalucía.

A caballo entre dos continentes Andalucía ha sido durante milenios crisol de culturas y sus cuevas contienen uno de los registros más importantes de Europa que están dando respuesta de cómo fue nuestro pasado remoto en cuanto a la climatología, flora, fauna y presencia humana.

En las cuevas de Andalucía se encuentran fenómenos geológicos naturales de extraordinaria belleza, con una enorme biodiversidad adaptada al medio subterráneo y el contenido de sedimentos con los testimonios de cómo fueron los pueblos que nos precedieron, huellas que merecen ser tenidas en cuenta a la hora de abordar la historia. En definitiva la cueva es un espacio que por sus peculiaridades ha permitido a lo largo del tiempo, la conservación del pasado más lejano y a nosotros nos toca afrontar el reto de su interpretación. Las cuevas son como un gran libro multidisciplinar, escrito en hojas fósiles, que solo los científicos pueden ir descifrando y sumarlo al enriquecimiento cultural de la sociedad andaluza y por ende, transmisible a la universalidad.

La espeleología es una actividad reciente pero no es tan reciente el interés que el hombre siente por los misterios que albergan las cavidades. Desde la esplendorosa época árabe vivida en Andalucía encontramos relatos vinculados a las cavernas y su entorno. Después, los cristianos las vincularon a sus mitos y creencias. Tal es el caso del demonio que vivía en la Cueva de Belda en el malagueño pueblo de Cuevas de San Marcos. O el relato en que se describe la Sima de Cabra como uno de los siete respiraderos del infierno en el que desde su boca se oyen los lamentos de los herejes que pegan sus pecados en las llamas eternas a las que da acceso esta sima.

Pasado unos años la ilustración trajo un interés por las cuevas que comenzó a tener necesidades de conocimientos sobre las ciencias naturales. El filósofo jiennense Eduardo J. Navarro, el arqueólogo granadino Manuel de Góngora y Martínez, el geólogo sevillano Gabriel Puig y Larraz o el arqueólogo malagueño Miguel Such son buena muestra del interés que, hacia finales del siglo XIX y principios del XX, sobre las cuevas existe en los ámbitos culturales andaluces.

El paso del tiempo ha ido poniendo en su sitio, ha ido decantando, una definición de la espeleología en su doble vertiente deportiva y científica. Son los espeleólogos los que abordan la búsqueda y exploración de las cuevas por todo el territorio andaluz. Los espeleólogos son los primeros que se asoman a la boca de los abismos para, con arrojo y destreza deportiva, adentrarse en ellas para explorarlas, medirlas y fotografiarlas y por fin divulgarlas dando pie así a que los científicos las estudien y desvelen sus misterios. Trabajos de geología, sobre la fauna o la arqueología prehistóricas que se pueden estudiar en sus restos adquieren un cuerpo formal que puede ser transmitido para el enriquecimiento personal de los andaluces.

Tienes en tus manos las páginas que han producido el esfuerzo colectivo de los espeleólogos andaluces científicos y exploradores.

Andalucía tiene un rico patrimonio natural e histórico del que hoy ponemos en tus manos una parte. Esperamos que tomes conciencia de la importancia que para la ciencia y la cultura tiene la Andalucía Subterránea.

José Antonio Berrocal Pérez  
PRESIDENTE DE LA FEDERACIÓN ANDALUZA DE ESPELEOLOGÍA

### Introducción Geoespeleológica al Karst de Andalucía

(José María Calaforra)

Andalucía puede considerarse como un territorio privilegiado en cuanto a la abundancia y variedad de formas kársticas presentes, tanto superficiales (epikársticas) como subterráneas (endokársticas). Del orden del 10% de la superficie de Andalucía es susceptible de karstificación. Calizas, pero también yesos, son las rocas más frecuentes que sufren los procesos de disolución y formación de cavidades, denominados genéricamente como karstogénesis o espeleogénesis.

Algunos ejemplos del karst andaluz son notables a nivel internacional, como el Torcal de Antequera y el Karst en yeso de Sorbas, junto con cavidades de renombre mundial como son la Cueva de Nerja y Sima GESM. Pero el Karst de Andalucía está constituido por otros muchos ejemplos, no tan conocidos, pero que por "cotidianos" casi les restamos importancia. En este sentido, hay que hacer notar que la inmensa mayoría de la superficie declarada como Espacio Natural Protegido por la Junta de Andalucía son terrenos kársticos (Sierra de Cazorla, las Sierras Subbéticas, El Torcal, el Karst de Sorbas, Sierra de Grazalema, el Cerro del Hierro, Sierra de María y un largo etcétera). Este hecho nos habla, intrínsecamente, de la importancia que ha tenido la protección de los entornos kársticos en Andalucía, aún cuando esta protección se basara, inicialmente, sólo en aspectos paisajísticos y bióticos. Hoy en día, la idea de que también es necesario trabajar en pro de la protección de la Geodiversidad va tomando cuerpo y fuerza. Sin duda, las cavidades son una parte muy importante de la valiosa geodiversidad andaluza. Al adentrarnos en las profundidades del subsuelo es cuando se empieza a vislumbrar la enorme belleza escondida bajo este curioso paisaje. Aparecen ante nuestros ojos intrincadas galerías, pozos y espeleotemas, clara expresión de la pasión que la Naturaleza tiene por la "arquitectura gótica". Cientos de formas petrificadas exclusivas de las cavidades y que sólo se pueden admirar en este Mundo Subterráneo. Algunas de ellas son exclusivas de las cavidades de Andalucía.

Durante el siguiente conjunto de Capítulos el lector se acercará a conocer este paisaje -poco conocido todavía- de dolinas, poljes, escarpados barrancos, caudalosos manantiales, extraños espeleotemas y profundas simas y pozos; una pequeña ventana al conocimiento de una parte del Patrimonio de Andalucía que, por desconocido, tal vez no lo hayamos valorado lo suficiente hasta ahora.

## FORMAS EXOKÁRSTICAS EN ANDALUCÍA

F. JAVIER GRACIA PRIETO  
JAVIER BENAVENTE GONZÁLEZ  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

**E**l karst es el resultado del proceso de disolución de una roca fisurada debido a la circulación de agua. Las rocas que más comúnmente experimentan este proceso se engloban en dos grandes conjuntos: carbonatos (calizas, dolomías, brechas calcáreas, calcarenitas, etc.) y evaporitas (yesos, anhidritas, sales, etc.). El proceso de karstificación da origen a un conjunto de formas y paisajes propios de las regiones kársticas, tanto en la superficie (exokarst) como en el interior de los macizos montañosos (endokarst). La aparición de distintas formas kársticas depende de la concurrencia de factores climáticos, estructurales y litológicos que favorezcan su desarrollo. Por ejemplo, en el caso de los carbonatos, su disolución se ve favorecida por un alto contenido en CO<sub>2</sub> en el agua, condiciones químicas de acidez y temperaturas bajas. Las formas exokársticas corresponden a las que se pueden observar a simple vista en la superficie de un macizo kárstico. Tienen aspectos muy variados y obedecen a procesos diferentes que actúan a escalas temporales y espaciales muy diversas: desde pequeñas microformas de disolución (lapiaces), pasando por depresiones simples (dolinas) y simas de tamaño mediano, hasta grandes depresiones de fondo plano de dimensiones kilométricas (poljes).

Andalucía posee una enorme riqueza de formas de origen kárstico, constituyendo una de las regiones mediterráneas con mayor proliferación de este tipo de paisajes. La gran espectacularidad de algunas de las zonas karstificadas en Andalucía ha dado lugar a diversos espacios protegidos, cuyo interés naturalístico y paisajístico principal está ligado al desarrollo de grandes y vistosas formas de origen kárstico [1]. Es el caso de los parques y parajes naturales del karst en yesos de Sorbas, el desfiladero de Los Gaitanes, el Torcal de Antequera o las sierras de Grazalema, subbética cordobesa, Aracena, Cazorla, Mágina, de las Nieves, etc. (Figura 1.1 y Tabla 1.1). Las razones de esta abundancia de formas kársticas están relacionadas con el clima mediterráneo dominante en la zona, la tectónica activa y la densa fracturación de los macizos rocosos, y especialmente porque en esta región afloran muchas rocas karstificables de muy diversa naturaleza. Predominan los carbonatos, la mayoría de ellos del Mesozoico (Jurásico y Cretácico), si bien las evaporitas también dan lugar localmente a formas exokársticas muy interesantes. A continuación haremos un repaso sucinto a las principales formas exokársticas, su origen y su desarrollo en el territorio andaluz.

### LAS MICROFORMAS KÁRSTICAS

**E**n general consisten en pequeñas incisiones de tamaño variable, habitualmente centimétrico a decimétrico, debidas a la acción del agua sobre la superficie rocosa. Reciben el

nombre genérico de lapiaz, y se dan tanto en la superficie desnuda de la roca como bajo el suelo, en la zona de contacto entre la roca y la cobertera edáfica. Son muy comunes en rocas carbonatadas, aunque también se han descrito en rocas evaporíticas como yesos y sales. Las formas generadas directamente por el agua de lluvia o por

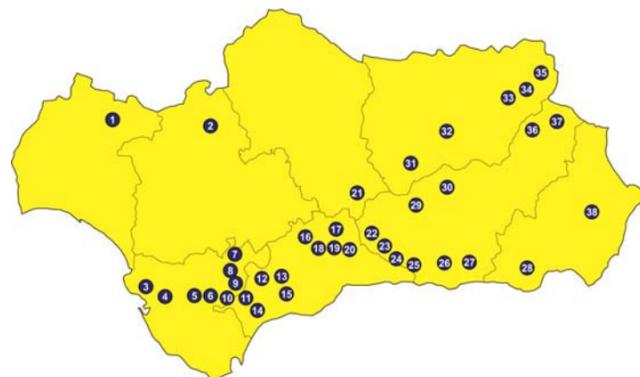


Figura 1.1. Localización de los principales macizos y regiones kársticas de Andalucía, con indicación de las formas exokársticas dominantes (Ver Tabla 1.1)

la escorrentía directa se agrupan dentro del llamado **lapiaz libre o desnudo**. Dependiendo de la pendiente de la superficie rocosa, su orientación, pureza de la roca, grado de fracturación, etc., el proceso de disolución da lugar a formas muy variadas [16] como pequeños regueros paralelos separados por crestas agudas, escalones, surcos rectos o meandriiformes y pequeñas cubetas de disolución.

Cuando la karstificación se produce en el contacto entre el suelo y la roca se habla de **lapiaz cubierto** y se forma por corrosión de la roca debido al alto contenido en CO<sub>2</sub> del suelo y al bajo pH ambiental derivado de los ácidos húmicos aportados por la vegetación [9]. Dentro de este conjunto destaca el llamado "lapiaz estructural", que forma estrechos pasillos y hendiduras rectilíneas a partir de la corrosión y ampliación de fracturas y diaclasas previas. Estos pasillos estructurales pueden llegar a alcanzar dimensiones importantes, con paredes de varios metros de altura y longitudes de cientos de metros, en cuyo caso reciben diversos nombres (grikes, bogaz, zanjón, etc.). En Andalucía destacan los zanjones del Cerro del Hierro (Constantina) y de Sierra Blanca (Marbella).

Tabla 1.1. Principales afloramientos kársticos de Andalucía

PRINCIPALES FORMAS EXOKÁRSTICAS DE LOS AFLORAMIENTOS KÁRSTICOS DE ANDALUCÍA						
Nombre	Lapiaz	Dolinas	Simas	Pojjes	Cañones	Otras
1) Sierra de Aracena	*	*				
2) Constantina-Cerro del Hierro	*	*		*		
3) Complejo lagunar de Puerto de Sta. María y Puerto Real		*				
4) Laguna de Medina		*				
5) Sierra de las Cabras					*	
6) Cerro de Las Motillas	*		*		*	
7) Sierra de Lijar	*	*	*			*
8) Sierra del Pinar	*	*	*			
9) Sierra del Endrinal-Caílo	*	*	*	*	*	
10) Sierra de Ubrique	*	*	*			
11) Sierra de Libar-Sierra del Palo y Cañón del Guadiaro	*	*	*	*	*	
12) Sierras del Oreganal, Hidalga y Blanquilla	*	*	*	*		
13) Sierra de las Nieves	*	*	*	*		
14) Sierra Crestellina	*					
15) Sierra Blanca	*					
16) Laguna de Fuente de Piedra		*				
17) Complejo lagunar de Campillos-Antequera-Archidona	*	*		*		
18) Sierras del Valle de Abdalajis y de La Pizarra	*	*			*	
19) Sierra de la Chimenea		*				
20) Torcal de Antequera	*	*				*
21) Sierra de Cabra	*	*	*	*	*	*
22) Sierra Gorda	*	*		*		
23) Sierra Alhama-Polje de Zafarraya	*			*		
24) Sierra Tejada		*				
25) Sierra Almjara	*	*				
26) Sierra de Lújar		*				
27) Sierra de la Contraviesa					*	
28) Sierra de Gádor	*				*	
29) Sierras del Hacho de Loja, Parapanda, Madrid y Obellar	*					
30) Sierra Arana	*	*				
31) Sierra de la Pandera	*	*			*	
32) Sierra Mágina	*	*				*
33) Cumbres de Sierra de Cazorla	*	*			*	
34) Lanchar de Linarejos-Valle del Borosa	*	*			*	*
35) Sierra de Segura	*	*	*	*	*	
36) Sierra de Duda					*	
37) Sierras de Huéscar	*	*				
38) Karst en yesos de Sorbas	*	*	*		*	*

También es común el lapiaz tubular, que forma oquedades cilíndricas y perforaciones, a veces generadas alrededor de raíces vegetales. No es raro encontrar formas de lapiaz cubierto expuestas en la superficie rocosa, lo que nos indica que tras su generación tuvo lugar una fase de desmantelamiento erosivo de la cobertera edáfica que las cubría.

Comúnmente las microformas kársticas aparecen agrupadas dando **campos de lapiaz**, cuyo desarrollo depende del tipo de roca (se dan mejor en calizas microcristalinas), de la topografía, la orientación, el régimen habitual de lluvias, etc. Existen numerosos ejemplos andaluces de espectaculares campos de lapiaz, cuyo desarrollo ha llegado a producir relieves ruiniiformes y acastillados muy vistosos (sierras del Endrinal, Ubrique, Libar, de las Nieves, Mágina, Cazorla, Pinar Negro, Torcal de Antequera). Por otro lado, también existen ejemplos espectaculares de microformas de disolución desarrolladas sobre evaporitas [14]. Por último, en zonas costeras se genera un tipo especial de lapiaz picudo y muy irregular, asociado a las salpicaduras del oleaje; en Andalucía el lapiaz litoral tiene un desarrollo modesto, centrado fundamentalmente en algunas zonas rocosas de la costa de Málaga.

**LAS DOLINAS**

Las dolinas son depresiones cerradas de dimensiones moderadas, con profundidades que oscilan entre unos pocos metros y más de 100 m. En planta suelen tener formas circulares o elípticas. Se originan por procesos de disolución en zonas favorables de la superficie o cerca de la superficie rocosa. Pueden encontrarse tanto aisladas como agrupadas en campos de dolinas. En su crecimiento, unas dolinas pueden unirse a otras para formar depresiones más amplias e irregulares, denominadas uvalas. Según su morfología las dolinas reciben varios nombres: en cubeta o artesa, en embudo, en pozo o ventana, etc. No obstante, se suelen utilizar criterios genéticos para su diferenciación ([9][12]):

1) **Dolinas de colapso** (Figura 1.2a). Se generan por el hundimiento de la superficie rocosa debido al desarrollo de galerías endokársticas de gran tamaño y cercanas a la superficie. Se favorecen cuando la roca se encuentra intensamente fracturada. Suelen tener paredes verticales y comúnmente reciben el nombre de simas. En Andalucía existen ejemplos muy espectaculares de estas cavidades, que con distinto desarrollo aparecen en casi todos los macizos kársticos principales de las Cordilleras Béticas (Tabla 1.1).

2) **Dolinas de disolución normal** (Figura 1.2b). Se generan en zonas de fácil disolución, que progresa paulatinamente a favor de diaclasas, fracturas y planos de estratificación. A menudo dan lugar a morfologías en embudo. Dado que los procesos de karstificación se ven favorecidos por las bajas temperaturas, es común que en áreas de montaña los procesos nivales se combinen con los procesos kársticos para dar lugar a extensos campos de dolinas en embudo (jous). En Andalucía destaca el campo de jous de Sierra Mágina, en Jaén [8].

3) **Dolinas de subsidencia** (Figura 1.2c). Se originan cuando la disolución tiene lugar bajo una cobertera de material suelto (generalmente depósitos aluviales). El agua se infiltra a través del material poroso y produce la disolución en el contacto con el

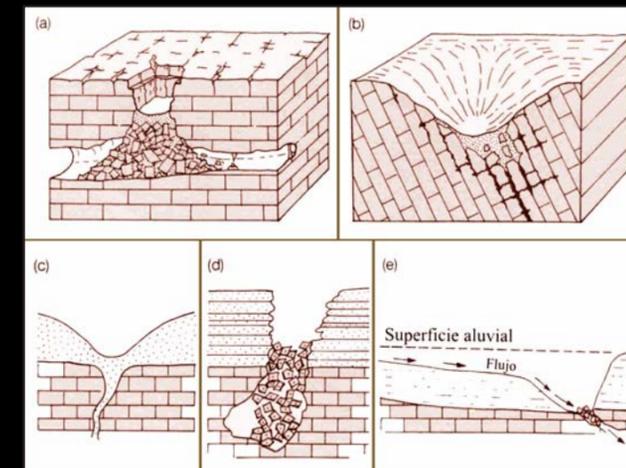


Figura 1.2. Principales tipos de dolinas (modificado de JENNINGS, 1985). a) dolina de colapso; b) dolina de disolución normal; c) dolina de subsidencia; d) dolina de karst subyacente; e) dolina-sumidero

Lapiaz en la Subbética (foto: J. Antonio Berrocal Pérez)



Nombre	Número de dolinas	(nº/km <sup>2</sup> )	Autor
Pinar Negro (S <sup>a</sup> Segura)	1880	80	López Limia, 1987
Sierra Gorda	1700	7,9	Pezzi et al., 1979
Karst de Sorbas	1100	91	Calaforra, 2004
Sierra Arana	285	16	Pezzi et al., 1979
Valle del Guadalhorce	25	3	Durán, 1984

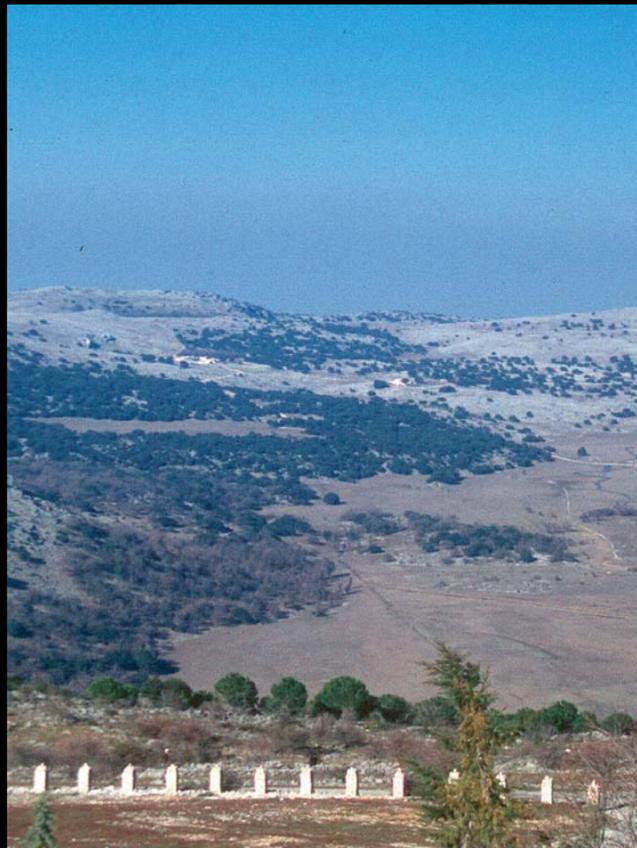
Tabla 1.2. Algunos ejemplos de campos de dolinas en Andalucía

substrato rocoso. En superficie estas dolinas suelen tener morfologías muy suavizadas, con pendientes tendidas y profundidad no muy acusada, llegando a alcanzar diámetros muy importantes. Cuando se genera la depresión, el agua de escorrentía arrastra partículas finas (limos, arcillas) del depósito superficial hasta el fondo de la dolina, que de esta manera queda sellado. Se forman así lagunas más o menos extensas, cuya persistencia depende del grado de impermeabilización de su fondo. Este tipo de depresiones lacustres son muy comunes en casi todos los afloramientos evaporíticos de Andalucía, tanto del Triásico como del Mioceno, y a menudo se concentran dando complejos endorreicos de gran interés paisajístico y ecológico (Laguna de Fuente de Piedra, Laguna de Medina, complejos lacustres de Puerto de Santa María, Puerto Real, Campillos, Archidona, etc.).

4) **Simas de karst subyacente** (Figura 1.2d). A diferencia del caso anterior, se forman cuando la cobertera está constituida por una unidad rocosa no karstificable, con un comportamiento mecánico frágil. De este modo se generan simas muy similares a las dolinas de colapso, aunque en superficie no llega a aflorar la roca karstificable. Se trata de un caso poco común, que en Andalucía se limita a determinadas dolinas desarrolladas sobre brechas de piedemonte en las laderas de algunas sierras de Málaga [15].

5) **Dolinas-sumidero** (Figura 1.2e). Se trata de dolinas que constituyen puntos de entrada de flujos hídricos superficiales hacia el interior del macizo kárstico. Se localizan habitualmente en los fondos de poljes, donde funcionan como puntos de absorción del drenaje superficial de estas grandes depresiones. En Andalucía son muy habituales en los principales poljes, y a menudo presentan paredes verticales con morfología de sima (simas de Villaluenga,

Polje de Líbar. Málaga (foto: Francisco Gutiérrez)



Polje de Cabra, Córdoba (foto: F. Javier Gracia)

de Líbar, del Republicano, etc.). Un caso especialmente espectacular es la Sima del Hundidero, en el complejo kárstico de Líbar (Montejaque), donde el río Gadares penetra en el macizo rocoso a través de una dolina-sumidero de grandes dimensiones y paredes muy escarpadas [4].

Los campos de dolinas conforman paisajes comunes en los macizos kársticos andaluces, con dimensiones muy variables (Tabla 1.2). Se desarrollan sobre superficies relativamente planas y horizontales y dan lugar a una topografía irregular donde las dolinas están separadas unas de otras de manera más o menos homogénea. Destaca el campo de dolinas de "Los Hoyones", en la plataforma de Jarcas (al sur de la Sierra de Cabra), con espectaculares morfologías en embudo. A menudo las dolinas presentan un fuerte control estructural, manifestado tanto por la forma alargada de las depresiones como por su alineación siguiendo directrices tectónicas muy marcadas.

## LOS POLJES

El término polje, de origen eslavo, se refiere a grandes depresiones cerradas con fondos muy planos labrados sobre rocas calizas. Generalmente estas depresiones aparecen alargadas y orientadas paralelamente a las directrices tectónicas dominantes. Los bordes de los poljes normalmente están formados por laderas más o menos abruptas sobre calizas muy karstificadas.

La génesis de estas depresiones está relacionada con el rebajamiento de la superficie del terreno por disolución kárstica superficial, o bajo una cobertera edáfica. La topografía plana se debe a procesos de corrosión que actúan debajo de la cobertera aluvial (planación por corrosión) y que están controlados por la posición del nivel freático [7].

Estas depresiones kársticas pueden estar formadas por una secuencia escalonada de superficies de corrosión, que constituyen restos de antiguos fondos de polje y que registran periodos alternantes de profundización vertical y de planación lateral. La hidrología de los poljes se caracteriza por un drenaje subterráneo a través de sumideros o ponors. A favor de estos puntos el agua de lluvia penetra en el interior del macizo kárstico; no obstante, en periodos de elevada pluviometría, el nivel freático del macizo puede subir tanto que el agua es expulsada hacia fuera a través de estos mismos sumideros, lo que lleva a la inundación temporal del fondo del polje ([9][16]). Generalmente, el substrato calcáreo del fondo del polje está cubierto por una fina capa de material aluvial, con una topografía de una planitud casi absoluta.

Los poljes de la Cordillera Bética tienen un claro origen tectónico [10]. Algunos de ellos están limitados por fallas y originalmente ligados a depresiones o fosas tectónicas (poljes de la Sierra de Líbar), mientras que otros están asociados a cabalgamientos (poljes de la Sierra de Cabra), o a estructuras tectónicas más

complejas (Zafarraya). La mayoría de ellos tienen de 2 a 4 km de longitud y no más de 1 km de anchura. El de Zafarraya es el polje más importante de los aún funcionales en España y sufre inundaciones periódicas al igual que otros grandes poljes andaluces, como los de Líbar y Pozuelo (Sierra de Líbar) o el de Cabra (Sierra Subbética de Córdoba). Por otro lado, aunque la formación de poljes en evaporitas es menos frecuente, también se han descrito este tipo de morfologías en los complejos kársticos de Antequera-Archidona [3].

Cuando los procesos de karstificación pierden intensidad, bien porque las nuevas condiciones climáticas no favorecen la disolución, o bien porque el rebajamiento kárstico del relieve hace aflorar materiales menos solubles, la evolución química del relieve se ralentiza. Pasa entonces a tomar protagonismo la erosión mecánica ligada a la actividad fluvial, que puede dar lugar a la captura de las dolinas y poljes generados hasta ese momento. Muchos de los poljes andaluces son abiertos, es decir, están en la actualidad drenados total o parcialmente por la red fluvial y su dinámica kárstica actual es prácticamente inactiva. Es el caso de los afloramientos carbonatados cámbricos de Sierra Morena, donde se han descrito hasta ocho diferentes paleopoljes distribuidos por el norte de las provincias de Huelva, Córdoba y especialmente Sevilla, en el sector Cazalla-Constantina [5]. La captura fluvial y posterior evolución de los poljes consiste habitualmente en un cambio de su perfil transversal, que de una

Relieve acastillado, Sierra de el Torcal, Antequera (foto: J. Antonio Berrocal)

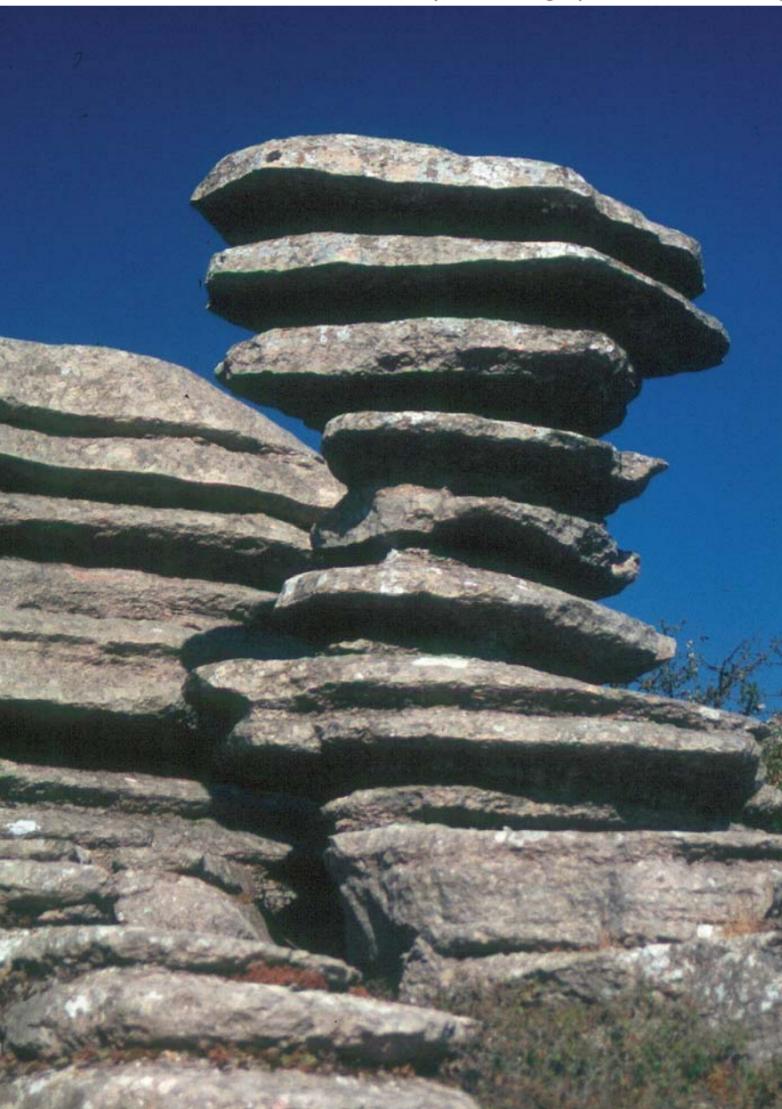


sección original en U, típicamente kárstica, suele evolucionar hacia secciones en V, típicamente fluviales [4].

### OTRAS FORMAS DE RELIEVE KÁRSTICO

Dada la proliferación de simas, sumideros y puntos de absorción de agua en los macizos kársticos, el flujo hídrico generalmente circula en profundidad y es raro encontrar valles fluviales en paisajes kársticos. No obstante, existen casos en los que la red fluvial capta sus aguas fuera de la región kárstica y durante su trayecto cruza el macizo kárstico. Si no existen suficientes puntos de absorción del agua superficial, se llegan a formar valles continuos con caudal más o menos permanente. Estos valles, llamados "alógenos", suelen formar cañones y gargantas asociadas a una intensa excavación vertical del canal y a una muy limitada migración lateral del cauce. En las paredes y lechos de estos cañones son muy comunes las formas de origen kárstico, como galerías y conductos, pequeñas simas, lapiares de distinto tipo, formas turriculadas, etc. En Andalucía los cañones kársticos son muy numerosos y espectaculares, entre los que destacan los asociados al valle del Guadalhorce (Málaga) al sur de

"El Tornillo", Torcal de Antequera, Málaga (foto: F. Javier Gracia)



la Sierra del Valle de Abdalajís (Cañón de los Gaitanes, desfiladero del Chorro).

Otras veces los sumideros son capaces de absorber en su totalidad el caudal fluvial, dando lugar a "valles ciegos", donde la pérdida de flujo hídrico puede ser progresiva o bien localizada en un punto (Sima del Hundidero). Del mismo modo, los flujos subterráneos pueden aflorar a la superficie dando lugar a surgencias importantes que alimentan a ríos periféricos al macizo (Cueva del Gato, Málaga) y que originan a veces "valles en saco" directamente alimentados por manantiales kársticos (Molino del Santo, en Benaoján). Pero lo más común es encontrar pequeños valles secos, donde la absorción es muy superior al caudal normal, y que fueron funcionales en épocas climáticas anteriores, más húmedas (Sierra del Endrinal y Cañón de las Motillas, en Cádiz).

En los valles kársticos asociados a surgencias importantes es común encontrar depósitos resultantes de la precipitación bioquímica del carbonato cálcico aportado por los flujos kársticos. Se producen así los complejos travertínicos que dan origen a morfologías deposicionales muy espectaculares como cascadas, pozas, cortinas, etc., características de valles kársticos (Valle del Borosa y Lanchar de Linarejos en Cazorla, Sierra Norte de Sevilla, etc.).

Finalmente, los procesos de erosión mecánica combinados con la disolución kárstica diferencial dan lugar a veces a formas caprichosas y muy espectaculares, como torres y pináculos ("frailes" y "monjas" de Sierra Mágina), "formas hojaldradas" (como el "tornillo" del Torcal de Antequera), relieves acastillados y ruñiformes (Sierra de Lijar y Macizo de Algodonales). Por otro lado, el karst en yesos produce abombamientos muy característicos en las capas más superficiales, conocidos como "túmulos" [14].

Dolina de colapso en los yesos de Sorbas (foto: Jabier Les)



Sumidero (ponor) en el polje de Zurraque, Málaga (foto: F. Javier Gracia)

### REFERENCIAS

- [1] ALONSO OTERO, F. (1998). "Historia y desarrollo de las investigaciones sobre el modelado kárstico en Andalucía". En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J. López, eds.), I.G.M.E., 21 - 29.
- [2] CALAFORRA, J.M. (2004). "El karst en yeso de Sorbas, un recorrido subterráneo por el interior del yeso". Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 88 p.
- [3] C., J.M. y PULIDO BOSCH, A. (1999). "Gypsum karst features as evidence of diapiric processes in the Betic Cordillera, Southern Spain". Geomorphology, 29, 251 - 264.
- [4] DELANNOY, J.J. (1998). "Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las serranías de Grazalema y de Ronda". En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J. López, eds.), I.G.M.E., 93 - 129.
- [5] DÍAZ DEL OLMO, F.; BAENA, R. y ALVAREZ, G. (1998). "Karst y paleokarst de Sierra Morena (Sector Ossa Morena, Hespérico meridional)". En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J. López, eds.), I.G.M.E., 87 - 92.
- [6] DURÁN, J.J. (1984). "Evolución geomorfológica del cañón del río Guadalhorce en el Triás de Antequera (Archidona, Málaga)". Cuad. Inv. Geográfica, Logroño, T. X (1-2), 43 - 54.
- [7] FORD, D. y WILLIAMS, P. (1989). "Karst Geomorphology and Hydrology". Chapman & Hall, London, 601 p.
- [8] GARCÍA-ROSSELL, L. y PEZZI, M.C. (1975). "Un karst mediterráneo supraforestal en Sierra Mágina (Jaén). Condicionamientos geológicos y geomorfológicos". Cuad. Geografía Univ. Granada, Monogr. 1, 19 - 57.
- [9] JENNINGS, J.N. (1985). "Karst geomorphology". Blackwell, 293 pp.
- [10] LHÉNAFF, R. (1998). "Los poljes de Andalucía". En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J. López, eds.), I.G.M.E., 55 - 58.
- [11] LÓPEZ LIMIA, B. (1987). "Geomorfología del karst de Pinar Negro (Sierra de Segura, Jaén)". Lapiatz, Monogr. 2, 55 p.
- [12] NICOD, J. (1972). "Pays et paysages du calcaire". Ed. Presses universitaires de France, París, 239 p.
- [13] PEZZI, M.; MUÑOZ ROJAS, A. y MOLINA ESPINAR, V. (1979). "Análisis de la relación entre dolinas y fracturas de algunos paisajes kársticos de las Cordilleras Béticas". Actas VI Coloquio de Geografía, Palma de Mallorca, 101 - 107.
- [14] PULIDO BOSCH, A. (1986). "Le karst dans les gypses de Sorbas (Almería). Aspects morphologiques et hydrogéologiques". Karstologia Mémoires, 1, 27 - 36.
- [15] RUBIO CAMPOS, J.C.; CALAFORRA, J.M.; MOLINA, A.L. y DELGADO, J. (1993). "Procesos kársticos en brechas de pie de monte al norte de la Sierra de la Chimenea (Málaga, Cordilleras Béticas)". En: 2ª Reunión del Cuaternario Ibérico, Madrid. AEQUA y GTPEQ, vol. 1, 141 - 146.
- [16] SWEETING, M. (1973). "Karst landforms". Columbia Univ. Press, New York, 362 p.

## 2

## HIDROGEOLOGÍA DEL KARST DE ANDALUCÍA

ANTONIO PULIDO-BOSCH  
FERNANDO NAVARRETE  
JOSÉ MARÍA CALAFORRA  
ÁNGELA VALLEJOS  
FRANCISCO SÁNCHEZ-MARTOS  
LUIS MOLINA  
JUAN GISBERT

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL" UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

MANUEL LÓPEZ-CHICANO  
WENCESLAO MARTÍN-ROSALES  
MARÍA LUISA CALVACHE

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL" UNIVERSIDAD DE GRANADA

Andalucía es una comunidad claramente privilegiada en lo que a la existencia de acuíferos kársticos se refiere, englobando una gran gama de tipos. Además, los estudios científicos y técnicos en tal dominio son muy numerosos y de gran relevancia en el ámbito de la investigación. Por sus características litológicas, los acuíferos kársticos suelen dar relieves positivos que dominan el paisaje; debido a ello, son áreas poco pobladas y de morfología quebrada con singular belleza que favorece notablemente la infiltración, que frecuentemente supera el 50% de la precipitación caída. Es por ello que se prestan a ser áreas protegidas bordeadas de caudalosos manantiales de agua de gran calidad sin muestras de contaminación, al no existir en esos macizos focos de polución. Andalucía cuenta con 146 espacios protegidos de los que posiblemente la mitad incluyen terrenos kársticos dentro de sus límites.

### INTRODUCCIÓN

El término karst, desde el punto de vista hidrogeológico, tiene unas características muy definidas e indica que se trata de un medio de elevada heterogeneidad donde se ha desarrollado un flujo preferencial manifiesto, con eventual régimen turbulento, en el que la capacidad de almacenamiento es baja en general, pero el tiempo de tránsito es muy rápido. Si empleáramos el término acuífero carbonático estaríamos frente a un concepto mucho más amplio, pues englobaría desde los medios de flujo difuso, de características parecidas al medio de porosidad intergranular, hasta el medio constituido por grandes conductos y cavidades, con todos los tipos intermedios posibles ([38][39]).

Es por eso que en lo que sigue nos vamos a referir esencialmente al medio carbonático en general, aunque hagamos más énfasis en los acuíferos kársticos sentido estricto, en lo que al flujo se refiere.

En realidad, en la evolución hidrogeológica de un macizo carbonático juegan un papel importante tanto factores intrínsecos de la roca (composición, textura, estructura, fisuración, fracturación y otras discontinuidades...) como factores externos tales como dimensiones, pendientes, climatología y más precisamente precipitación media y su distribución espacial y temporal.

El interés de estos acuíferos es manifiesto, tanto desde el punto de vista económico y de aprovechamiento, como desde el punto de vista ambiental. Se trata de macizos que suelen dar relieves positivos muy poco poblados y con prácticamente ausencia de focos de contaminación. Por otro lado, la existencia de vías rápidas de acceso del agua en cantidades masivas y frecuentemente en régimen turbulento, hacen que la infiltración media en ellos sea cercana al 50% de la precipitación caída. En consecuencia, se trata de grandes cantidades de agua de buena calidad que, en muchos

casos, no han sido objeto de explotación o ésta es pequeña. Un valor orientativo de los recursos es 2000 hm<sup>3</sup>/año [4]. Su contribución al caudal de base de los ríos es, pues, muy relevante.

A todo ello podemos añadir los materiales kársticos hipersolubles que, en el caso andaluz, alcanzan un notable desarrollo. Se trata esencialmente de los yesos triásicos y messinienses, como constituyentes de los afloramientos más extensos y que contienen sistemas únicos en el mundo ([5][34]).

Sistema	Superficie (km <sup>2</sup> )	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)
Alto Guadalquivir-S. Jaén-Cabra	2530	995
Alto Guadiana Menor	315	55
Sierra de Baza	330	100
Padul-La Peza	300	120
Alto Genil	270	100
Serranía de Ronda-S. Estepa	500	270
Sierras Banca-Mijas	185	60
Los Torcales	100	55
Sierra Gorda	300	140
Sierras Tejeda-Almijara	425	135
Sierra de Gádor-Turón-Peñagolosa	750	150
Sierras Estancias-Filabres	150	30

Tabla 2.1. Principales sistemas o grupos de acuíferos andaluces, agrupados por proximidad geográfica, con indicación de la superficie aflorante orientativa y un orden de magnitud de la alimentación media anual (modificado de Benavente et al., 1986)

### TIPOLOGÍA DE LOS ACUÍFEROS KÁRSTICOS DE ANDALUCÍA

Como ya hemos indicado, los macizos carbonáticos pueden integrarse entre los extremos que conformarían los de flujo difuso y los de flujo muy concentrado, tipo conducto kárstico o "río subterráneo". Mediante los análisis de correlación y espectral es siempre posible cuantificar ese comportamiento, a condición de disponer de datos de caudales de las surgencias y de las lluvias caídas sobre el macizo con un tiempo de medida de varios años, a ser posible con datos diarios o a un paso de tiempo inferior ([20][27][28]).

Los estudios iniciados en los ochenta pusieron de manifiesto la singularidad de los acuíferos kársticos andaluces, y muy especialmente del acuífero de El Torcal de Antequera de características relativamente similares a las de los acuíferos de porosidad intergranular, permitiendo su modelización con las herramientas de aquellos [33]. De hecho, Mangin [20] propone a este acuífero como tipo caracterizador de la mayor inercia conocida hasta esas fechas en las respuestas de surgencias kársticas.

Estudios más recientes ponen de manifiesto que esta característica es común a muchos sistemas mediterráneos posiblemente generados bajo condiciones climáticas más húmedas que las actuales, por lo que podrían tener redes kársticas "sobredimensionadas" en las

condiciones actuales. En la figura 2.1 se muestra el correlograma simple del manantial de La Villa, drenaje principal de El Torcal, comparado con los de otras surgencias kársticas. Se puede constatar que la inercia del sistema drenado por el manantial de la Villa es notablemente superior a la de los otros tres, de respuesta mucho más rápida indicativa de un tiempo de tránsito mucho menor.

Eso no impide que existan acuíferos kársticos en sentido estricto e incluso casi tipo "río subterráneo". Posiblemente el que más se aproxime a ello sea el del sistema Hundidero-Gato en la sierra de Líbar, conectado con la presa de Montejaque, en el río Guadares, con caudales punta cercanos al centenar de metros cúbicos [1], aunque con estiajes probablemente más amortiguados que otras surgencias típicas, como el nacimiento del río Mundo que drena el Calar del Mundo, en las provincias de Albacete y Jaén.

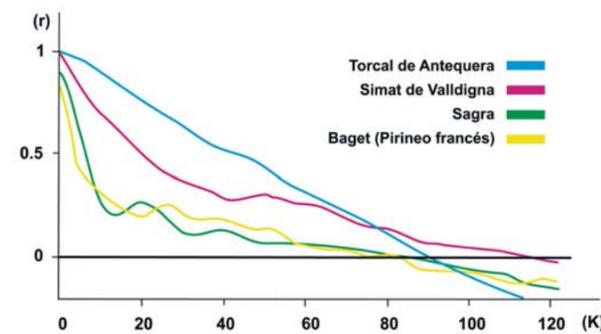


Figura 2.1. Correlograma del manantial de La Villa (Torcal de Antequera) comparado con los de otros manantiales kársticos

Los datos existentes sobre las propiedades hidráulicas de la matriz de los acuíferos kársticos no son muy numerosos, aunque sí que ya hay datos suficientes como para afirmar que cubren un amplio rango de valores -de varios órdenes de magnitud- tanto en lo que a conductividad hidráulica se refiere como a porosidad, almacenamiento específico y drenabilidad relativa [35], lo que parece apoyar la hipótesis de que la matriz de la mayoría de los sistemas kársticos andaluces contribuye pobremente al almacenamiento y transmisión del agua, aunque podría explicar ciertos procesos relacionados con el vaciado-llenado en áreas sobreexplotadas.

En la Figura 2.2 se indican los principales afloramientos de carbonatos y de yesos andaluces y en la Tabla 2.1 se indican los principales grupos de sistemas acuíferos andaluces. Recordemos que los primeros -que podemos denominar kársticos sentido estricto- están representados tanto en el Macizo Hespérico -sierra Morena- como en las Cordilleras Béticas y, dentro de ellas, en cualesquiera de los tres dominios: Bético, Subbético y Prebético. Se trata de mármoles, calizas y dolomías de edades muy diferentes. Los terrenos evaporíticos adquieren amplio desarrollo en el Trías germano-andaluz de facies Keuper, y en el Messiniense. En los primeros pueden coexistir núcleos diapíricos de sal con grandes espesores circundantes y/o suprayacentes de yesos. El caso más

espectacular es el relacionado con el embalse de la Toba en el río Guadalhorce en cuyo borde se sitúan los manantiales de Meliones, hipersalinos, que "contaminan" las aguas del embalse [7]. Esos mismos afloramientos triásicos dan lugar a algunas surgencias hipersalinas en Fuente Camacho, ya aprovechadas por los romanos [6].

En el Macizo Hespérico hay algunos afloramientos marmóreos y calizos paleozoicos, en general de dimensiones reducidas, algunos

muy conocidos por su interés minero, como es el caso del Cerro del Hierro en la provincia de Sevilla, cuya explotación ancestral ha puesto al descubierto formas kársticas muy singulares bajo el relleno ocupado por el mineral. Sin embargo, su interés y conocimiento hidrogeológico no es muy profundo. Algo similar se puede decir de los afloramientos de mármoles del Bético s. str. que hay en Sierra Nevada.

Panorámica de la presa del embalse de Montejaque (Málaga), inicio y recarga superficial del sistema Hundidero-Gato. Fue uno de los primeros fracasos hidráulicos en nuestro país relacionado con acuíferos kársticos (foto: J. Enrique Sánchez)



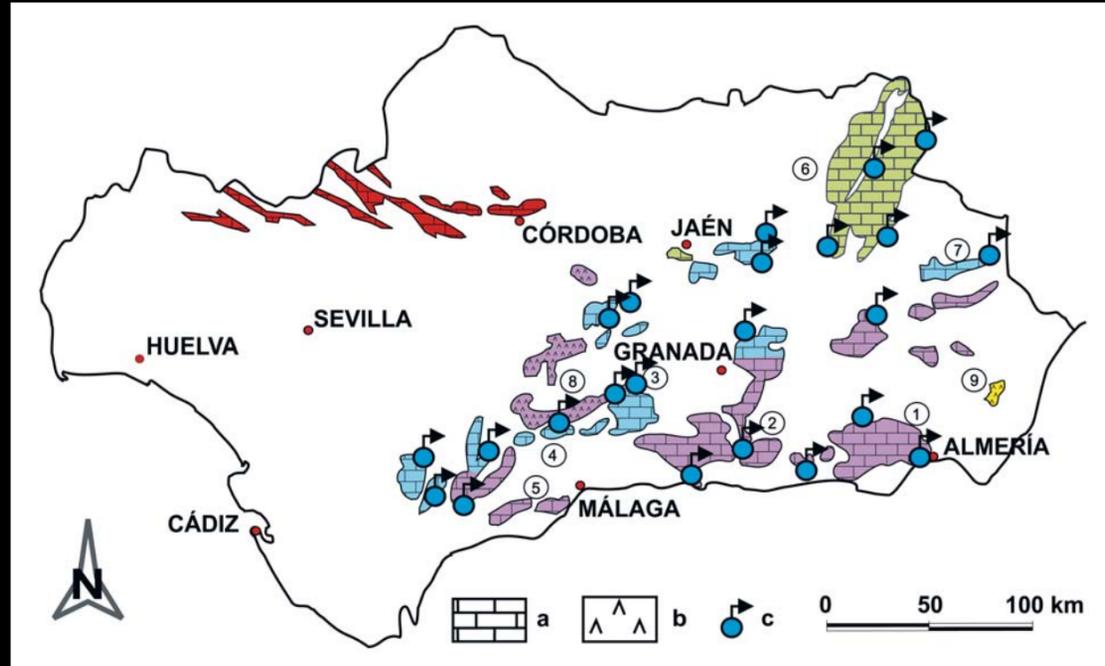


Figura 2.2. Esquema de la ubicación de los macizos kársticos más relevantes de Andalucía. a: calizas y/o dolomía; b: yesos y evaporitas; c: manantial. 1: sierra de Gádor; 2: sierra de Lújar-Tejada-Almijara y borde de sierra Nevada y Harana; 3: sierra Gorda; 4: Torcal; 5: sierras de Mijas y Torremolinos; 6: Alto Guadalquivir; 7: sierras de Orce y María; 8: trias de la cabecera del Guadalhorce; 9: yesos de Sorbas. En rojo, macizo hespérico; en verde macizos prebéticos; en azul, subbéticos y/o penibéticos; en violeta, alpujárrides

### Alpujárride

Los materiales alpujárrides cubren una notable superficie en la parte oriental de Andalucía, una parte de los cuales está constituida por rocas carbonáticas (calizas, dolomías más o menos marmorizadas) a veces intensamente fisuradas (brechas tectónicas). Los procesos de brechificación son especialmente visibles en las dolomías, que podrían considerarse como acuíferos fisurados bastante homogéneos a lo largo de distancias relativamente grandes. El manto de Trevenque en las proximidades del cerro de mismo nombre sería un buen ejemplo de ello [29]. Por el contrario, los terrenos más calizos o calizo marmóreos muestran indicios de un cierto comportamiento kárstico aunque siempre dentro de una relativa homogeneidad deducida de los rendimientos elevados y bastante similares en acuíferos como los del Campo de Dalías, por ejemplo. El manto de Lújar (equivalente al de Gádor hacia el Este) sería el que ocupa mayor extensión.

Además de la orla próxima de acuíferos carbonáticos alpujárrides de sierra Nevada, destacan otros tres, por su importancia y profundidad de los estudios llevados a cabo en ellos. Se trata de sierra de Lújar en la provincia de Granada, sierra de Gádor en la de Almería, y sierras Blanca-Mijas en Málaga. Numerosas publicaciones y, especialmente, la realización de tesis doctorales en todas ellas ([1][2][22][21][26][36][37]). Mientras que los dos últimos sistemas están intensamente explotados, la sierra de Lújar mantiene un régimen prácticamente natural. Este sistema es bastante complejo y completo, en lo que a variedad de elementos que intervienen en su funcionamiento se refiere: relaciones río-acuífero complejas; existencia de un gran embalse en su entorno

(Rules); y posible flujo profundo con anomalía térmica positiva. Los manantiales de Albuñol fueron inicialmente relacionados con Lújar aunque posteriormente se ha apuntado la posibilidad de que correspondan exclusivamente al drenaje de su propia cuenca vertiente, explicando el termalismo como consecuencia del gran espesor de la serie acuífera, que puede superar el millar de metros, lo cual justificaría la existencia de flujos profundos y fenómenos convectivos [11].

La sierra de Gádor es considerada el área de alimentación del sistema de mayor interés económico almeriense: el Campo de Dalías, aunque parte del mismo drena hacia la cuenca del río Andarax [36]. El hecho de que existan dos unidades alpujárrides superpuestas en la mitad oriental confiere una mayor complejidad a ese sector, favorecido por el hecho de que la serie carbonática tiene intercalaciones y tramos de calcoesquistos de baja permeabilidad ([21][37]). Con algo más de 600 km<sup>2</sup> de superficie y un valor de infiltración cercano al 50%, la sierra de Gádor puede recibir una recarga media anual del orden de 150 hm<sup>3</sup>, lo que le convierte en el mayor sistema hidrogeológico de toda la provincia, sin contar sus prolongaciones y conexiones con el Campo de Dalías (330 km<sup>2</sup>) y con el acuífero detrítico del Andarax. La descarga principal del sistema, en régimen natural, se producía directamente al mar Mediterráneo en los manantiales de Aguadulce que dieron nombre a la pedanía de Roquetas de Mar. Con la explotación intensiva iniciada en los sesenta, la descarga a través de manantiales se ha visto muy mermada, aunque siguen existiendo algunos en el borde noroccidental en el Andarax que se

explican por la notable compartimentación que los tramos de calcoesquistos provocan, dando lugar a niveles colgados, independientes o con escasa conexión con los puntos de gran bombeo.

Las sierras Blanca y Mijas, esencialmente marmóreas, constituyen sendos sistemas relativamente complejos [2] drenados por numerosas surgencias algunas de las cuales se han agotado tras la explotación intensiva de los últimos 30 años. Con medio centenar de cavidades, en general de escaso desarrollo, ambas sierras no parecen manifestar una elevada karstificación, salvo en el borde occidental de sierra Blanca, en donde las surgencias registran acusadas respuestas a las precipitaciones, con bruscas fluctuaciones de caudal.

Las sierras de Tejada-Almijara constituyen asimismo un extenso sistema acuífero complejo de características detalladas desigualmente conocidas. Con una serie carbonática muy potente y existencia de niveles dolomíticos altamente tectonizados, intercalaciones de calcoesquistos y superposición de unidades diferentes, con descarga en la cara Norte y en el borde meridional -manantiales de Frigiliana y posibles salidas directas al mar-, es el asiento de una de las cavidades turísticas más visitadas de Andalucía, las cuevas de Nerja.

Surgencia de Zarzalones en Yunquera - Sierra de las Nieves  
(Foto: José Enrique Sánchez)



### Penibético

Este dominio es de transición entre las Zonas Internas y Externas, aunque dentro de la segunda. Alcanza su máximo desarrollo en la serranía de Ronda [22]. Hacia el Este pasa a confundirse con el dominio Subbético Interno. Las serranías de Grazalema y Ronda, que engloban materiales del Penibético y Subbético s. str. y con materiales calcareníticos miocenos [9], encierran acuíferos kársticos del máximo interés, incluyendo las sierras de Líbar y Yunquera-Nieves ([13][16]) donde se desarrollan el sistema Hundidero-Gato y sima GESM, con grandes surgencias y una explotación casi inexistente. Los ríos Grande (625 L/s), Verde (550 L/s) y Genal (400 L/s) tienen su origen en las surgencias que drenan la unidad Yunquera-Nieves, de 165 km<sup>2</sup> de superficie. Se trata de aguas de facies bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica, cuando las dolomías participan en el almacenamiento y transmisión.

Posiblemente el sistema mejor conocido sea el Torcal de Antequera, bastante bien individualizado, aunque algunos autores encontraron indicios de alguna salida oculta, cuyo punto de drenaje más relevante es el manantial de La Villa, utilizado en el abastecimiento a la ciudad de Antequera. La surgencia principal, situada a 586 m sobre el nivel del mar, junto con la de los Berros,



Manantial de La Villa en plena descarga (marzo de 1998), principal surgencia del Torcal de Antequera (foto: Ángela Vallejos)

única de las 14 inventariadas que supera los 3 L/s, ha sido medida en continuo desde 1974. Su caudal ha variado entre 1785 L/s y cero en periodos de sequía y de funcionamiento de los pozos perforados en las proximidades de la surgencia. El manantial de La Villa muestra una gran inercia y memoria superior a 70 días. Es por ello que el Torcal ha sido considerado como tipo de acuífero de comportamiento similar a un medio intergranular, aunque con particularidades kársticas indiscutibles.

#### Subbético

Los materiales dolomíticos y calizos liásicos son los de mayor interés hidrogeológico, aunque localmente pueden existir tramos jurásicos más recientes. Posiblemente Sierra Gorda constituya el sistema más paradigmático. Tiene surgencias en numerosos puntos de su periferia [16], sin descartar salidas directas al río Genil. El polje de Zafarraya se encuentra estrechamente relacionado con este sistema, al que alimenta a través de varios ponors. Los datos de balance ponen de manifiesto que la infiltración es cercana al 50 % de la precipitación, superando 120 hm<sup>3</sup>/año como valor medio. A pesar de las cotas topográficas elevadas, la explotación ha aumentado de manera considerable en los últimos veinte años, dando lugar a ligeras muestras de vaciado, muy especialmente en

los bordes meridional y SE (poljes de Zafarraya y la Dona-Dedil). El Hacho de Loja es un macizo mucho más pequeño, pero muy interesante. Los materiales acuíferos son muy similares a los de Sierra Gorda, de la que lo separa el río Genil.

Ocupan también una extensión notable los macizos del Subbético de Córdoba. Incluyen numerosos macizos, como los de las sierras de la Cabra-Alcaide [19], en general poco explotadas. Los numerosos manantiales que drenan estos macizos presentan caudales variables, destacando los de Fuente del Río (470 L/s, con puntas de 1500 L/s) y Alhama (360 L/s). Son aguas bicarbonatadas cálcicas de contenido salino relativamente bajo, aunque las evaporitas triásicas pueden hacer que aumenten las sales en algunos sectores.

Sierra Magina, también protegido, como tantos otros macizos kársticos andaluces (Torcal, Subbético de Córdoba, Grazalema, María-Los Vélez, Tejeda, Almijara y Alhama, Baza, Castril, Huétor, Cazorra, Segura-Las Villas, de las Nieves...) sería asimismo otro ejemplo muy espectacular de acuífero kárstico subbético escasamente explotados y de recursos considerables. Con cumbres superiores a 2000 m y escarpado relieve, las precipitaciones en forma de nieve son frecuentes en otoño y, especialmente, invierno.

Se pueden superar los 600 mm/año en las cumbres, aunque en el borde SE no se superan los 400 mm/año. Hay numerosas cavidades inventariadas (cueva del Aire, sima de la Encantá, sima del Pozo...), aunque no se han descrito grandes complejos subterráneos.

De mucha menor envergadura sería el acuífero de Parapanda [8] o el de Sierra Elvira, estrechamente relacionado con el acuífero de la Vega de Granada, en todos ellos las calizas y dolomías jurásicas fuertemente fracturadas, plegadas y karstificadas, constituyen la edad dominante de las formaciones carbonatadas. Otras unidades hidrogeológicas dentro del Subbético serían las de Jabalruz, La Sagra, Orce-María-Gigantes, todas ellas escasamente explotadas y con gran potencialidad. Los macizos kársticos que integran el Subbético de Córdoba son igualmente de notable interés.

#### Prebético

Los manantiales del Castril y Guardal, en un entorno especialmente singular, drenan sierra Seca ([24][25]); Características hidrológicas de sierra Seca (Granada y Jaén). Con cerca de 500 L/s y concentración salina equivalente a conductividades inferiores a 300 microS/cm, los manantiales de Natividad y Fuente Alta tienen un notable interés medioambiental.

Los materiales yesíferos también pueden estar relacionados con áreas kársticas. Manantial de los Molinos del Río Aguas (Almería) con galerías de origen árabe horadadas en la roca yesífera (foto: Andrés Pérez)



#### Rocas evaporíticas

Los yesos triásicos y messinienses juegan un papel importante en algunos entornos, sea por dar lugar a surgencias de cierto interés (Molinos del Río Aguas) o porque generan surgencias de elevado contenido salino con efecto sobre el entorno. Dentro de los afloramientos triásicos evaporíticos destacan los del sector Gobantes, Antequera, Fuente Camacho. En este último núcleo hay una surgencia de escaso caudal pero de contenido salino muy elevado. Por su importancia económica, se pueden señalar las surgencias saladas de Meliones, en la cola del embalse de Guadalhorce, que ha dado muchos problemas a los gestores del agua de dicha cuenca, que han tratado de paliar los efectos de tanta salinidad, en un embalse utilizado para el abastecimiento a Málaga capital ([7][10]).

Los yesos de Sorbas, en tanto que afloramiento de extrema singularidad, tienen en su entorno, sondeos, alguno de los cuales era capaz de bombear 80 L/s, con descenso poco significativo. Pero, sin lugar a dudas, estos yesos messinienses tienen su mayor relevancia en la karstificación tan intensa que presentan [5].

Las aguas de los yesos messinienses, aunque con menos contenido salino que las de las evaporitas triásicas, presentan facies sulfatadas-cálcicas, y sus posibilidades de aplicación para distintos usos, se restringen a aquellos usos más tolerantes con las sales.



El manantial de Deifontes, drenaje de Sierra Harana, con un caudal medio de unos 800 L/s es uno de los manantiales kársticos más significativos de la provincia de Granada. Se intentó regular mediante cuatro sondeos de gran caudal, pero la oposición de los habitantes hizo rectificar a la Administración (foto: Antonio Pulido)

## MANANTIALES

Una superficie tan extensa ocupada por terrenos kársticos no tiene más remedio que ser asiento de numerosos manantiales muchos de ellos de gran singularidad. En la Figura 2.2 se han incluido algunos, ante la imposibilidad de representarlos todos. Dentro de las surgencias reguladas podemos destacar la de Deifontes en el núcleo del mismo nombre. Con un caudal medio superior a 1000 L/s fue objeto de un estudio de regulación por parte del desaparecido Servicio Geológico de Obras Públicas, para lo cual perforaron varios sondeos de investigación a los que siguieron cuatro sondeos de explotación de una impresionante productividad (más de 500 L/s). El sistema estuvo funcionando unos tres años. Ante la falta de previsión en lo que a respeto del entorno de la surgencia, que se secaba en cuanto que bombeaban el agua hacia el canal de Albolote, la población protestó enérgicamente hasta conseguir que se abandonara el bombeo. Ejemplos similares se vieron con posterioridad en muchos lugares de España (Pego, Callosa d'Ensarriá,....).

El manantial de la Villa, que drena a El Torcal de Antequera, sería otro ejemplo de regulación. Para ello perforaron dos sondeos junto a la surgencia, y posteriormente un tercero más cercano al

manantial de los Berros, al W de la Villa. Hay que decir que la gran mayoría de las surgencias tiene un aprovechamiento bastante exhaustivo, aunque no existan sondeos perforados en su entorno.

Por la espectacularidad del entorno del manantial, podríamos destacar el Castril, sin desmerecer muchos otros como son la del Gato en Benaolán. Dentro de los lechos de los ríos o muy próximos a ellos hay muchas otras. Las fuentes de Marbella, en el río Adra, drenan la ventana de Turón; su singularidad estriba en que están conectados con el embalse de Beninar, de forma que cuando se puso la presa en carga, de 400 L/s pasaron a arrojar unos 20 m<sup>3</sup>/s. Es un esquema parecido a la surgencia citada de Benaolán.

Las surgencias termales de Alhama de Granada afloran junto al río Alhama; la surgencia que abastecía a la ciudad de Ronda sale en el propio tajo excavado en las calcarenitas miocenas. El manantial de don Alonso, que abastecía a Motril, tenía su nacimiento en la espectacular garganta de Escalate, en carbonatos alpujarrides; las obras de la nueva carretera provocaron la "desaparición" de este manantial.

Los trop-pleins más espectaculares están ligados a sierra Gorda, en el grupo de manantiales que dan nacimiento al río Frío, afluente del Genil; hay al menos cinco. Con motivo de la inundación del

poder de "contaminación" del embalse de Teba en el río Guadalhorce, empleado para el abastecimiento a la ciudad de Málaga y que ha hecho gastar muchos millones a la administración con el fin de eliminar su negativa influencia sobre la salinidad del agua del embalse.

Ciertamente que los manantiales submarinos existen también en nuestro territorio, aunque posiblemente ya con menos caudal que cuando tenían su régimen natural. De entre los muchos existentes, merece especial mención los de Aguadulce, por el mérito de dar nombre a la localidad almeriense, pedanía de Roquetas de Mar. En su momento debía ser la surgencia principal de la sierra de Gádor. La explotación intensiva en su entorno ha debido reducir el caudal de descarga.

La prolongación de la sierra de Almijara-Tejeda hacia el mar en el entorno de Nerja es posiblemente otro lugar de descarga submarina.

Dentro de las surgencias integradas en ciudades se puede reseñar la de la Salud que alimenta a la Fuente del Rey en la ciudad de Priego (Córdoba), de original decoración. Empezada a construir en el siglo XVI, hasta 1803 no se terminó. Tiene 139 caños que arrojan sus aguas en tres grandes estanques diferentes, escalonados aguas abajo del manantial de la Salud, el cual tiene también una bonita decoración, aunque mucho más modesta. Es monumento Nacional.

Por último, hay que señalar que algunas surgencias ligadas a estos macizos presentan anomalía térmica positiva, habiendo sido aprovechados en estaciones balnearias desde hace muchos años. De entre ellos podemos señalar las Alhamas, de Granada y Almería, aunque tan sólo la primera continua de fluir, pues la segunda se ubica en un área sometida a explotación intensiva. Como dato anecdótico, el manantial de Alhama de Granada sufrió un notable cambio con motivo del terremoto de Andalucía (1884), aumentando su caudal de manera considerable. Estaría relacionado con sierra Tejeda, aunque está mucho más cercano a sierra Gorda. De caudal algo menor es el de sierra Alhamilla, con balneario en funcionamiento también. Los baños de Zújar, ligados a la sierra de Jabalcón, tuvieron que cambiar su instalación como consecuencia de la puesta en funcionamiento del embalse del Negatín, al quedar la edificación clásica bajo la cota teóricamente inundable. Con cerca de 200 L/s de caudal y temperatura del orden de 40°C, podría recibir alimentación lateral desde la sierra de Baza [15]. Fuencaliente, en Huéscar, es otra surgencia termal ligada a un macizo kárstico subbético. El agua alimenta una gran balsa utilizada por bañistas.

El potencial hidrogeotérmico andaluz sigue siendo una asignatura pendiente que retoma vigencia en estos períodos de gran crisis energética. Finalmente, hay que recordar que las surgencias kársticas o de cualquier otro tipo, suelen constituir lugares muy singulares desde el punto de vista estético y medioambiental, además de su interés como recurso, lo que obliga a tomar conciencia de la necesidad de la correcta conservación de su entorno.

El trop-plein de mayor cota en Riofrío (Granada) en plena descarga (foto: Antonio Pulido)





## REFERENCIAS

- [1] ANDREO, B. (1997). "Hidrogeología de acuíferos carbonatados en las Sierras Blanca y Mijas". Tesis Doctoral, Universidad de Málaga, 489 p.
- [2] ANDREO, B., CARRASCO, F. y VADILLO, I. (1997). "Evaluación de los recursos hídricos de las sierras Blanca y Mijas (Málaga)". *Estudios geológicos*, 53 (1-2): 33-44.
- [3] BENAVENTE, J. y MANGIN, A. (1984). "Aplicación del análisis de series de tiempo al sistema espeleológico Hundidero-Gato". I Congreso Español de Geología, III: 541-553.
- [4] BENAVENTE, J.; PULIDO-BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1986). "Les grands caractères de l'hydrogéologie karstique dans les Cordillères Bétiques". *Karstologia (Mémoires)*, 1: 87-99.
- [5] CALAFORRA, J.M. (1998). "Contribución al conocimiento de la karstología de yesos". *Monografías Ciencia y Tecnología, Universidad de Almería e Instituto de Estudios Almerienses (eds.)*, 3: 384 p.
- [6] CALAFORRA, J.M. y PULIDO-BOSCH, A. (1993). "The hydrogeochemistry and morphology of the Triassic gypsum in the Salinas-Fuente Camacho area (Granada)". En: *Some Spanish Karstic Aquifers (A. Pulido-Bosch, ed.)*, 67-83.
- [7] CARRASCO, F. (1979). "Captación de manantiales salinos subacuáticos en el fondo de embalses: manantial de Meliones". *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, IV: 465-479.
- [8] CASARES, J., FERNÁNDEZ-RUBIO, R. y PULIDO BOSCH, A. (1979). Aspectos hidrogeológicos de dos macizos carbonatados del dominio subbético interno (provincia de Granada). II Simp. Nac. Hidrogeol., Hidrogeol. y Rec. Hidrául., IV: 147-165. Pamplona.
- [9] DELANNOY, J. J. (1998). "Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las serranías de Grazalema y de Ronda". En: *Karst en Andalucía*: 93-129.
- [10] ESCOLANO, A. y CONEJO, R. (1981). "Eliminación y explotación del manantial salino de Meliones (Málaga) para evitar la salinización del río Guadalhorce". I SIAGA, I: 469-486.
- [11] FERNÁNDEZ-RUBIO, R., ARANA, R., PULIDO, A., NIETO, M. y BENAVENTE, J. (1982). "Termalismo y mineralogénesis en la ventana tectónica de Albuñol (Granada)". III Semana Hidrogeología: 123-142. Lisboa.
- [12] FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ DEL ÁLAMO, R. (1980). "Investigaciones hidrogeológicas al Norte de Ronda (Málaga)". Tesis Licenciatura, 177 p.
- [13] FERNÁNDEZ, R., PULIDO BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. 1981. Bosquejo hidrogeológico de tres sistemas acuíferos kársticos al norte de Ronda (Málaga). I SIAGA, II: 643-658. Granada.
- [14] FUSTER, J., PULIDO BOSCH, A. y QUEROL, J. (1982). "Posibilidades de regulación de los manantiales de la cuenca del Guadiana Menor y Alta del Guadalquivir". Madrid. SGOP. (inédito).
- [15] HIDALGO, M.C. (2002). "Estado del conocimiento de la hidrogeología de la comarca de Baza-Caniles (provincia de Granada)". En: *Libro Hom. M. del Valle*. Eds. J.C. Rubio y J.A. López Geta: 363-372.
- [16] LINAN, C. (2003). "Hidrogeología de acuíferos carbonatados en la Unidad Junquera-Nieves (Málaga)". Tesis Doctoral Univ. Granada, 317 pp. (inédita)
- [17] LÓPEZ-CHICANO, M. (1989). "Geometría y estructura de un acuífero kárstico perimediterráneo: Sierra Gorda (Granada y Málaga)". 8 p. y anexos.
- [18] LÓPEZ-CHICANO, M. (1992). "Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico kárstico de Sierra Gorda y su entorno (Granada y Málaga)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 429 p.

- [19] LÓPEZ-CHICANO, M., BOUAMAMA, M., VALLEJOS, A., PULIDO BOSCH, A. (2001). "Factors which determine the hydrogeochemical behaviour of karstic springs. A case study from the Betic Cordilleras, Spain". *Applied Geochemistry*, 16: 1179-1192.
- [20] MANGIN, A. (1984). "Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques à partir des analyses corrélatoires et spectrales". *Journal of Hydrology*, 67: 25-43.
- [21] MARTÍN-ROSALES, W. (1997). "Efectos de los diques de retención en el borde meridional de la Sierra de Gádor (Almería)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 266 p.
- [22] MARTÍN-ALGARRA, A. (1987). "Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética". Tesis Doctoral. Univ. Granada.
- [23] MOLINA, L. (1998). "Hidroquímica e intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 340 p.
- [24] MORAL, F., MARTÍNEZ GARRIDO, J.C., CRUZ SANJULIÁN, J.J., BENAVENTE, J., LÓPEZ GETA, J.A. y RUBIO, J.C. (1991). Características hidrogeológicas de Sierra Seca (Granada-Jaén). III SIAGA, Córdoba, I: 542-549.
- [25] MORAL, F., FERNÁNDEZ, P. y RODRÍGUEZ, M. (2005). "Hidrología, usos del agua y nuevas amenazas para los recursos hídricos en Sierra Seca (cuenca alta de los ríos Castril y Guardal, Granada): un caso paradigmático". VI SIAGA, II: 869-879. Sevilla.
- [26] NAVARRETE, F. (1992). "Contribución al conocimiento hidrogeológico del Campo de Dalías". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 435 p.
- [27] PADILLA, A. y PULIDO-BOSCH, A. (1995). "Study of hydrographs of karstic aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis". *Journal of Hydrology*, 168: 73-89.
- [28] PADILLA, A.; PULIDO-BOSCH, A. y MANGIN, A. (1994). "Relative importance of baseflow and quickflow from hydrographs of karst springs". *Ground Water*, 32: 267-277.
- [29] PULIDO-BOSCH, A. (1980). "Datos hidrogeológicos sobre el borde occidental de Sierra Nevada". *Fundación Juan March, Serie Univ.* 123: 51 p.
- [30] PULIDO-BOSCH, A. (1982). "Consideraciones hidrogeológicas sobre los yesos de Sorbas (Almería)". Reunión Monográfica sobre el Karst de Larra: 257-274. Pamplona.
- [31] PULIDO-BOSCH, A. (1986). "Le karst dans les gypses de Sorbas (Almería). Aspects morphologiques et hydrogéologiques". *Karstologia (Mémoires)*, 1: 27-35.
- [32] PULIDO-BOSCH, A. (1993). "Principales rasgos hidrogeológicos de los macizos kársticos andaluces". *Hidrogeología*, 8: 41-50.
- [33] PULIDO-BOSCH, A. y PADILLA, A. (1988). "Deux exemples de modélisation d'aquifères karstiques espagnols". *Hydrogéologie*, 4: 281-290.
- [34] PULIDO-BOSCH, A.; CALAFORRA, J.M.; PULIDO-LEBOEUF, P. y TORRES GARCÍA, S. (2004). "Impact of quarrying gypsum in a semidesert karstic area (Sorbas, SE Spain)". *Environmental Geology*, 46: 583-590.
- [35] PULIDO-BOSCH, A.; MOTYKA, J.; PULIDO-LEBOEUF, P. y BORCZAK, S. (2004). "Matrix hydrodynamic properties of carbonate rocks from the Betic Cordillera (Spain)". *Hydrological Processes*, 18: 2893-2906.
- [36] SÁNCHEZ-MARTOS, F. (1997). "Estudio hidrogeológico del Bajo Andarax (Almería)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 290 p.
- [37] VALLEJOS, A. (1997). "Caracterización hidrogeológica de la recarga de los acuíferos del Campo de Dalías a partir de la Sierra de Gádor (Almería)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 264 p.
- [38] WHITE, W. B. (1969). "Conceptual models for limestone aquifers". *Groundwater*, 7 (3): 15-21.
- [39] WHITE, W.B. (1999). "Conceptual models for karstic aquifers". En: *Karst Modeling (Palmer, A.N.; Palmer, M.V.; and Sasowsky, I.D., eds.)*, AIH Special Publication 5: 11-16.

JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO

JUAN VÁZQUEZ NAVARRO

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, MADRID

Andalucía posee un territorio rico y variado en cavidades kársticas. La extensión de sus terrenos karstificables es de aproximadamente 7.000 kilómetros cuadrados ([13][27]), con una variedad de recursos de gran importancia natural, social y económica, entre los que destacan los más de 2.000 hm<sup>3</sup> de recursos hídricos subterráneos medios [4] y las numerosas cavidades habilitadas para su visita turística. También los paisajes exokársticos andaluces son de gran importancia científica y naturalística [38]. En la actualidad se conoce un número importante de cuevas naturales, con una notable variedad tipológica. Se han explorado grandes redes horizontales, simas de más de mil metros de profundidad y cavidades inundadas de gran desarrollo y profundidad. Existen ejemplos de cavidades andaluzas desarrolladas en litologías muy variadas: calizas, dolomías, mármoles, conglomerados, areniscas, yesos y travertinos, entre otras. Dentro de este variado mundo subterráneo, la diversidad genética es igualmente notable: cuevas ligadas a procesos termales activos, cavidades estructurales, sistemas kársticos ligados a la presencia de ciertas mineralizaciones, redes con alimentación hídrica procedente de cuencas alóctonas, cavidades litorales, relacionadas con la interfase entre agua marina y dulce, y, por supuesto, cavidades kársticas normales.

### LAS GRANDES CAVIDADES ANDALUZAS: HISTORIA Y PANORÁMICA ACTUAL

Algunas cuevas andaluzas han sido conocidas, exploradas y citadas en la literatura desde muy antiguo. Es el caso, por ejemplo de la Cueva del Tesoro, en Rincón de la Victoria (Málaga), que según algunos autores podría ser la cavidad citada por Plutarco en su obra *Vidas Paralelas*, en la cual se refugió Marco Craso en año 86 a.n.E. Posiblemente esta cueva andaluza sea la primera con una topografía realizada con criterios científicos, en el año 1789 [5]. Otra cavidad notable, conocida desde tiempos de los romanos, y profusamente citada es la Sima de Cabra. Sobre esta cavidad hay una referencia árabe, escrita en el siglo X, diversas citas literarias del siglo XVII (entre ellas, una de El Quijote), y una exploración del año 1683 [24]. La Cueva de las Motillas, a caballo entre las provincias de Cádiz y Málaga, también es una de las cavidades que citan las crónicas del XVIII; con un documento que detalla una travesía subterránea entre la Cueva de las Motillas y el Sumidero de Parralejo, en el año 1762 [40]. A finales del XVIII, y durante el siglo XIX algunos libros de viajes de autores

prerrománticos y románticos citan ciertas cavidades andaluzas, en especial aquellas cuyas bocas gozan de gran espectacularidad, como es el caso de la Cueva del Gato, en la Serranía de Ronda [8], que sería ampliamente explorada con fines ingenieriles a principios del siglo XX ([1][17]). En el año 1821 fue descubierta, debido a la apertura de su boca por un terremoto la Cueva de Ardales (Málaga) (también conocida como de Doña Trinidad), según las noticias proporcionadas por Madoz (1845-50), que se convertiría posteriormente en una de las primeras cavidades turísticas españolas [11]. Otra cueva de la que se tiene constancia de su conocimiento y exploración en esta época, es la Cueva de las Ventanas, en Piñar (Granada) con una descripción de la misma publicada en el año 1841 [23].

El conocimiento de las cavidades andaluzas ha ido de la mano del ritmo de las exploraciones y de las investigaciones científicas. De Góngora cita en 1868, al referirse a las "antigüedades prehistóricas de Andalucía", casi una treintena de cuevas

Galerías modeladas por la acción de la mezcla entre agua dulce y agua de mar en la Cueva del Tesoro (foto: José Antonio Berrocal)

andaluzas, repartidas por las provincias de Granada (en la que destaca la célebre Cueva de Los Murciélagos de Albuñol, explorada en 1831), Córdoba, Jaén y Almería [7]. A finales del siglo XIX, Puig y Larraz incluye en su catálogo de cavernas y simas de España más de 200 cavidades de Andalucía [35], aunque muchas de ellas son de pequeño tamaño, artificiales o incluso están fuera de los límites territoriales del actual territorio andaluz. Posteriormente, durante el siglo XX, son numerosas las cuevas y simas exploradas por vez primera (en el sentido moderno del término, pues muchas de ellas contienen yacimientos arqueológicos que prueban que en realidad fueron exploradas y utilizadas mucho tiempo antes de su redescubrimiento en la edad contemporánea), sobre todo a partir de los años 60 de dicho siglo. Posiblemente, el descubrimiento de una gran cueva como la de Nerja en el año 1959, con gran despliegue en los medios de comunicación, espoleó las conciencias espeleológicas. Otro hito de gran trascendencia para la Espeleología andaluza fue el descubrimiento y la exploración de Sima GESM, la primera (y de momento la única) sima de más de 1000 metros de profundidad de Andalucía, en el año 1972. Desde entonces, el ritmo de las exploraciones y de los descubrimientos ha ido en continuo crecimiento. En 1998 ya aparecían catalogadas un total de 63 simas de más de 100 metros de profundidad y 34 cuevas de más de 1000 metros de desarrollo [7]. Actualmente se conocen 82 simas y 42 cuevas de esas características ([1][17]), y las novedades se continúan produciendo a buen ritmo.

La longitud acumulada de las principales cuevas andaluzas es de 113.740 metros. El desnivel acumulado para las simas más importantes es de 12.557 metros. Con estos datos, la densidad de endokarstificación en el conjunto del territorio karstificable andaluz -considerando solo las cuevas de desarrollo subhorizontal- es de 16,24 m/km<sup>2</sup>.

La provincia con más desarrollo del endokarst es la de Málaga, en la que se han explorado un mayor número de simas y de cuevas.

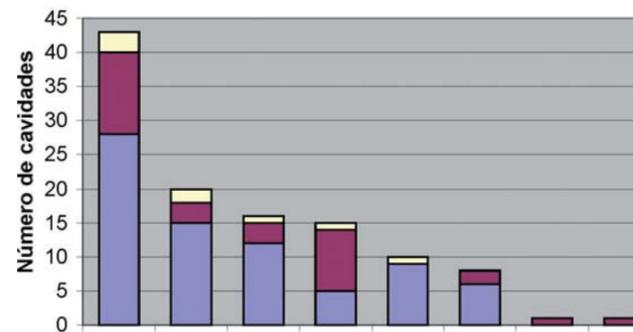


Figura 3.1. Histograma de distribución provincial de grandes cavidades andaluzas

	Málaga	Jaén	Granada	Almería	Cádiz	Córdoba	Sevilla	Huelva	Total
Simas	28	15	12	5	9	6			75
Cuevas	12	3	3	9	0	2	1	1	31
Simas y Cuevas	3	2	1	1	1				8
<b>Totales</b>	<b>43</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>114</b>

Después Jaén (excepto si se consideran las cuevas en yeso, en cuyo caso la segunda es Almería), Granada, Cádiz (simas)/ Córdoba (cuevas), y Sevilla y Huelva (Tabla 3.1 y Figura 3.1). Este reparto está condicionado netamente por los factores geológicos (las provincias con más cavidades son aquellas en las que existe más superficie de litologías karstificables), climáticos (mayores precipitaciones) y orográficos (altitud de los macizos kársticos y energía del relieve, en relación con los niveles de base locales).

Muchas de ellas presentan en la actualidad actividad hidrológica, condicionada por la dinámica y el funcionamiento de los ríos y acuíferos con los que están conectadas, mientras que otras están prácticamente desconectadas de los mismos, con volúmenes importantes de depósitos endokársticos, tanto químicos (espeleotemas) como detríticos. En este último caso, algunas presentan importantes yacimientos arqueológicos y paleontológicos, que han permitido datar distintas fases de karstificación desde el Mioceno Superior hasta la actualidad ([2][6][9][12]).

Con anterioridad a este periodo de karstificación postalpino, existen paleocavidades descritas en los materiales mesozoicos de la Zona Externa de la Cordillera Bética ([31][42]), de edad jurásico-cretácica.

### ASPECTOS GENÉTICOS DEL ENDOKARST ANDALUZ

Pese a que la mayor parte de las cavidades andaluzas posee una génesis normal, en el sentido de ser cavidades kársticas ligadas a la disolución de materiales carbonáticos (u otros materiales solubles), en condiciones estándares, similares a las presentes en la actualidad, no es así en todos los casos. Existen una serie de ejemplos que son de interés por su excepcionalidad.

#### Cavidades termales

Existen una serie de simas andaluzas relacionadas con la presencia de aguas termales en su interior, o cuya temperatura hace suponer que poseen una estrecha relación genética con procesos termales o anomalías geotérmicas locales [3]. Los ejemplos más significativos pueden ser Raja Santa (en Sierra Elvira, Granada), la Sima de las Fumarolas, interesante cavidad desarrollada en carbonato de estroncio (en Montevives, Granada), y la Sima de Carratraca (en la Serrezuela de Carratraca, Málaga).

#### Cavidades condicionadas por la fracturación

Existen muchos ejemplos de cavidades andaluzas en las que su génesis está ligada prácticamente en exclusiva a procesos de fracturación reciente, sin apenas participación de los procesos de

Tabla 3.1. Distribución de las grandes cavidades andaluzas por provincias

disolución. Son conocidas a veces con la denominación de simas tectónicas; presentan una morfología típica, con pozos estrechos y alargados en la dirección de la fractura que condiciona la cavidad. En ocasiones, pueden tener relación con procesos sísmicos

recientes (algunas simas de las Sierras de Alhama o Sierra Gorda, entre las provincias de Granada y Málaga, posiblemente ligadas al Terremoto de Andalucía de 1884), o con grietas tensionales de relajación presentes en muchos de los macizos kársticos andaluces.



La Sima de Raja Santa, cavidad surcada por aguas termales (foto: Manuel J. González Ríos)

### Cavidades litorales

Algunas cavidades del litoral andaluz están genéticamente relacionadas con la disolución en la zona de mezcla entre el agua dulce procedente de los acuíferos kársticos costeros y el agua marina. Posiblemente los ejemplos más notables sean la cueva de Nerja (Málaga) y las cavidades existentes en los Cantales entre la ciudad de Málaga y la de Rincón de la Victoria. En ambos casos se trata de cuevas situadas en la actualidad por encima del nivel del mar, aunque su génesis se remonta a momentos del Plioceno y Pleistoceno con niveles del mar relativos por encima del actual [18].

### Cavidades ligadas a la presencia de mineralizaciones

En algunas cavidades andaluzas es frecuente la presencia de mineralizaciones en el seno de la masa calcárea en las que se desarrollan. En ocasiones es evidente la interrelación estrecha existente entre ambos fenómenos (mineralización y endokarstificación), como por ejemplo en la cueva-mina de Benalmádena (Málaga), en la que volúmenes importantes de óxidos e hidróxidos de hierro se alojan en cavidades kársticas de los mármoles triásicos de la Sierra de Mijas. En otros casos, la relación no es tan directa y evidente, pero la presencia de sulfuros de hierro transformados en óxidos de hierro hace suponer que la karstificación ha sido propiciada por la liberación de ácidos agresivos (sulfúrico), como ocurre en la Cueva de Ardales (Málaga) [14]. En otras ocasiones, la existencia de espeleotemas con cationes metálicos (zinc por ejemplo en los aragonitos azules de la Gruta de las Maravillas, en Aracena, Huelva) hace sospechar interacciones como las anteriormente descritas.

### Cavidades asociadas a clima frío

Ciertas cavidades presentes en las partes somitales de los macizos kársticos andaluces más elevados parecen relacionados con la presencia de nieve en su interior. Incluso podrían estar generadas bajo una cubierta nival prácticamente permanente, en épocas frías pleistocenas. Es el caso de los pozos de nieve descritos en Sierra Tejeda, entre 1970 y 2020 m s.n.m., donde la acción nival en periodos fríos parece demostrada ([16][41]). También tienen un origen similar las denominadas simas monopoza de la Serranía de Grazalema y de la Sierra de las Nieves [10]. En algunas redes horizontales (Sistema Hundidero-Gato), se ha constatado igualmente la actividad karstogenética en momentos fríos pleistocenos [14].

### CONTROLES DEL ENDOKARST Y RELACIÓN CON SU TIPOLOGÍA

En líneas generales, en Andalucía pueden establecerse unos patrones que condicionan los diversos tipos de endokarst presente. A continuación se describen algunos de los más importantes.

La altitud es un control evidente (Figura 3.2 A y B): las simas importantes se ubican en los macizos más elevados (casos de la Sierra de las Nieves y la Sierra de Líbar); sin embargo, la relación no es biunívoca, puesto que existen ciertos macizos que alcanzan los 2.000 m s.n.m. en los que no se conocen simas de importante desnivel (Sierras de Cazorla [14], Mágina, Almijara, Tejeda, entre otros). Posiblemente más que a la inexistencia de simas se deba a la falta de conocimiento del endokarst en estas zonas de difícil

prospección, así como a la posible evolución del karst, con el colmatamiento y cierre de bocas.

Por lo general, las simas andaluzas se encuentran en su mayor parte por encima de los 800 m s.n.m., aunque existen excepciones para las de menor desnivel. Las mayores siempre se encuentran en cotas elevadas, por encima de los 1000 metros, donde existen diferencias de cota importantes entre las áreas de recarga y las áreas de descarga, con potentes zonas no saturadas en los macizos kársticos montañosos.

Igualmente es significativo que a partir de una cierta cota no existen (con algunas excepciones muy notables, como la cueva de la Rábida, en Sierra Tejeda, situada a más de 1.600 m s.n.m.) redes horizontales (Figura 3.2 C y D). Las grandes cuevas se sitúan mayoritariamente por debajo de los 500-600 m s.n.m., asociadas a zonas de descarga o paleodescarga, aunque existen importantes excepciones de grandes cavidades colgadas a gran altura, debido a que se hallan en macizos que se han levantado relativamente con gran rapidez, a que pertenecen a redes muy antiguas, o a que existen condiciones locales que explican dicha circunstancia; algunos ejemplos son: la Cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga), la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva), la Cueva de las Ventanas (Piñar, Granada), la Cueva de los Murciélagos (Zuheros, Córdoba), la Cueva del Agua (Iznalloz, Granada), entre otras.

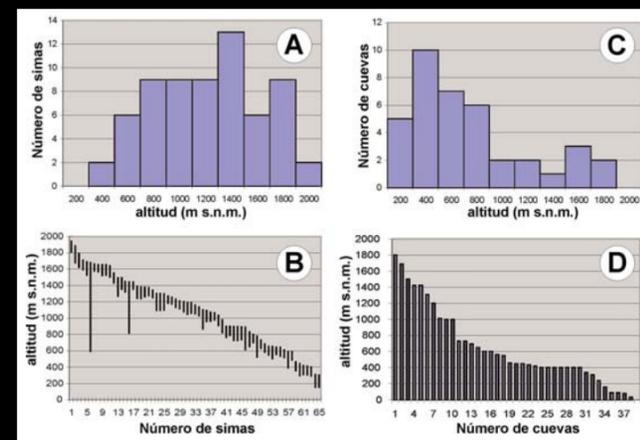


Figura 3.2. A: Histograma de frecuencias de la altura (m s.n.m.) de las bocas de las simas de Andalucía mayores de 100 metros de profundidad; B: Valores altimétricos de boca y profundidad máxima de las simas andaluzas; C: Histograma de frecuencias de la altura (m s.n.m.) de las bocas de cuevas de más de 1.000 metros de desarrollo; D: Distribución hipsométrica de la boca de las grandes cuevas andaluzas de desarrollo mayor de 1.000 metros

Otro patrón genérico de control del endokarst andaluz es su relación con los principales dominios geológicos paleogeográficos existentes en el territorio de Andalucía. En líneas generales, el endokarst está más desarrollado en el Penibético y en la Dorsal Bética, debido a la presencia de potentes series carbonáticas bien desarrolladas y expuestas en los afloramientos correspondientes a estos dominios. En un segundo término, en cuanto a abundancia de formas endokársticas, están los dominios Alpujarride (en la Zona Interna de la Cordillera Bética) y el Prebético (en la Zona Externa), que presentan también notable desarrollo de secuencias carbonáticas, pero con intercalaciones de materiales menos



Surgencia Alaguara del Cinojal Parauta (foto: Manuel J. Gerrero Sánchez)

permeables. Otros dominios geológicos donde las cavidades no son tan abundantes son el resto del Subbético (aunque es extraño que no se conozcan más grandes cavidades en el Subbético Externo, pues presenta condiciones litológicas favorables para ello), y los materiales del Macizo Hespérico en Sierra Morena. A esta relación habría que añadir las favorables condiciones geológicas para el desarrollo de la endokarstificación en materiales yesíferos, en los afloramientos del Triásico Subbético (sobre todo en el sector de Antequera-Archidona, al norte de la provincia de Málaga) y algunas depresiones neógenas (Sorbas, en Almería).

Un tercer factor genérico es el climático. En Andalucía existe un patrón neto de reducción de las precipitaciones desde el oeste hacia el este. Este gradiente pluviométrico tiene un reflejo grosso modo en la abundancia de grandes cavidades, mucho más frecuentes en los macizos situados al oeste de la Cordillera Bética, en íntima relación espacial con algunos de los macizos donde las precipitaciones medias anuales son más abundantes (Grazalema, Líbar, Nieves). La mayoría de las grandes cavidades andaluzas se ubican en áreas con precipitaciones medias anuales por encima de los 800 mm, con la notable excepción de las cuevas en yeso del karst de Sorbas, donde la precipitación es del orden de los 300 mm o menor.

El último control genérico destacable es la relación que presentan las grandes cavidades andaluzas con la arquitectura del relieve y la disposición de la red de drenaje. El drenaje andaluz está

vertebrado por el eje del Guadalquivir hacia el Atlántico y por las cuencas vertientes al Mediterráneo; es decir, hacia el oeste y hacia el sur. Muchas cuevas están controladas en su orientación por esos trazos generales del drenaje regional, y por la disposición del nivel de base local y los sucesivos encajamientos del mismo a lo largo del levantamiento y la evolución reciente de los macizos kársticos.

### PRINCIPALES FORMAS ENDOKÁRSTICAS. GALERÍAS, POZOS, SALAS Y SIFONES

El conjunto del endokarst andaluz presenta una gran riqueza en endoformas, a todas las escalas. A continuación se ofrecen algunos datos referidos a las principales formas mayores: galerías, pozos, salas y sifones y cavidades inundadas.

Por galerías se entienden aquellos tramos subhorizontales de una red kárstica, que conectan pozos, salas u otras galerías de diferente morfología, génesis u orientación. Se ha procedido al análisis de aquellos tramos de galería de más de 100 metros de longitud en los que la orientación general se mantiene. El resultado es que existen 36 grandes galerías de estas características, es decir algo menos de una galería por gran cavidad horizontal. La distribución de estos tramos de galerías rectilíneas es bimodal (Figura 3. 3 A), con un grupo mayoritario de galerías entre 100 y 220 metros de longitud, y otro minoritario de galerías entre 260 y más de 340 metros de longitud, estas últimas asociadas a las grandes redes lineales, como el Sistema Hundidero-Gato,



Cueva de las Motillas: una de las grandes redes kársticas andaluzas (foto: Francisco Hoyos)

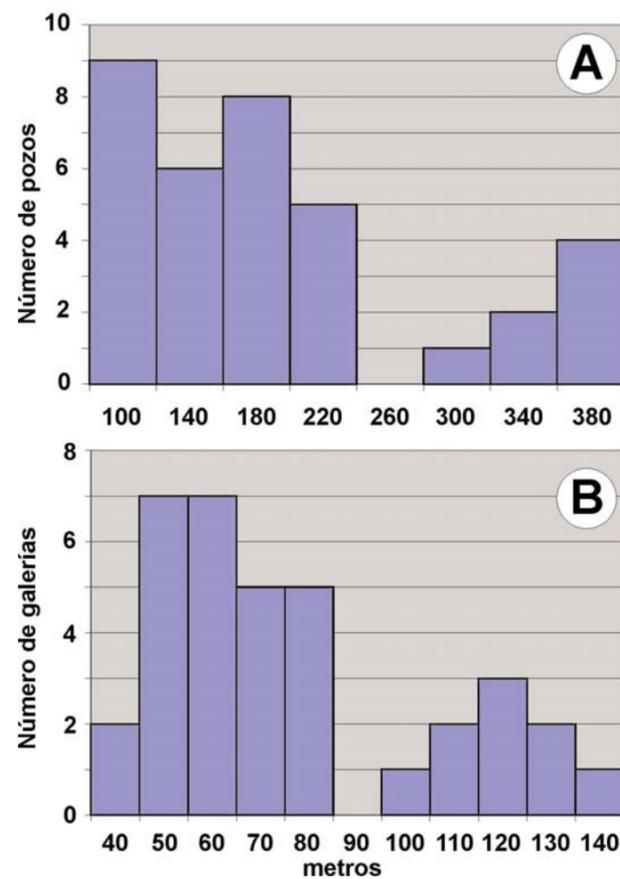


Figura 3.3. A: Distribución frecuencial de los pozos mayores de 40 m en las simas andaluzas; B: Distribución frecuencial de las galerías mayores de 100 m en las cuevas andaluzas

posiblemente la red endokárstica con galerías de mayor tamaño (secciones de cien metros de altura) y variedad. También presentan galerías de grandes dimensiones e interés el Complejo del Arroyo de la Rambla (Jaén), y el Sistema Motillas-Ramblazo (Cádiz-Málaga). Algunas de las grandes simas de la Sierra de las Nieves (la Sima del Aire, por ejemplo) conectan tras una serie de pozos con un sistema de galerías horizontales muy desarrolladas, lo que es relativamente frecuente cuando se acercan al nivel freático (o a los paleoniveles).

En relación con las salas, vacíos de forma subredondeada o elíptica en planta, se han detectado 38 grandes salas en las redes endokársticas andaluzas. Algunas de estas salas presentan superficies y volúmenes muy notables, como son la sala Súper y la Plaza de Toros en el Sistema Hundidero-Gato, y la Sala de la Montaña, en la Cueva de Nerja (Málaga). También existen salas de gran volumen, ligadas a procesos de hundimiento del techo, en las cuevas en yesos triásicos de Antequera.

Por pozos se entienden aquellos tramos de una cavidad con trazado subvertical o vertical. En Andalucía se ha constatado la existencia de 36 pozos mayores de 40 metros, alcanzando en ocasiones más de 160 (Pozo Paco de La Torre, en Sima GESM). La distribución de los pozos es también bimodal, con un grupo mayoritario comprendido entre 40 y 90 metros de desnivel, y otro minoritario con pozos entre 100 y más de 130 metros, este último ligado a las principales simas de los macizos de Líbar y Sierra de las Nieves, fundamentalmente (Figura 3.3 A).

En lo relativo a los sifones, tramos inundados de galerías, o cavidades inundadas, se han contabilizado un total de 23 en el conjunto de grandes cavidades andaluzas. Las principales cavidades inundadas son la Surgencia de Río Grande (Málaga), también denominada Zarzalones, uno de los principales puntos de descarga del acuífero de la Sierra de las Nieves, conectado hidrológicamente con Sima GESM; y Fuentesegura (Jaén),

nacimiento del Río Segura en la Sierra del Segura. También existen algunas cavidades litorales inundadas o conectadas con sifones con el mar, como es frecuente en el tramo costero entre Maro (Málaga) y La Herradura (Granada). Por último, existen 22 lagos de relativa importancia en el endokarst andaluz.

#### Agradecimientos

A Manuel González Ríos, del Museo Andaluz de la Espeleología, por su actualización de los datos de algunas cavidades andaluzas.

#### REFERENCIAS

- [1] ALVAREZ, G. y ARIAS, E. (1992). "Documentación histórica relativa al complejo hipogeo Hundidero-Gato, Montejaque-Banaoján (Málaga)". *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 6: 9-16. Granada.
- [2] AYALA, F.J.; RODRÍGUEZ-ORTIZ, J.M.; PRIETO, C., DURÁN, J.J.; DEL VAL, J. y RUBIO, J. (1986). "Mapa y Memoria del karst de España". Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 68 pp. y 1 mapa e. 1: 1.000.000.
- [3] BENAVENTE, J. y SANZ DE GALDEANO, C. (1985). "Relación de las direcciones de karstificación y del termalismo con la fracturación en las Cordilleras Béticas". *Estudios Geológicos*, 41: 177-188.
- [4] BENAVENTE, J.; PULIDO BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1986). "Les grands caractères de l'hydrogéologie karstique dans les Cordillères Bétiques". *Karstologia Mémoires*, 1: 87-99.
- [5] CABRERA, F.R. (1990). "La Cueva del Higuerón; historia de una leyenda". *Jábega*, 67: 23-28. Málaga.
- [6] CASTILLO, C. (1990). "Paleocomunidades de micromamíferos de los yacimientos kársticos del Neógeno Superior de Andalucía oriental". Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 255 pp.
- [7] DE GÓNGORA Y MARTÍNEZ, M. (1868). "Antigüedades prehistóricas de Andalucía". Imprenta de C. Moro, 158 pp. Madrid.
- [8] DE MORA-FIGUEROA, L. (1976). "Pioneros del Complejo hipogeo Hundidero-Gato (Serranía de Ronda, Málaga)". *Actas del IV Congreso Nacional de Espeleología*, 181-185. Marbella, Málaga.
- [9] DELANNOY, J.J.; GUENDON, J.L.; QUINIF, Y. y RAIRO, P. (1993). "Formaciones travertínicas del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda (Málaga)". *Cuadernos de Geografía*, 54: 189-222.
- [10] DÍAZ DEL OLMO, F. y DELANNOY, J. (1989). "El karst en las Cordilleras Béticas: Subbético y Zonas Internas". En: *El karst en España* (J.J. Durán y J. López-Martínez, eds), Monografía 4, Sociedad Española de Geomorfología, 175-185. Madrid.
- [11] DURÁN, J.J. (1994). "Cuevas habilitadas de la provincia de Málaga. Una introducción al turismo subterráneo". Centro de ediciones de la Diputación de Málaga, 58 pp. Málaga.
- [12] DURÁN, J.J. (1996). "Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución. Contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. 409 pp.
- [13] DURÁN, J.J. y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (eds.) (1999). *El Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España, 192 pp. Madrid.
- [14] DURÁN, J.J. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (1995). "El karst de la Serrezuela y la Cueva de Ardales". En: *Geología y Arqueología prehistórica de Ardales* (Ayuntamiento de Ardales y Grupo Andaluz del Cuaternario, (AEQUA), eds.), 47-54. Málaga.
- [15] DURÁN, J.J. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (1999). "Datación e interpretación paleoambiental de una secuencia endokárstica pleistocena del sur de la Península Ibérica". En: *Avances en el estudio del Cuaternario español*. (L. Pallí y C. Roqué, eds.), 159-164. Girona.
- [16] DURÁN, J.J. y MOLINA, J.A. (1986). "Sobre la existencia de formas kársticas del tipo "pozos de acumulación de nieve" en el pico Maroma, Sierra Tejeda (Granada-Málaga)". *Andalucía Subterránea*, 6: 103-120.
- [17] DURÁN, J.J.; ANDREO, B.; CARRASCO, F. y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. (2005). "Andalucía. Karst, Paleoclimate and neoseismotectonics". *Sixth International Conference on Geomorphology. Field Trip Guide A-6*. 51 pp. Zaragoza.
- [18] DURÁN, J.J.; GRÜN, R. y FORD, D.C. (1993). "Dataciones geocronológicas absolutas (métodos E.S.R. y Series de Uranio) en la Cueva de Nerja y su entorno. Implicaciones evolutivas, paleoclimáticas y neoisotectónicas". En: *Geología de la Cueva de Nerja* (F. Carrasco, ed.) *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 3: 233-248. Patronato de la Cueva de Nerja. Málaga.
- [19] DURÁN, J.J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. y VALLEJO, M. (1999). "Distribución, caracterización y síntesis evolutiva del karst en Andalucía". En: *Karst en Andalucía* (Durán Valero, J.J. y López Martínez, J., eds.), 13-20. Madrid.
- [20] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1992). "Grandes cavidades de la provincia de Granada". *Espeleotemas*, 2: 19-40.
- [21] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1994). "Grandes cavidades de Andalucía. Las simas más profundas". *Subterránea*, 1: 10-25.
- [22] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1996). "Grandes Cavidades de Andalucía. Cuevas de más desarrollo". *Subterránea* 6: 38-48.
- [23] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1997). "La Cueva de las Ventanas, Piñar (Granada). Una cita de 1841". *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 11: 3-6. Granada.
- [24] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y MORENO, A. (1987). "La sima de Cabra, Cueva (Córdoba). Fernando Muñoz Romero, El primer espelocorrista (1683)". *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 1: 5-14. Granada.
- [25] GUERRERO-SÁNCHEZ, M.J. (2004). "Sierra de las Nieves. Simas, Cuevas y Barrancos". Ed. La Serranía, 303 pp.
- [26] GUTIÉRREZ-ROMERO, J.M. y GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1982). "Primer catálogo de grandes cavidades de Andalucía". *Revista especial 75 Aniversario Sociedad Excursionista de Málaga*, 121-123. Málaga.
- [27] ITGE (1998). "Atlas hidrogeológico de Andalucía". ITGE y Junta de Andalucía, eds., 216 pp.
- [28] LHENAFF, R. (1986). "Les grands poljés des Cordillères Bétiques andalouses et leur rapports avec l'organisation endokarstique". *Karstologia Mémoires*, 1, 101-112.
- [29] LHENAFF, R. 1989. "Les grands traits caractéristiques des karsts andalous". Reunión Franco-Española sur les karsts Méditerranéens d'Andalousie occidentale, *Livret-guide*, 13-18. Librería Andaluza. Sevilla.
- [30] LÓPEZ-BERMÚDEZ, F. y LÓPEZ-LIMIA, B. (1989). "Geomorfología del karst Prebético (Cordilleras Béticas)". En: *El karst en España* (J.J. Durán y J. López Martínez, eds), Monografía 4. Sociedad Española de Geomorfología, 187-200. Madrid.
- [31] MARTÍN-ALGARRA, A.; SORIA, J. y VERA J.A. (1989). "Paleokarst mesozoicos y terciarios en la Cordillera Bética". En *El karst en España*. (J.J. Durán y J. López Martínez, eds), Monografía 4. Sociedad Española de Geomorfología. 299-308. Madrid.
- [32] MAYORAL-VALSERA, J. (2004). "Investigaciones espeleológicas en Montejaque y Banaoján (Málaga)". Ed. Ayuntamiento de Montejaque. 153 pp.
- [33] PUCH, C. (1998). "Grandes Cuevas y Simas de España". Ed. Espeleo Club de Gracia. 794 pp. Badalona.
- [34] PUCH, C. (1987). "Atlas de las Grandes Cavidades Españolas". Serie Exploracions, Espeleo Club de Gracia. 496 pp.
- [35] PUIG Y LARRAZ, G. (1896). "Cavernas y simas de España". *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. T. XXI: 1-392. Madrid.
- [36] RAMÍREZ-TRILLO, F. (1992). "Espacios naturales protegidos y karst en Andalucía. Estado de la cuestión". *Actas del VI Congreso Nacional de Espeleología*, 257-270. La Coruña.
- [37] RAMÍREZ-TRILLO, F. (1995). "Grandes Cavidades en la provincia de Málaga". *Espeleotemas*, 5: 71-94.
- [38] RIVAS, A. (2005). "El agua en el paisaje subterráneo de Andalucía". VI Simposio del Agua en Andalucía. Publicaciones del IGME, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 14: 19-28. Madrid.
- [39] SÁNCHEZ-MARTOS, F. y CALAFORRA, J.M. (1991). "Grandes cavidades de la provincia de Almería". *Espeleotemas*, 1: 8-21.
- [40] SANTIAGO, A. (1998). "Primeras referencias sobre la Cueva de las Motillas (Jerez de la Frontera, Cádiz)". *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 12: 3-7. Granada.
- [41] SERMET, J. (1934). "Sobre unos vestigios de topografía glaciar en la Sierra Tejeda (Andalucía)". *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 34: 187-192.
- [42] VERA, J.A.; RUIZ-ORTIZ, P.A.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, M. y MOLINA, J.M. (1988). "Paleokarst and Related Pelagic sediments in the Jurassic of the Subbetic Zone, Southern Spain". En: *Paleokarst* (N.P. James y P.W. Choquette, eds), 364-384.

## ESPELEOTEMAS DE LAS CUEVAS DE ANDALUCÍA

4

JOSÉ MARÍA CALAFORRA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL, UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

La gran variedad tipológica de las cuevas andaluzas -con cavidades de origen termal, cuevas originadas en la interfase agua dulce-agua de mar o karst desarrollado en materiales yesíferos- repercute directamente en que la diversidad de espeleotemas que se pueden encontrar en ellas sea casi infinita. Algunas de estas curiosas formaciones de las cavernas son únicas en el mundo, sólo descritas en Andalucía; otras aguardan incluso a que se aclare desde el punto de vista científico muchos aspectos de su génesis. Por otro lado, los espeleotemas no solo deleitan al que los contempla en su entorno natural sino que, durante estos últimos años, su estudio se ha mostrado como una herramienta muy útil para conocer las condiciones de estabilidad de las cavidades e incluso el registro paleoclimático tanto reciente como de hace cientos de miles de años.

### LOS ESPELEOTEMAS

La palabra espeleotema, de origen griego, significa "depósito de cuevas". Es un vocablo que no ha sido excesivamente utilizado por los espeleólogos hasta hace muy poco. Cuando el explorador, e incluso el investigador, quería referirse a formas de cristalización que se encuentran en el interior de las cavidades utilizaba otros términos tales como "formaciones" o "concreciones". Actualmente, el término se ha difundido bastante tanto en el ámbito científico como en el de la exploración espeleológica, siendo internacionalmente aceptado.

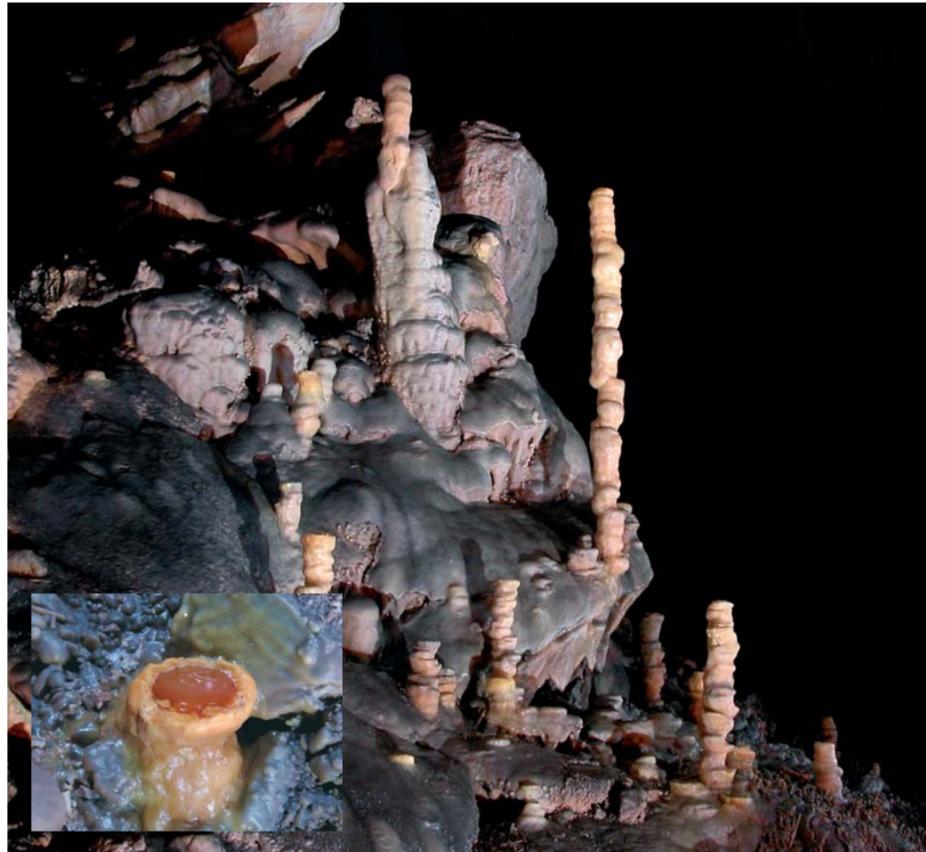
El término espeleotema fue definido inicialmente por Moore [18] como cualquier "depósito mineral secundario formado en una cavidad". Queda así, por tanto, incluido en la palabra espeleotema nombres tan comunes como estalactitas, estalagmitas, columnas, coladas, banderas y un largo etcétera. Cada uno de ellos con génesis particulares que iremos desgranando en el presente Capítulo, pero todos con un denominador común: se trata de minerales depositados en el interior de una cavidad.

Los espeleotemas han sido siempre una morfología que ha llamado poderosamente la atención del hombre. Sus complicadas formas - a veces desafiando incluso las leyes de la gravedad-han llevado a la elaboración de hipótesis muy variopintas sobre la génesis de los también llamados, por los primeros exploradores del mundo subterráneo, "árboles de piedra" [12]. En el siglo XVII y XVIII

todavía existía la creencia de que los espeleotemas crecían de un modo similar al de las plantas [27], otorgando a estas formas el calificativo de organismo vivo. Otra de las hipótesis curiosas que por aquella época se barajaban para la génesis de los espeleotemas era que muchos de ellos no procedían de la percolación de las aguas, sino de la petrificación de los vapores que recorrían las cavidades procedentes del centro de la Tierra (Etienne De Clave, químico y alquimista francés del siglo XVII).

A pesar de que estas teorías puedan resultar peregrinas, también hay que mencionar que, mucho antes, filósofos y pensadores árabes como Avicenna (siglo XI) ya propusieron que los espeleotemas se formaban por los contenidos que llevaba el agua al percolar por el subsuelo, aunque el proceso de precipitación no fuera bien entendido todavía. Todas estas hipótesis nacieron al amparo de la consideración de que las cavidades eran algo misterioso e inescrutable, un mundo donde todo era extraño y desconocido.

Pero el problema residía en explicar cómo era posible la disolución de la roca carbonatada y su posterior precipitación. Una de las primeras ideas al respecto fue la de Johann Gottlob Lesser (siglo XVIII) que atribuyó la disolución de la caliza a la acción del "spiritus acido-aereous", un ácido contenido en la atmósfera de las cavidades. Ese ácido misterioso, el ácido carbónico, capaz de disolver la roca, fue posteriormente identificado por George Cuvier (siglo XIX) refiriéndose en sus escritos como el causante, tras su evaporación, del depósito de estalactitas y estalagmitas.



Estalagmitas en plato (pile plate stalagmites) en la Sima Bego (fotos: Francisco Hoyos)

Finalmente, la consideración definitiva de que era el CO<sub>2</sub> el verdadero motor de la karstificación y origen de ese ácido carbónico, podría ser atribuida, tal vez, a Justus Von Liebig, químico alemán que en 1830 propuso que la concentración de CO<sub>2</sub> existente en el suelo por la actividad de las raíces y su combinación con el agua de infiltración era la causa de la disolución de las rocas carbonatadas.

Como curiosidad, los espeleotemas, a lo largo de la historia, también han sido explotados por el hombre para usos terapéuticos. Cabe destacar la utilización del moonmilk o las estalactitas trituradas, tanto en la farmacopea occidental como oriental, como cataplasmas e incluso su administración oral para aumentar la leche de las mujeres lactantes [15].

Últimamente, los espeleotemas han adquirido también una importancia notable desde el punto de vista científico. Numerosas investigaciones recientes han mostrado que los espeleotemas pueden ser una buena herramienta paleoambiental, en el sentido de que pueden ser utilizados como indicadores paleoclimáticos mediante la interpretación de sus trazas isotópicas y la edad de su formación [6].

Finalmente, indicar que la mineralogía de los espeleotemas puede ser enormemente variada. Existen más de 150 especies minerales distintas que han sido descritas como formadoras de espeleotemas

[14]. Sin embargo, tres minerales, la calcita (CaCO<sub>3</sub>), el aragonito (polimorfo rómbico de la calcita) y el yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) constituyen prácticamente la totalidad de todos los espeleotemas.

### ESPELEOTEMAS DE LAS CAVIDADES ANDALUZAS

En Andalucía hay un conjunto reducido de cavidades que por su singularidad espeleogenética albergan una variedad de espeleotemas fuera de lo común. Estas cuevas son la Gruta de las Maravillas de Aracena, la Cueva de Nerja, la Cueva del Agua de Iznalloz y las cavidades del Karst en yeso de Sorbas. Prácticamente, considerando estas cuatro cavidades o áreas kársticas y algunas más, puntualmente descritas en este capítulo, se obtiene un elenco bastante representativo de los espeleotemas de las cavidades andaluzas.

Existen numerosas clasificaciones de espeleotemas, tal vez surgidas por el propio hecho de que los espeleotemas resultan intrínsecamente difíciles de clasificar. Algunas clasificaciones atienden más a la forma del espeleotema, otras a su composición química y hábito mineralógico y otras a su génesis. A este hecho se unen dos problemas más. Por un lado, muchos espeleotemas tienen génesis complejas que resultan de la combinación de distintos procesos fisicoquímicos cuya interacción es poco entendida todavía. Por otro lado, la confusión terminológica que se genera dada la enorme

cantidad de sinónimos, muchas veces confusos, que reciben los distintos espeleotemas al intentar nombrarlos con un mote meramente descriptivo, dificulta todavía más su correcta clasificación. Por este motivo, el lector encontrará en ocasiones, cuando se describa un espeleotema concreto en el presente texto, algún sinónimo o nombres frecuentemente utilizados en el ámbito científico, habitualmente en inglés, que permita centrar desde el punto de vista terminológico el tipo de espeleotema al que nos referimos.

En nuestro caso se ha optado por clasificarlos atendiendo al lugar de la cavidad donde se desarrollan. Evidentemente es una clasificación muy sencilla, pero que tiene la particularidad de que la génesis del espeleotema está ligada, lógicamente, a la ubicación del mismo en la cavidad. Posteriormente, los espeleotemas se han agrupado por presentar relaciones genéticas bastante estrecha.

De esta forma, se han dividido los espeleotemas en espeleotemas subaéreos, originados por aguas de goteo y/o condensación de la cavidad y espeleotemas acuáticos, cuya génesis se relaciona con la precipitación mineral justo en la superficie del agua o por debajo de ella (Tabla 4.1). Sin embargo, hay que remarcar que algunos espeleotemas se pueden desarrollar tanto de forma subaérea como subacuática.

### Estalactitas, estalagmitas y columnas (Aéreos - Grupo I)

Son las formas más conocidas y abundantes y tal vez las que impresionan más al visitante. Pero hay que hacer notar que dentro de este grupo de espeleotemas se ubican numerosas variedades y subvariedades. Muchas de ellas están presentes en las cavidades andaluzas. En cuanto a la génesis de estos espeleotemas, basta recordar que la formación y crecimiento de las **estalactitas** carbonáticas está relacionada esencialmente con la pérdida de CO<sub>2</sub> de la gota que atraviesa el espeleotema a favor de un conducto central. Está pérdida de CO<sub>2</sub> provoca la precipitación de carbonato de calcio justo en el ápice de crecimiento del espeleotema. La génesis de las **estalagmitas** se relaciona con el proceso de salpicadura (splash) que sufre el agua de goteo al impactar en el suelo en su caída. De nuevo es la pérdida de CO<sub>2</sub> contenido en el agua de esa gota que, tras el impacto, es el responsable de la precipitación de la calcita. Las **columnas**, formadas por la unión de estalactitas y estalagmitas o por la llegada al suelo de las estalactitas en su crecimiento, pierden el conducto central pasado su crecimiento a ser similar al de las coladas subaéreas (flowstone). La Cueva de Nerja es tal vez el ejemplo más notable en Andalucía de este tipo de espeleotemas. Innumerables estalactitas, estalagmitas y columnas (una de ellas,

Clasificación de los Espeleotemas más comunes en Andalucía				
	Tipo / variedad	Procesos asociados	Abundancia (1-3)	Cavidad "tipo"
AÉREOS	Antiestalagmitas	Disolución/Precipitación	●	Cueva del Agua de Iznalloz
	Banderas	Goteo, Flujo laminar	●●●	Cueva del Agua de Iznalloz
	Bolas de yeso	Capilaridad	●	El Tesoro de Sorbas
	Círculos de goteo	Splash	●	Nerja
	Coladas	Flujo laminar	●●●	Nerja
	Columnas	Flujo laminar	●●●	Nerja
	Conulitos	Erosión/Precipitación	●●	Sima Cacao
	Coraloides / subaéreos	Capilaridad, splash	●●●	Nerja*
	Escudos	Capilaridad, flujo laminar	●●	Nerja
	Estalactitas	Goteo	●●●	Nerja
	Estalactitas / fistulosas	Goteo	●●	Nerja*
	Estalagmitas	Goteo, splash	●●●	Nerja
	Estalagmitas / en plato	Goteo, splash	●●	Sima Bego
	Estalagmitas / huecas	Disolución/Precipitación	●	Covadura de Sorbas
	Frostwork	Capilaridad	●●	Gruta de las Maravillas
	Perlas	Goteo, capilaridad	●	Gruta de las Maravillas*
	Helictitas	Capilaridad, goteo, hábito	●●	Gruta de las Maravillas
Microgours	Flujo laminar, capilaridad	●●	Gruta de las Maravillas	
Moonmilk / subaéreo	Alteración/Precipitación	●	Nerja*	
Aceras	Tensión superficial	●●	Gruta de las Maravillas	
ACUÁTICOS	Calcita flotante	Tensión superficial	●●	Arroyo de la Rambla PB-4
	Calcita flotante / Conos de	Goteo, sedimentación	●	Gruta de las Maravillas
	Coraloides / subacuáticos	Sobresaturación subacuática	●●	Gruta de las Maravillas
	Espar	Sobresaturación subacuática	●	Gruta de las Maravillas*
	E. epiaquáticas / Piñas	Sobresaturación subacuática	●	Arroyo de la Rambla PB-4
	Gours	Flujo laminar	●●	Hundidero-Gato
	Nubes	Sobresaturación subacuática	●●	Gruta de las Maravillas

\*Observables en los sectores no vistables de estas cavidades

Tabla 4.1. Principales espeleotemas de las cuevas andaluzas con indicación de los principales procesos que actúan en su génesis y la cavidad donde suele ser relativamente frecuente o donde se ha descrito de forma específica

la ubicada en la Sala del Cataclismo, con unos 50 metros de altura) tapizan suelos y techos de sus principales salas.

Existen numerosas variedades de estalactitas y estalagmitas con génesis particulares relacionadas con procesos de evaporación, capilaridad o complejos equilibrios entre distintas sustancias disueltas en el agua. Por ejemplo, son notables las **estalactitas fistulosas** (soda-straws) que adquieren una gran longitud mientras que su diámetro solo supera escasamente el tamaño de la gota en el conducto de goteo. Para la formación de las estalactitas fistulosas se requiere un flujo (goteo) enormemente constante tanto en caudal como en composición química y unas condiciones muy estables en el aire de la cavidad. Las fistulosas también suelen ser el inicio de la formación de las estalactitas. Los cristales de calcita que precipitan justo en el orificio de goteo se orientan paralelamente al flujo de la gota, mientras que en las paredes exteriores permanecen perpendiculares al conducto [21].

Otra variedad de estalagmitas son las **estalagmitas huecas** (hollow stalagmites), que en este caso se desarrollan en yeso. Se trata de estalagmitas que, curiosamente, mantienen un orificio central a lo largo de ellas. En la formación de espeleotemas yesíferos como este, el  $\text{CO}_2$  no interviene de forma directa en su génesis. El orificio central de estas estalagmitas se forma tras la precipitación de carbonato de calcio en las estalactitas superiores, lo que mantiene el agua de goteo agresiva, con respecto al yeso en un primer instante. La precipitación del espeleotema en sí sucede por capilaridad y evaporación posterior de esa agua de goteo agresiva con la consiguiente precipitación de sulfato de calcio por sobresaturación. En Andalucía están los únicos ejemplos descritos a escala mundial de estos espeleotemas, localizados en el karst en yeso de Sorbas [2].

Estalagmitas huecas (hollow stalagmites) en el Sistema Covadura, Sorbas (foto: Jabier Les)



Estalactitas fistulosas en la Cueva de Nerja (foto: Federico Ramírez Trillo)

En otras ocasiones, las estalagmitas adquieren una morfología muy peculiar, como si se tratase de "estalagmitas en platos apilados" o, en otras ocasiones, se asemejan a "huevos fritos" con un centro coloreado por óxidos de hierro. Ello es debido a la gran cantidad de factores que pueden controlar su forma: saturación,



Escudo (cave shield) en la Cueva de Nerja (foto: Federico Ramírez Trillo)

composición química, altura de caída de la gota que la forma, junto con procesos de capilaridad y evaporación añadidos al splash. Buenos ejemplos de este tipo de **estalagmitas en plato** (pile-plate stalagmite) se pueden encontrar en la Sima Bego (Mollina).

#### Coladas, banderas y escudos (Aéreos - Grupo II)

Otro conjunto de espeleotemas muy abundante son las formas parietales, es decir aquellas que se forman frecuentemente recubriendo las paredes de las cavidades estando su génesis relacionada con el flujo de la lámina de agua, mas que con el efecto del goteo.

Coraloides creciendo alrededor de las salpicaduras de una estalagmita en la Gruta de las Maravillas (foto: Francisco Hoyos)



Las **coladas** (flowstone) se depositan frecuentemente en capas sucesivas configurando un bandeado característico constituido, habitualmente, por cristales de calcita dispuestos perpendicularmente a las capas de crecimiento. Están presentes en muchas cavidades andaluzas siendo uno de los ejemplos más notables la Cueva de Don Fernando (Castril), con una gran colada de más de 30 metros de altura. También son frecuentes las coladas desarrolladas por debajo de la superficie de agua, especialmente en cursos hídricos activos.

Las **banderas** (draperies), también muy abundantes, son espeleotemas que suelen crecer en paredes inclinadas a modo de cortinas colgantes. Su génesis, mixta entre una colada y un espeleotema de goteo, se relaciona con el tortuoso escurrir de la gota. Inicialmente son relativamente rectilíneas, solo onduladas por efecto de las irregularidades de la pared. Posteriormente estas irregularidades se acentúan debido al depósito preferencial de calcita justo en los bordes de cada curva, allí donde se puede producir una mayor pérdida de  $\text{CO}_2$ . Buenos ejemplos de grandes banderas se pueden observar en la Sala de los Dientes del Dragón en la Cueva del Agua de Iznalloz.

Los **escudos** (cave shields) se asemejan mucho a las coladas, por lo que suelen ser confundidos con ellas. Se trata de espeleotemas en forma de disco oval, que parecen extrudir de la roca. Son estructuras dobles, en el sentido de que constan realmente de dos discos prácticamente juntos. Entre el espacio creado entre ambos discurre el agua de forma capilar-laminar depositándose los dos discos a la vez. En el disco inferior suelen crecer coladas y banderas. En la Cueva de Nerja se han encontrado maravillosos ejemplos de estos espeleotemas.

### Coraloides subaéreos y "frostwork" (Aéreos - Grupo III)

El término **coraloide** (*coralloid*) agrupa a multitud de espeleotemas de variadísimas formas y génesis asociados por la similitud morfológica que suelen presentar con los corales. Son muy frecuentes y aparecen recubriendo tanto paredes, techo y suelo de las galerías y salas, así como, en ocasiones, con ubicación subacuática. Las formas subaéreas, que son las más abundantes, tienen como característica común que su génesis está relacionada con el movimiento capilar del agua en forma de finísimo film. Se obtienen así, dependiendo de la composición química del agua capilar y de las condiciones microclimáticas particulares del entorno, formas que recuerdan a los corales o, con imaginación, a flores, pequeñas plantas, palomitas de maíz, escamas y un sinfín de nomenclatura popular elaborada al respecto. La evaporación que sufre el agua capilar del coraloide puede ser la responsable de las peculiares formas que puede adoptar, dirigiendo su crecimiento preferencial hacia unos lugares u otros. La condensación y los aerosoles en la cavidad también pueden influir en su génesis. Uno de los espeleotemas coraloideos más conocidos en Andalucía son las denominadas "uñas", encontradas en la Cueva de Nerja y que hoy son también un símbolo de la variedad de espeleotemas presente en esta cavidad. Por otro lado, la mineralogía de los coraloideos puede ser muy variada, siendo también frecuente encontrar coraloideos tanto de yeso como de aragonito.

Un tipo especial de coraloide son las **bolas de yeso** (*gypsum balls*). Se trata de espeleotemas a modo de abultamientos esféricos que crecen por exudación de la pared yesífera. Su crecimiento está relacionado con procesos capilares entre los propios cristales de yeso que precipitan y la evaporación en la corteza exterior de la bola. Frecuentemente están huecas en su interior o rellenas de arcilla [2].

Otros espeleotemas que podrían incluirse dentro de este grupo son los **círculos de goteo** (*cave rings*). Son pequeños coraloideos que configuran un círculo casi perfecto alrededor de un punto de goteo. Se originan por la salpicadura (*splash*) que genera un spray de minúsculas gotas que vuelven a caer a una determinada distancia del goteo central. El diámetro del círculo viene determinado esencialmente por la altura a la que cae la gota. En

Coraloides en forma de bolas de yeso en el karst de Sorbas (foto: Jabier Les)



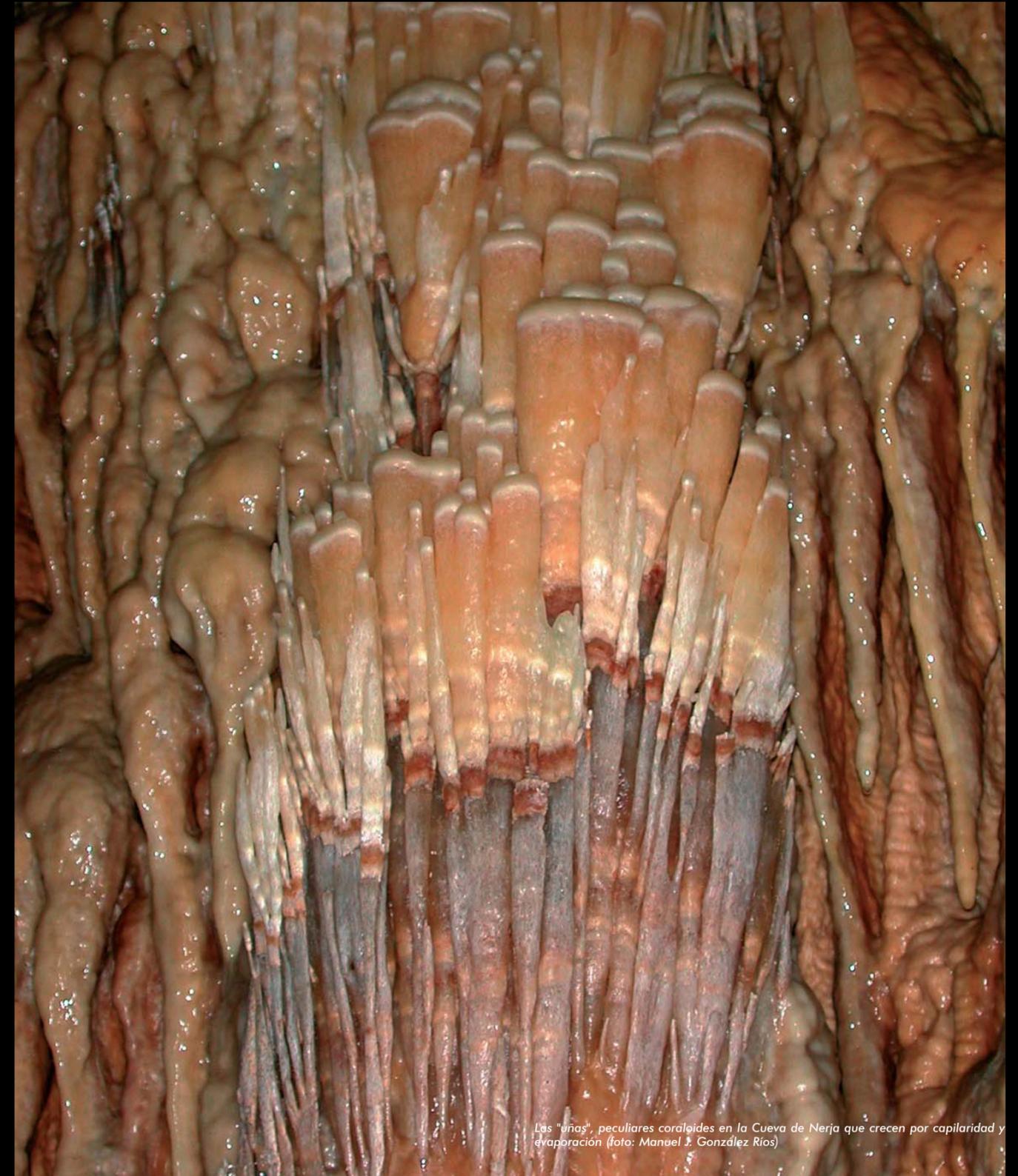
la Cueva de Nerja se han encontrado muy buenos ejemplos de este curioso espeleotema.

El término **frostwork** (literalmente: "escarcha") hace alusión a espeleotemas, frecuentemente monominerálicos, constituidos por un conjunto de agujas o acículas que parten de un punto de crecimiento común. Reciben otros nombres particulares, pero tal vez el más empleado es el de "**flores de aragonito**" -debido a que el *frostwork* más común está constituido por este mineral- aunque también se han encontrado ejemplos en yeso, calcita y otros minerales. Crecen en paredes o sobre otros espeleotemas y su génesis está relacionada con el propio hábito cristalino del mineral en forma acicular, el flujo capilar entre y sobre las agujas del *frostwork*, aerosoles, evaporación intensa, abundancia de iones extraños en solución y una percolación muy lenta a través de la roca caja [14]. En suma, una génesis hasta cierto punto similar a la de los coraloideos, pero la morfología que se obtiene es completamente distinta. Posiblemente sea la Gruta de las Maravillas de Aracena la cavidad donde estos espeleotemas aparecen con más ubucuidad, existiendo paredes e incluso salas enteras recubiertas de flores de aragonito. En la Gruta de las Maravillas se detectan muchos de estos factores que condicionan su formación como son la evaporación intensa y presencia de una roca de caja (mármoles paleozoicos) con una matriz relativamente poco permeable y alta concentración de iones extraños en el agua.

### Helictitas y antoditas (Aéreos - Grupo IV)

Las **helictitas** (*helictites*; "helikos"=espiral), también denominadas genéricamente excéntricas, son espeleotemas que tienen en común la presencia de un finísimo tubo central capilar de alimentación dirigiéndose su crecimiento en cualquier dirección desafiando las leyes de la gravedad. Son relativamente abundantes y uno de los espeleotemas más espectaculares que existen. Se han elaborado numerosas hipótesis sobre el origen de estos curiosos espeleotemas. En conjunto, estas hipótesis argumentan que su crecimiento errático (geotropismo) está controlado por multitud de factores, difíciles de diferenciar en cada caso, como fuerzas capilares, presión hidrostática, evaporación preferencial, depósito de impurezas en el ápice, drenaje intra e intercrystalino, rotación

Círculos de goteo en la Cueva de Nerja (foto: Manuel J. González Ríos)



Las "uñas", peculiares coraloideos en la Cueva de Nerja que crecen por capilaridad y evaporación (foto: Manuel J. González Ríos)



Helictitas de la Gruta de las Maravillas creciendo sobre paredes tapizadas de frostwork, nótese la coloración azul de los espeleotemas debido a la contaminación del aragonito por elementos cromóforos provenientes de la propia roca (foto: Francisco Hoyos)

de los ejes cristalográficos de la calcita durante el crecimiento ([19][26]) e incluso participación bacteriana [16]. La Gruta de las Maravillas de Aracena es sin duda la cavidad andaluza que más variedad de estos espeleotemas presenta, siendo frecuentemente aragoníticos en su composición [17]. Algunos de ellos, con particulares tonalidades azules, indican que en su composición mineralógica interviene, como impurezas, elementos cromóforos como el cobre [7].

Las **antoditas** (anthodites; "anthos"=flor) se podrían considerar como un espeleotema mixto entre el frostwork, helictitas y coraloides. Son poco frecuentes y difíciles de diferenciar morfológicamente de estos espeleotemas. Su característica principal es que se trata de racimos tubulares de excéntricas que parecen partir de un mismo punto, en forma de ramillete, pero con la característica de que no aparentan tener un conducto de alimentación central y tampoco se trata de cristales en forma de aguja. Se cree que se forman por el movimiento capilar del agua por la superficie del tubo quedando el conducto central (si lo presenta) restringido a un movimiento capilar menos importante o nulo [14].

Frostwork aragonítico en la Gruta de las Maravillas (foto: Francisco Hoyos)



### Conulitos y antiestagalmitas (Aéreos - Grupo V)

Los **conulitos** (conulites) son espeleotemas en forma de conos invertidos, con el ápice hacia abajo. Se forman debido al goteo del agua saturada sobre un material incoherente, como arcillas o arenas, el cual es lavado progresivamente formando un cono de goteo. Simultáneamente, el carbonato cálcico precipita en las paredes de este cono configurando una especie de copa que, si su entorno arcilloso es erosionado, acaba mostrándose como un conjunto de "cucuruchos" que parecen surgir del suelo. Alguno de los ejemplos más notables en Andalucía se encuentran en la Cueva de Nerja y en la Sima del Cacao (Villaluenga del Rosario), asociados frecuentemente a espeleotemas coraloides.

Una variedad muy especial de conulitos son las **antiestagalmitas**. Fueron descritas por primera vez en la Cueva del Agua de Iznalloz [10] y se forman, en vez de arcilla, en las arenas dolomíticas que pavimentan gran parte de la cueva. Su génesis se relaciona con la disolución incongruente de la arena dolomítica y la precipitación de una costra de calcita que configura las paredes del cono, en un

proceso denominado genéricamente dedolomitización [23]. Las hay de muy diversos tamaños, desde escasos centímetros hasta dimensiones métricas, como si de auténticos pozos se tratara.

#### Moonmilk (Aéreos - Grupo VI)

Tal vez sea el **moonmilk** (leche de luna o leche de las cavernas) uno de los espeleotemas más curiosos que se pueden encontrar en el interior de las cavidades. Se trata de depósitos de aspecto plástico o viscoso, humedecidos por la presencia de abundante agua en su constitución. En fases posteriores, cuando el moonmilk se deseca, adquiere un aspecto pulverulento que recubre paredes o espeleotemas. Su composición puede ser muy variada pero en esencia su mineralogía se restringe comúnmente a especies carbonatadas ricas en calcio y/o magnesio [8]. Los minerales más frecuentes en la composición del moonmilk son la calcita y la hidromagnesita, aunque frecuentemente está constituido por mezclas poliminerálicas muy complejas [14]. El origen del moonmilk ha suscitado, desde hace años, ciertas controversias ligadas a su mineralogía y a la posibilidad de que su génesis esté también ligada a la actividad bacteriana ([4][20]).

Los ejemplos más notables de moonmilk en Andalucía se han encontrado en la Cueva de Nerja [5] y en la Cueva del Agua de Iznalloz, en este último caso la mayor parte del moonmilk presente se encuentra ya desecado en forma de polvo.

#### Gours (Acuáticos - Grupo I)

Los **gours** (rimstone dams, rimstone pools) son diques travertínicos escalonados formados cuando el flujo de agua transcurre por una pendiente. El agua queda retenida en las represas así formadas pasando de un gour a otro por flujo laminar. Su tamaño es muy variable, desde escasos centímetros a varias decenas de metros. En general, en pendientes muy suaves los gours son de pequeño tamaño, mientras que en grandes pendientes se forman gours

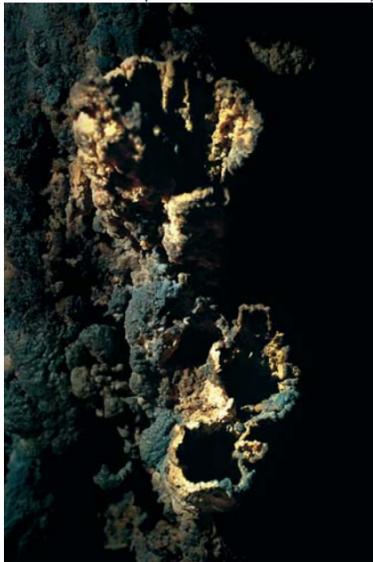
mayores y con sus paredes más altas ([28] en [14]). Su génesis está relacionada con la pérdida de  $\text{CO}_2$  en el borde del dique, al pasar el agua desde un gour al otro. Como en otros espeleotemas acuáticos, la tensión superficial en la superficie del agua también parece ser un factor a tener en cuenta en su formación y crecimiento [11]. A los gours, frecuentemente se le asocian otros espeleotemas subáereos como coladas o espeleotemas epiaquáticos como la calcita flotante.

Son numerosas las cavidades andaluzas que presentan estos espeleotemas y además con ejemplos muy notables. En el sistema Hundidero-Gato se localiza uno de los conjuntos de diques travertínicos más espectaculares que se puedan encontrar, localizados en la sala que precisamente lleva el nombre de "Sala de los Gours". Se trata de grandes gours escalonados sobre una pared de más de 20 de altura y fuerte pendiente. De esta forma, los gours formados son amplios y con diques que, fácilmente, superaran el metro de altura. Como ejemplo de pequeños y delicados gours formados en pendientes prácticamente horizontales hay que mencionar lo gours de la Gruta de las Maravillas. En este caso, serpentean en el suelo de numerosas salas de la Gruta y pasan a coladas cuando la pendiente se acentúa.

#### Conos y calcita flotante (Acuáticos - Grupo II)

La **calcita flotante** (cave rafts) son espeleotemas que se forman justo en la superficie del agua, flotando sobre ella. Se trata láminas de agregados minerales, normalmente calcita o aragonito, con menos de 1 mm de espesor que se mantienen en flotación gracias a la tensión superficial. Siempre se forman en lagos y charcas tranquilas por la pérdida de  $\text{CO}_2$  que se produce en la misma superficie del agua. Cuando la tensión superficial no puede soportar el peso de la escama de calcita ésta cae acumulándose en el fondo del lago adquiriendo, al amontonarse, un aspecto de laminillas de escarcha superpuestas y más o menos cementadas.

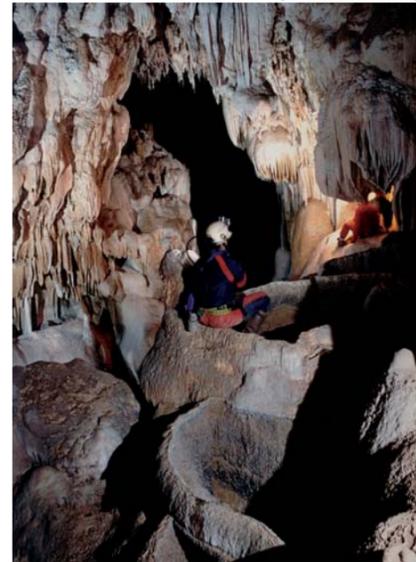
Antiestalagmitas de la Cueva del Agua de Iznalloz (foto: Manuel J. González Ríos)



Moonmilk sobre coraloides en la Cueva de Nerja (foto: Federico Ramírez Trillo)



Sala de los gours en el Sistema Hundidero-Gato (foto: Víctor Ferrer)



Microgours formados sobre coladas subhorizontales en la Gruta de las Maravillas (foto: Francisco Hoyos)

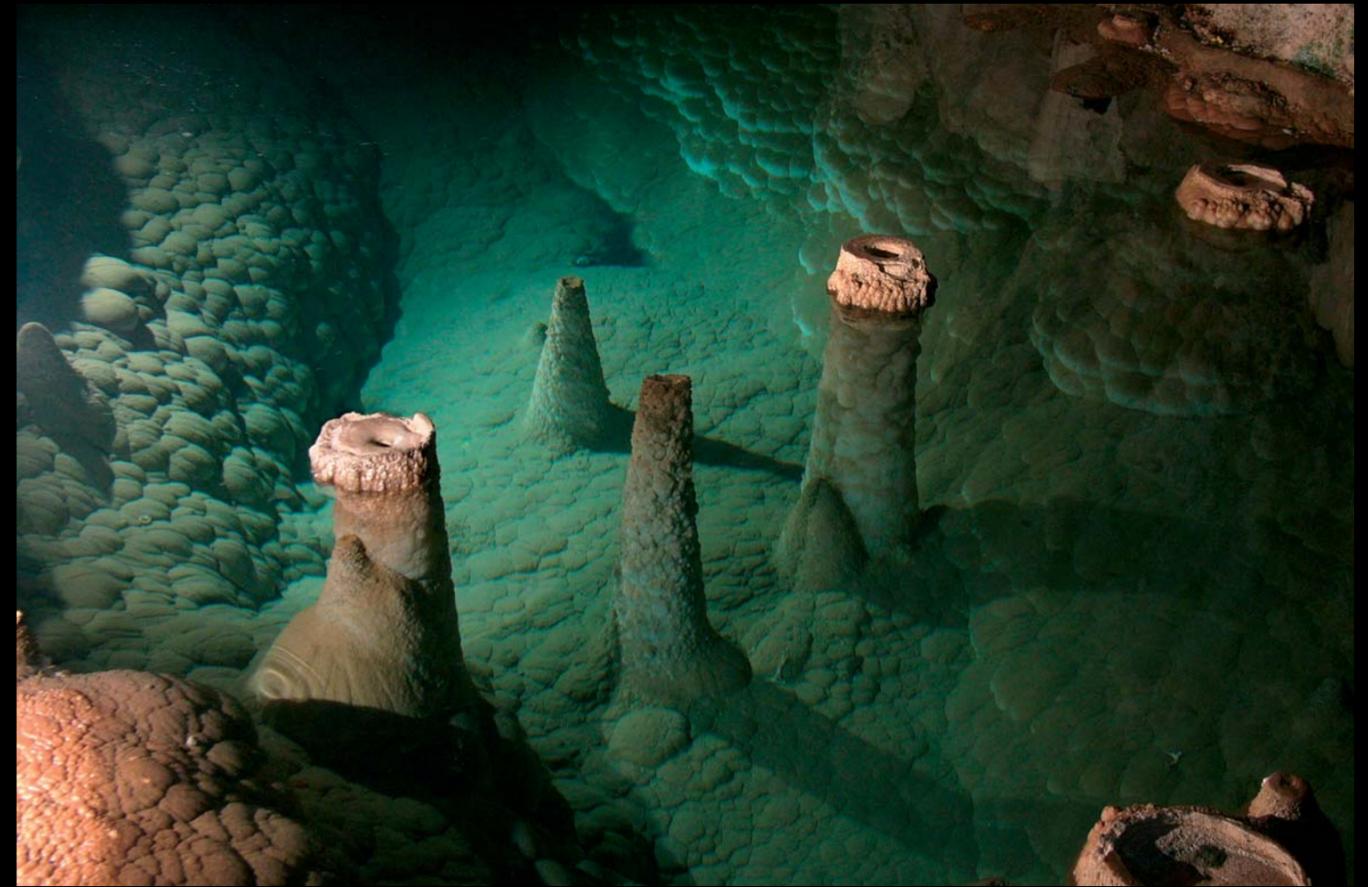


Calcita flotante en un pequeño lago de la Cueva de Nerja (foto: Federico Ramírez Trillo)

Cuando sobre la superficie del agua donde se está depositando la calcita flotante existe un goteo continuo, por ejemplo procedente de una estalactita, las láminas de calcita flotante tienden a hundirse en ese punto. Se forman así los **conos de calcita flotante** (cave cones), que se asemejan mucho a las estalagmitas pero diferenciadas por su estructura interna y sobre todo por la forma de cono perfecto y anormalmente alto, comparado con su base relativamente pequeña. Al llegar el ápice de los conos a la superficie del agua, o bien cuando el lago inicia su desecación, el agua de goteo puede perforar los conos (volcanes de calcita flotante) o formar coraloides a su alrededor.

Son numerosas las cavidades andaluzas donde aparece la calcita flotante. En muchas charcas de la parte no visitable de la Cueva de Nerja se puede encontrar este espeleotema formándose en la actualidad. También en los grandes gours del Sistema Hundidero-Gato y en los lagos de la Cueva del Agua de Sorbas. En el Sistema del Arroyo de la Rambla (Peal de Becerro) existe una curiosa galería, denominada con el expresivo nombre de "Galería de la Cebra", donde se ha producido el depósito de calcita flotante a medida que el nivel del lago descendía. La laminillas de calcita quedaron pegadas a las paredes de la galería configurando lineaciones de depósitos horizontales de "escarcha" de calcita flotante a distintos niveles.

Espectaculares conos de calcita de flotante en el Lago de las Esmeraldas, Gruta de las Maravillas de Aracena (foto: Francisco Hoyos)



Menos frecuentes son los conos de calcita flotante, pero en la Gruta de las Maravillas de Aracena existen magníficos ejemplos localizados en el Lago de las Esmeraldas. Estos conos pueden superar, en algunos casos, un metro de longitud. Inicialmente confundidos con geisermitas [7], algunos de ellos presentan una disolución en el ápice, por el agua de goteo, de forma que asemejan pequeños volcanes. Los conos de la Gruta son muy antiguos; han sido datados en  $101 \pm 5$  ka (ver capítulo sobre la Gruta de las Maravillas).

### Perlas (Acuáticos - Grupo III)

Las **perlas** de las cavernas (cave pearls), también denominadas esferulitos [26], son concreciones normalmente esféricas (aunque también las hay elípticas e incluso cúbicas) que se forman en charcas muy someras debido al continuo goteo sobre las mismas. Frecuentemente se les llama también oolitos o pisolitos aunque estos nombres tal vez haya que reservarlos a estructuras similares

Perlas de las cavernas en la parte no visitable de la Gruta de las Maravillas de Aracena (foto: Francisco Hoyos)



generadas por otros procesos distintos del goteo. Suelen presentar estructura interna bandeada con los cristales de calcita o aragonito dispuestos radialmente desde el centro de la perla, si bien existen ejemplos en los que esta estructura no se presenta [14]. Frecuentemente tienen un núcleo a partir del cual inician su crecimiento esferoidal. Este núcleo puede ser un pequeño canto o en ocasiones un fragmento de estalactitas fistulosas u otro espeleotema que van redondeándose y recubriéndose de calcita a medida que crecen. El movimiento que genera el agua de goteo y la tensión superficial impiden que las perlas se cementen entre sí, hasta que las condiciones fisicoquímicas del goteo se modifican. Sin embargo, no es necesario que las perlas giren completamente sobre sí mismas para su formación [13].

Las perlas de las cavernas aparecen en bastantes cavidades, aunque tampoco se puede decir que sean muy abundantes. Bellos ejemplos de perlas esféricas y elípticas se encuentran en la parte no visitable de la Gruta de las Maravillas.



Espar subacuático de calcita en la Gruta de las Maravillas de Aracena (foto: Francisco Hoyos)

### Nubes, espar y coraloides subacuáticos (Acuáticos - Grupo IV)

Se trata de un conjunto de espeleotemas que tienen en común que su crecimiento se efectúa por debajo de la superficie del agua. Las **nubes** (cave clouds) son coladas subacuáticas, ampliamente redondeadas, mamelonares, que se originan en lagos tranquilos con aguas sobresaturadas. El término **espar** (spar) hace referencia a grandes cristales euhedrales (bien formados, mostrando la mayor parte de sus caras) que generalmente crecen en condiciones freáticas o en lagos colgados. El mineral más frecuente del spar es la calcita, aunque también se han encontrado magníficos ejemplos de cristales métricos de yeso y otros minerales. El término también se aplica a espeleotemas subaéreos [15] como las agujas de selenita o los cristales de "calcita en dientes de perro", comunes en bastantes cavidades andaluzas. De igual forma que existen coraloides subaéreos,



Estalactitas bulbosas de la Cueva de Nerja (foto: Manuel J. González Ríos)

también los hay subacuáticos, diferenciándose de los primeros por las formas redondeadas que presentan. Las condiciones para la formación de grandes cristales subacuáticos atienden a la sobresaturación permanente de las aguas, escaso o prácticamente nulo movimiento y la necesidad de suficiente tiempo y espacio para que se favorezca su lento crecimiento.

Los ejemplos más espectaculares de nubes y coraloides subacuáticos se pueden observar en numerosos lagos de Gruta de

Acera en la Gruta de las Maravillas (foto: Francisco Hoyos)



las Maravillas de Aracena. Estalactitas, coladas y paredes aparecen recubiertos de estos espeleotemas, los cuales nos indican que la galería estuvo inundada hasta el nivel que ellos mismos marcan. Reciben nombres curiosos, pero alusivos a sus peculiares formas, como "la sala de los garbanzos" o "la galería de los desnudos". También en esta cavidad se han encontrado magníficos ejemplos de espar formado por bellos cristales euhedrales de calcita.

Un tipo especial de coraloides son los que se desarrollan sobre estalactitas sumergidas en el agua (**estalactitas epiacuáticas o bulbosas**). En esta situación, el conducto central de la estalactita acaba normalmente obstruyéndose y se genera un recrecimiento alrededor de la estalactita de acuerdo con las fluctuaciones del propio lago. Existen magníficos ejemplos de este tipo de espeleotemas en la Cueva de Nerja (denominadas aquí, "piñas") y en la Galería de los Niveles del complejo PB-4.

#### Aceras y coraloides epiacuáticos (Acuáticos - Grupo V)

Estos espeleotemas aparecen frecuentemente en la orilla de pequeños lagos. Su crecimiento marca la estabilidad de la lámina del agua durante la formación del espeleotema. Las **aceras** (shelfstones) tienen forma de plato, pegado a otros espeleotemas más o menos sumergidos o al mismo borde del lago, configurando su orilla en forma de acera. A veces, el inicio de la formación de las aceras está ligado a la presencia de calcita flotante que se adhiere en las orillas del lago. Relacionados con estos espeleotemas se suelen encontrar, en ocasiones, micro-gours. Su formación está relacionada con el intercambio gaseoso que se realiza entre la superficie del agua del lago y el aire y la sobresaturación de las aguas; ambos factores se magnifican preferentemente en los bordes del lago. Su grosor es congruente con los cambios estacionales del nivel del lago, de tal forma que cuanto más delgados son, indican una mayor constancia en el nivel.

Bellos ejemplos de aceras y coraloides subacuáticos se encuentran en la Gruta de las Maravillas, debido a que esta cavidad está completamente repleta de pequeños lagos, especialmente en sus niveles superiores. En otras cavidades, como el complejo del Arroyo de la Rambla aparecen antiguas aceras en galerías repletas de calcita flotante que marcan antiguos niveles de cavidad mediante aceras en forma de anillo de recrecimiento en estalactitas y otros espeleotemas.

Cabe decir, por último, que en el presente Capítulo no se ha descrito la totalidad de los espeleotemas que se pueden encontrar en Andalucía, pero sí los más significativos por su rareza o espectaculares por sus dimensiones. Quedan muchas cavidades andaluzas por explorar y es seguro que un futuro cercano aparecerán más y más espeleotemas que nos sorprenderán por sus formas y belleza y que generarán nuevas incógnitas en cuanto a su génesis particular.

#### Agradecimientos

Quiero agradecer muy vivamente a Francisco Hoyos, Federico Ramírez Trillo, Manuel González-Ríos, Jabier Les y Víctor Ferrer, el haber puesto a mi disposición sus maravillosas colecciones de fotografía del mundo subterráneo que han dado una inmejorable calidad visual al presente Capítulo.



Frostwork aragonítico en la Gruta de Aracena (foto: Francisco Hoyos)

#### REFERENCIAS

- [1] CALAFORRA, J.M. (1998) Karstología de Yesos. Universidad de Almería - Instituto de Estudios Almerienses eds., Serie Monografías Ciencia y Tecnología, 3: 384 p.
- [2] CALAFORRA, J.M. y FORTI, P. (1990). "Le pale di gesso e le stalagmite cave: due nuove forme di concrezionamento gessoso scoperte nelle grotte di Sorbas (Andalusia, Spagna)". Le Grotte d'Italia, (4) XV: 73-88.
- [3] CALAFORRA, J.M.; FORTI, P. y PULIDO-BOSCH, A. (1992). "Nota preliminar sobre la influencia climática en la evolución espeleogenética en yesos con especial referencia a los afloramientos kársticos de Sorbas (España) y de Emilia Romagna (Italia)". Espeleotemas, 2: 9-18.
- [4] CAÑAVERAS, J.C.; HOYOS, M.; SANCHEZ-MORAL, S.; SANZ-RUBIO, E.; BEDOYA, J.; SOLER, V.; GROTH, I.; SCHUMANN, P.; LAIZ, L.; GONZALEZ, I. y SAINZ-JIMENEZ, C. (1999). "Microbial communities associated with hydromagnesite and needle-fiber aragonite deposits in a karstic cave (Altamira, northern Spain)". 16 (1): 9-25.
- [5] CASAS, J.; MARTÍN DE VIDALES, J.L.; DURÁN, J.J.; LÓPEZ MARTÍNEZ, J. y BAREA, J.: (2002). "Presencia y mineralogía de depósitos de tipo moonmilk en la Cueva de Nerja (Málaga)". En: Karst and Environment, Actas del Simposio Internacional sobre Karst y Medio Ambiente (Carrasco, F., Durán, J.J. y Andreo, B., eds.), 485-489. Nerja.
- [6] DE CISNEROS, C.J.; CABALLERO, E.; VERA, J.A.; DURÁN J.J. y JULIÁ, R. (2003). "A record of pleistocene climate from a stalactite, Nerja cave, southern Spain". Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 189 (1-2): 1-10.
- [7] DEL VAL, J.; DURÁN, J.J. y RAMÍREZ-TRILLO, F. (1999). "La gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva)". En: Karst en Andalucía (Durán, J.J. y López-Martínez, J., eds.), 183-187. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid.
- [8] DURÁN, J.J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; MARTÍN DE VIDALES, J.L.; CASAS, J. y BAREA, J. (2001). "El moonmilk, un depósito endokárstico singular. Presencia en cavidades españolas". Geogaceta, 29: 43-46.
- [9] DURÁN, J.J.; VALLEJO, M. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (2000). "Nueva propuesta de clasificación de los espeleotemas". Geotemas, 1(3): 337-340.
- [10] FERNÁNDEZ-RUBIO, R. y ERASO, A. (1975). "Nuevas formas kársticas erosión-precipitación en la Cueva del Agua (Granada, España)". Annales Spéléologie, 30(4): 655-663.
- [11] FINLAYSON, B.L. y LI, S. (1993). "Some observations on the genesis of rimstone gours and dams". Proceedings of the 11th International Congress of Speleology, 70-83. Pekin.
- [12] FORD, D. (2002). "Trees of stone! -Speleothems, their beauty, their history, their conservation". En: The Sustainable Management of Cave: Academic and Policy Implications (Kangwon Development Research Institute, ed.), 4th Samcheok International Cave Symposium, 31-42. Samcheok (Shouth Korea).
- [13] FORTI, P. (1984). "Le evoluzione dei pisoliti". Le Grotte d'Italia, ser. 4 (11):487-495.
- [14] HILL, C. y FORTI, P. (1995). "The classification of cave minerals and speleothems". International Journal of Speleology, 24 (1-4): 77-88.
- [15] HILL, C. y FORTI, P. (1997). "Cave minerals of the world". National Speleological Society (ed.), 463 pp.
- [16] LE METAYER, G.; CASTANIER, S.; LOUBIERE, J.F. y PERTHUISOT, J.P. (1997). "Bacterial carbonatogenesis in caves. SEM study of an helictite from Clamouse, Herault, France". Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie Sciences de la Terre et des Planetes, 325 (3): 179-184.
- [17] MARTÍN-ROSALES, W.; LÓPEZ CHICANO, M.; RODRÍGUEZ, C.M. y PULIDO-BOSCH, A. (1995). "Morfología, espeleotemas y climatología de la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva)". Espeleotemas, 5: 51-62.
- [18] MOORE, G.W. (1952). "Speleothem, a new cave term. National Speleological Society (NSS) News, 10(6): 2.
- [19] MOORE, G.W. (1954). "The origin of helictites". National Speleological Society (NSS) Occasional Papers, 1: 1-16.
- [20] NORTHUP, D.E., y LAVOIE, K.H. (2001). "Geomicrobiology of caves: A review". Geomicrobiology Journal, 18 (3): 199-222.
- [21] ONAC, B.P. (1997). "Crystallography of speleothems". En: Cave minerals of the world (Hill, C. y Forti, P.), 230-235.
- [22] RODRÍGUEZ VIDAL, J.; ÁLVAREZ GARCÍA, G.; MARTÍNEZ AGUIRRE, A.; ALCARAZ PELEGRINA, J.M.; CÁCERES L.M.; MELGAR ROJO, J.Y.; BERNABÉ GONZÁLEZ, J. y CARO GÓMEZ, J.A. (2000). "Fases isotópicas de evolución kárstica en la cueva de los Covachos (Almadén de la Plata, Sevilla)". I Congreso Andaluz de Espeleología, 335-340. Ronda (Málaga).
- [23] RODRIGUEZ-FERNANDEZ, J. y MARTIN-PENELA, A.J. (1995). "Origin of some atypical speleothems (stalagmitic pipes) and the role of concomitant dedolomitization in their formation". Journal of Sedimentary Research, 65 (3): 547-551.
- [24] RODRÍGUEZ-VIDAL, J.; ÁLVAREZ-GARCÍA, G.; ALCARAZ-PELEGRINA, J.M.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, A.; CÁCERES, L.M. y CANTANO, M. (2000). "Episodios cuaternarios de sedimentación química en la cueva de Los Covachos (Almadén de la Plata, Sevilla)". Geogaceta, 29: 139-142.
- [25] RODRÍGUEZ-VIDAL, J.; ALVAREZ-GARCÍA, G.; CÁCERES, L.M.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, A.; ALCARAZ, J.M.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; RIQUELME, J.M.; RECIO, J.M.; NÚÑEZ-GRANADOS, M.A.; RODRIGO, J.M.; MOLINA, J. y MORENO, A.B. (2000). "Registro sedimentario del cuaternario reciente en la Cueva de la Sima, Sierra Norte de Sevilla". Bol. Soc. Esp. Espeleología y Ciencias del Karst Sedeck, 4: 80-87.
- [26] SELF, C. y HILL, C. (2003) "How speleothems grow: An introduction to the ontogeny of cave minerals". Journal of Cave and Karst Studies, 65 (2): 130-151.
- [27] SHAW, T.R. (1992). "History of cave science: the exploration and study of limestone caves to 1900". Sydney Speleological Society (ed.), 338 pp.
- [28] WARWICK, G.T. (1952). "Rimstone pools and associated phenomena". Transactions Cave Research Group, 2 (2): 149-165.

## II. BIOESPELEOLOGÍA

### Introducción Bioespeleológica al Karst de Andalucía

(Pablo Barranco)

La primera aproximación a la bioespeleología en Andalucía está ligada al aprovechamiento del guano como fertilizante de cultivos. Puig y Larraz en su inventario de cavidades de 1896, destaca la existencia de abundante murciélaguina en seis cavidades andaluzas, y concretamente recoge la presencia de grandes colonias de estos murciélagos en dos cuevas de la provincia de Málaga. Esta práctica condujo al descubrimiento de algunas de las cavidades más emblemáticas de la Comunidad Andaluza, como la Cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga) o la Cueva de los Murciélagos (Zuheros, Córdoba).

Hasta comienzos del siglo XX no se presta atención a la fauna invertebrada cavernícola, Los primeros datos están ligados a las exploraciones arqueológicas desarrolladas por el Abate Henri Breuil. Recogía muestras zoológicas como complemento a sus propias investigaciones, realizando así mismo anotaciones sobre las circunstancias de estas capturas. Enviaba los ejemplares al entomólogo René Jeannel, el cual a su vez los distribuía entre diferentes especialistas para su estudio. Todas estas prospecciones están recogidas en sucesivos artículos publicados por Jeannel y Racovitza durante los años 1914, 1918 y 1929.

Las primeras décadas de la segunda mitad del siglo XX apenas supusieron algún avance al conocimiento de la entomofauna cavernícola andaluza, lo cual inculcó en muchos entomólogos de la época la creencia generalizada de que las cuevas del sur peninsular albergaban muy poca fauna y en su mayoría epigea. No es hasta la última década de esa centuria cuando se emprenden estudios sistemáticos sobre la fauna cavernícola subvencionados con fondos públicos y desarrollados tanto por investigadores vinculados a centros de investigación como especialistas que realizan estudios de forma puntual. Todo ello ha generado un importante número de artículos que han incrementado de forma espectacular las especies conocidas y el número de nuevos taxones descritos.

Puede constatarse cierta asimetría en cuanto a las zonas estudiadas en Andalucía, ya que las primeras prospecciones se ejecutaron fundamentalmente en las provincias occidentales (Cádiz y Málaga) y los estudios más sistemáticos coinciden con la ubicación de nuevos grupos de investigación, en las provincias orientales (Granada y Almería). Ello queda reflejado en el elevado número de taxones citados en estas dos últimas provincias en cuanto a organismos terrestres se refiere. La entomofauna andaluza se caracteriza por una elevada diversidad y un alto grado de endemismo. Los últimos hallazgos permiten relacionar la fauna cavernícola andaluza con la del Levante ibérico, si bien el descubrimiento de algunas nuevas especies plantea verdaderas incógnitas biogeográficas, algunas con especies afines en áreas biogeográficas disjuntas pero relativamente próximas como es el caso de las últimas especies descritas de *Plusiocampa*. O el caso de la subfamilia *Dalyatinae* de coleópteros descrita en 2002 con representantes *Promecognátidos* en el noreste de América del Norte, Sudáfrica y sureste ibérico.

La aportación científica ligada al estudio de la entomofauna cavernícola andaluza acaba de empezar, pero ya puede considerarse como una de las más importantes de Europa.

*"Meta bournei, araña cavernícola de las cavidades andaluzas (foto: Alberto Tinaut)*



## LOS QUIRÓPTEROS CAVERNÍCOLAS DE ANDALUCÍA

5

JOSÉ ANTONIO GARRIDO GARCÍA

CARLOS IBÁÑEZ

ALBERTO FIJO

ELENA MIGENS

JESÚS NOGUERAS

JUAN QUETGLAS

ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA (CSIC)

Los murciélagos o quirópteros son los únicos mamíferos voladores, y uno de sus grupos más variados y extendidos, con más de 1000 especies presentes en casi todos los ecosistemas terrestres [16]. El éxito de la relación entre murciélagos y cuevas los convierte en los mamíferos más frecuentes en los medios subterráneos, debido a que estos lugares mantienen unas condiciones climáticas estables y predecibles, excelentes para que estos animales desarrollen su compleja estrategia de supervivencia, además de ser inaccesibles para la mayor parte de sus enemigos.

### LAS CLAVES DE UN ÉXITO

Las alas de los murciélagos están formadas por una fina membrana de piel (patagio) que se extiende entre sus costados y los alargados dedos de sus extremidades anteriores, que toman un aspecto similar a varillas de paraguas, y engloba sus patas posteriores y cola. Son nocturnos, orientándose en la oscuridad gracias a un sofisticado sistema de ecolocación. Los ultrasonidos emitidos a través de la boca o la nariz rebotan contra los objetos cercanos, y los ecos son captados por sus oídos e interpretados en su cerebro, creando una "imagen" de su entorno. Gracias a ello evitan los obstáculos y localizan y persiguen a sus presas [14].

La combinación de ambas facultades les ha permitido explotar el medio aéreo, vedado para otros mamíferos, y evitar la competencia de las aves diurnas y a casi todos los predadores. Además, estas peculiaridades son indispensables para utilizar las cuevas, accediendo a casi todos sus rincones, salvando obstáculos infranqueables para otros animales, y orientándose perfectamente en su interior.

Sin embargo, los murciélagos no utilizan cualquier cueva, sino que las seleccionan en función de sus necesidades, variables a lo largo del año. Estos cambios de residencia están relacionados con el

complejo ciclo vital que desarrollan y comparten con todos sus congéneres de las regiones templadas [13].

Todos los murciélagos cavernícolas europeos dependen de un alimento estacional que escasea durante el invierno, los insectos. Como otros mamíferos, eluden el problema almacenando grasa durante las estaciones favorables y pasando el invierno con un nivel de actividad muy bajo para sobrevivir con estas reservas hasta la primavera siguiente. La energía que dedican los animales homeotermos a mantener constante su temperatura corporal aumenta al hacerlo la diferencia entre esta y la del entorno. Los murciélagos limitan este gasto de energía mientras descansan "desconectando" el sistema de termorregulación, bajando su actividad metabólica, cardíaca y respiratoria, igualan su temperatura con la del ambiente, y entran en un estado conocido como torpor. Para volver a activarse, necesitan energía para recuperar una temperatura corporal adecuada. Para que el sistema sea rentable es necesaria una cuidadosa selección del lugar en el que entran en torpor, ya que la temperatura ambiente ha de ser lo suficientemente baja, pero no tanto como para que la energía necesaria para despertar supere a la ahorrada gracias a este mecanismo.

Los murciélagos machos han llevado esta táctica a su extremo. En primavera y verano buscan cavidades relativamente frescas, en las

que permanecen en torpor diurno y despiertan al atardecer para alimentarse. Al llegar el invierno, prefieren cuevas frías en las que entran en un torpor casi continuo (hibernación) hasta la primavera. Por el contrario, las hembras durante la época de cría procuran no usar el torpor diurno, ya que deben permanecer activas para la gestación y cuidado de la prole. Como alternativa en primavera y verano ocupan cavidades cálidas, en las que la diferencia entre temperatura corporal y ambiental y, por tanto, la energía requerida para la termorregulación, es menor. Cuando la cría termina siguen estrategias similares a los machos incluida la hibernación prolongada.

Las estrategias de ahorro energético por termorregulación tienen, a su vez, importantes repercusiones en la organización social de los murciélagos cavernícolas. Las colonias reproductoras reúnen a cientos, e incluso miles de hembras y crías en grupos muy compactos y más eficientes energéticamente porque su menor relación superficie - volumen disminuye sensiblemente la pérdida de calor. En consecuencia, estos murciélagos son muy gregarios y dan lugar a las mayores concentraciones de vertebrados que se pueden encontrar en Andalucía, sólo superadas por algunos dormideros de aves. El microclima de estas colonias hace coincidir en ellas a varias especies de murciélagos que se benefician mutuamente de su convivencia [9]. Incluso algunas de ellas no pueden agrupar por sí solas a los efectivos necesarios para mantener el calor necesario y dependen de las grandes colonias de otras especies para criar. Este es el caso del murciélago ratonero patudo, que sólo cría dentro de grandes parideras de murciélagos de cueva y/o murciélagos ratoneros grandes y medianos [1].



Murciélago pequeño de herradura en torpor con las alas cubriendo el cuerpo (foto: Jesús Nogueras)

Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrategia de caza (ver texto)	USO DE REFUGIO	mayores colonias andaluzas		Libro Rojo de los Vertebrados de Andalucía
					Cría	Invierno	
Rhinolophidae	Murciélago mediterráneo de herradura	<i>Rhinolophus euryale</i>	Murciélago azor	Cavernícola estricto	1061	2500	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago grande de herradura	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago azor	Cavernícola estricto	>750	> 700	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago pequeño de herradura	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Murciélago azor	Cavernícola estricto	565	51	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago mediano de herradura	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Murciélago azor	Cavernícola estricto	930	440	En peligro de extinción*
Vespertilionidae	Murciélago ratonero mediano	<i>Myotis blythii</i>	Rebuscador pastizales	Cavernícola estricto	2501	No conocidas	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago ratonero patudo	<i>Myotis capaccinii</i>	Rebuscador sobre agua	Cavernícola estricto	540	43	En peligro crítico de extinción*
	Murciélago ratonero ribereño	<i>Myotis daubentonii</i>	Rebuscador sobre agua	Cavernícola ocasional	150	50	Datos insuficientes
	Murciélago ratonero pardo	<i>Myotis emarginata</i>	Rebuscador matorral	Cavernícola estricto	499	No conocidas	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago ratonero grande	<i>Myotis myotis</i>	Rebuscador suelo	Cavernícola estricto	>2200	1000	Vulnerable a la extinción*
	Murciélago ratonero gris	<i>Myotis nattereri</i>	Rebuscador matorral	Cavernícola estricto	411	No conocidas	Vulnerable a la extinción
	Orejudo gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Rebuscador matorral / suelo	Cavernícola ocasional	55	No conocidas	No catalogado
	Barbastela	<i>Barbastella barbastellus</i>	Cazador aéreo	Cavernícola ocasional	No conocidas	5	Vulnerable a la extinción*
Murciélago de cueva	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Murciélago halcón	Cavernícola estricto	10000	30000	Vulnerable a la extinción*	

Tabla 5.1. Especies de murciélagos cavernícolas presentes en Andalucía con sus principales características de estrategia de caza, gregarismo y estado de conservación. Con un asterisco se indican las especies incluidas en el Anexo II de la Directiva 92/43 de la Unión Europea ("especies de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación")

	REFUGIOS INVENTARIADOS	REFUGIOS VISTADOS	NÚMERO DE REFUGIOS CON COLONIAS								
			Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	ANDALUCÍA
Cuevas	2867	721	16	11	18	34	1	23	31	11	145
Minas	1474	901	11	3	16	12	31	2	5	21	101
Túneles	360	242	3	4	4	11	5	14	0	3	44
Edificios	404	227	5	0	4	9	0	11	0	0	29
Otros	800	785	0	4	5	5	0	3	7	2	26
<b>TOTAL</b>	<b>6084</b>	<b>2876</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>47</b>	<b>71</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>345</b>

Tabla 5.2. Resumen del total de refugios inventariados y visitados en Andalucía y distribución por tipos y provincias de los refugios que albergan colonias

Por otra parte, las diferentes estrategias de ahorro de energía seguidas por machos y hembras hacen que ambos sexos se separen en primavera y verano, usando cavidades diferentes o espacios distintos en la misma cavidad, y sólo se reúnan para la hibernación y el apareamiento otoñal. Las fechas de la cópula harían que buena parte de la gestación, el parto y el cuidado de las crías tuvieran lugar durante la hibernación de las hembras, lo que es incompatible con el torpor. Para evitarlo, la mayor parte de las hembras de nuestros murciélagos almacenan el esperma desde el otoño hasta comienzos de primavera, momento en el que se produce la fecundación y se inicia la gestación. El murciélago de cueva usa un mecanismo diferente: la fecundación es otoñal, pero el desarrollo del embrión se interrumpe hasta que en primavera se implanta en el útero [5].

Todo este complejo y elaborado entramado de adaptaciones morfológicas, mecanismos fisiológicos e interrelaciones entre individuos y especies convierte la vida de nuestros murciélagos cavernícolas en toda una proeza evolutiva. La refinada adaptación al medio en el que viven y la falta de enemigos naturales hacen que, aún siendo tan pequeños, su longevidad resulte extraordinaria, conociéndose ejemplares que han vivido más de 30 años. Así pueden mantener poblaciones estables aunque sólo producen una cría al año y las hembras no son capaces de criar hasta el segundo o tercer año de vida.

### LOS MURCIÉLAGOS TROGLÓFILOS ANDALUCES

Hay 22 especies de murciélagos en Andalucía, de las que 10 dependen estrechamente de las cavidades subterráneas para refugiarse y criar y otras 3 usan estos refugios de forma más ocasional ([11]; Tabla 5.1). El resto de los murciélagos andaluces utilizan fisuras en paredes rocosas o edificios (fisurícolas) o huecos en árboles (arborícolas) [9].

Los datos que nuestro equipo ha recopilado en los últimos 10 años, en su mayor parte inéditos, nos permiten apuntar alguna de las principales características de nuestras especies cavernícolas. Aunque siguen la estrategia vital antes expuesta, muestran una gran variedad morfológica y de estilos de vida.

Para empezar, no están homogéneamente distribuidos por la geografía andaluza. Todos dependen de la presencia de cavidades naturales o, en su defecto, minas abandonadas, y grandes poblaciones de insectos para alimentarse. A nivel general los murciélagos cavernícolas están bien representados en las sierras Béticas y Sierra Morena, pero son muy escasos o no aparecen en las campiñas y vegas del Guadalquivir, en las que no existen

cavidades subterráneas, o en los semidesiertos de Almería y Granada, en los que escasea el alimento (Figura 5.1). Como era de esperar la mayor parte de los refugios de Sierra Morena están en minas, mientras que en las sierras Béticas, más ricas en zonas kársticas, son las cuevas las que brindan la mayor cantidad de refugios (Figura 5.1, Tabla 5.2). Este patrón lo cumplen los murciélagos grandes, pequeños y mediterráneos de herradura; los murciélagos ratoneros ribereños, grandes, medianos, grises y pardos; y el murciélago de cueva.

Sobre la disponibilidad de refugios se superponen o predominan otros factores ambientales que crean diferencias entre la mitad occidental de Andalucía, con clima más suave y húmedo y grandes extensiones de encinares, alcornoques y dehesas, y la mitad oriental, más seca y fría y con bosques más maltratados y sustituidos por repoblaciones de pinos o matorrales abiertos. Esta división este - oeste se refleja en la abundancia de algunas

Murciélago mediterráneo de herradura (foto: Jesús Nogueras).



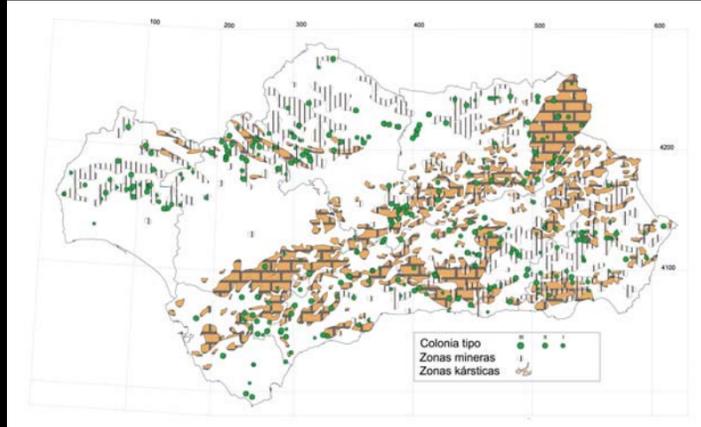


Figura 5.1. Distribución de los refugios con colonias de murciélagos cavernícolas en Andalucía en relación a las zonas kársticas y mineras de la región

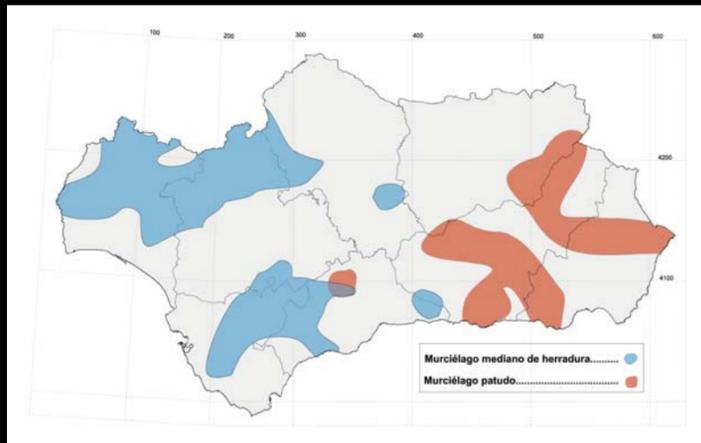


Figura 5.2. Patrones de distribución de especies de área restringida (murciélago mediano de herradura y murciélago patudo)

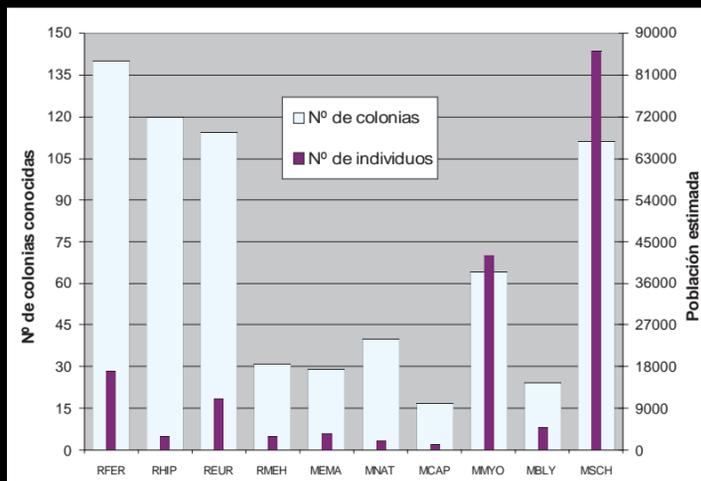


Figura 5.3. Número de colonias conocidas y tamaño poblacional de las principales especies de murciélagos cavernícolas en Andalucía. Las abreviaturas de las especies corresponden a la inicial del género y las tres primeras letras de la especie (ver Tabla 5.1)

especies presentes en todas nuestras sierras, pero también da lugar a que otras sólo aparezcan en una u otra mitad de nuestro territorio. En el primer caso se encuentra el murciélago ratonero grande, más abundante en la mitad occidental, y el murciélago grande de herradura, con sus mayores poblaciones en las sierras orientales. Entre las especies propias de estas últimas montañas se encuentran el orejudo gris, raro fuera del sur de Jaén, Granada y Almería; y el murciélago ratonero patudo, casi exclusivo de las tierras almerienses y el pie de monte de Cazorla – Segura (Figura 5.2). Por el contrario, el murciélago mediano de herradura sólo vive en el centro y oeste de Sierra Morena y en las sierras de Cádiz y el oeste de Málaga (Figura 5.2).

Las diferencias entre las distintas especies se repiten tanto en el tamaño de las colonias como a nivel poblacional (Figura 5.3). El murciélago de cueva es la especie más abundante y una de las más frecuentes. No es raro encontrar colonias de cría con miles de hembras, especialmente en las sierras de Cádiz y Málaga, y su población andaluza supera los 80000 animales. En el extremo opuesto se encuentran el murciélago pequeño de herradura, los murciélagos ratoneros ribereños, grises o pardos, y el orejudo gris, para los que existen datos menos precisos pero que cuentan con poblaciones de algunos miles de ejemplares ocupando solo algunas decenas de colonias (Figura 5.3).

A estas diferencias se suman otras que hacen que aunque compartan un mismo modo de vida (animales voladores, nocturnos e insectívoros que se refugian en cuevas), convivan aprovechando recursos distintos. En este reparto son importantes las diferencias en la forma de sus alas, tamaño, dentición y gritos de ecolocación. Estas características (Tabla 5.1) definen el tipo de artrópodos que prefiere cazar cada especie, y donde y como lo hace [4].

Los murciélagos de herradura (Rhinolophidae), llamados así por la forma de su hocico, incluyen a las especies más frecuentes en nuestras cuevas. Sus alas cortas y anchas les dotan de un vuelo potente y maniobrable que les permite evolucionar entre la vegetación o acechar a sus presas (mayoritariamente polillas y escarabajos estercoleros) colgados en una rama al borde de un claro para asaltarlos súbitamente. Si los comparamos con las rapaces diurnas, podríamos calificarlos de "murciélagos - azor".

Por el contrario, las alas largas y estrechas del murciélago de cueva le permiten volar velozmente, aunque su escasa maniobrabilidad le obliga a cazar en cielo abierto, pudiendo calificarlo como un "murciélago-halcón". Esto le permite buscar las polillas de las que depende a gran distancia de sus refugios: parte de los murciélagos de cueva de un refugio gaditano se desplazan unos 30 km para cazar cada noche en las marismas del Guadalquivir.

Entre el resto de nuestros murciélagos troglófilos destacan los pertenecientes al género Myotis, el más variado entre todos los mamíferos, tanto a nivel mundial como en Andalucía ([11][16]). La forma de las alas y ecolocación de las especies que viven en Andalucía les permiten desarrollar



Pequeña agrupación de murciélagos de cueva (foto: Jesús Nogueras)

una caza acrobática volando a corta distancia del sustrato buscando insectos que vuelan a baja altura o están posados. Parte de estos murciélagos "rebuscadores" (murciélagos ratoneros patudos y ribereños) cazan a baja altura sobre masas de agua, en las que capturan mosquitos que vuelan o están posados sobre el agua, o sus pupas, que flotan en la superficie, a los que añaden a veces pequeños peces. Las especies del grupo que alcanzan mayor talla cazan pequeños escarabajos sanjuaneros, cárabos, ciempiés o arañas sobre suelos desnudos entre los árboles (murciélago ratonero grande), o saltamontes en herbazales densos (murciélago ratonero mediano). Otros "rebuscadores" dedican su atención a moscas que duermen en paredes, ramas y hojas (murciélago ratonero gris) o a las arañas que tejen sus telas en la vegetación (murciélago ratonero pardo). El orejudo gris también usa esta estrategia cazando sobre todo pequeñas polillas en la vegetación, la hierba y el suelo.

Barbastela es un murciélago cavernícola bastante especial. Solo usa las cavidades para hibernar. En Andalucía en la actualidad se

encuentra restringido a algunas zonas del este (Cazorla, Segura, Baza y Almería) y cuenta con poblaciones muy pequeñas. En cuanto a su dieta está formada exclusivamente por pequeñas polillas.

### UN MUNDO AMENAZADO

Cada anochecer, miles de murciélagos se dispersan por campos y montes realizando una labor fundamental para la supervivencia de nuestros bosques, y para mantener en niveles tolerables las poblaciones de insectos que afectan nuestras cosechas o nuestra salud. Un solo murciélago puede capturar decenas en una noche. Una colonia de 1000 ejemplares durante un verano, podría eliminar centenares de miles de insectos. Sólo por eso, estos eficaces aliados merecerían ser protegidos. Sin embargo, en torno a ellos existe una leyenda negra tan injustificada como perjudicial. Así por ejemplo, los grabados del S. XIX nos muestran a las cuevas-vivienda del Sacromonte (Granada) con murciélagos crucificados sobre las puertas avisando al Diablo de lo que le esperaba si hacía una visita.

A esto se unen nuevos problemas que los están poniendo en una situación comprometida. La mecanización de la agricultura y el uso masivo de insecticidas destruyen las áreas de caza de las que dependen las colonias y reducen las presas disponibles. Además, los insecticidas se acumulan en el organismo de los murciélagos, pudiendo alcanzar niveles letales [7]. De otro lado, el creciente desarrollo de la espeleología deportiva y el turismo rural de "aventura" aumentan las molestias que producen las visitas a las colonias, lo que ha hecho desaparecer muchas de ellas [8].

Una visita a una colonia de cría puede producir la huida de los adultos y la muerte de las crías por hambre o por caídas. En invierno, aunque parezca que los murciélagos no reaccionan, notan nuestra presencia y en pocas horas despiertan y abandonan la cueva, o caen al suelo muriendo. Además, la energía que gastan en este despertar no previsto puede hacer que no cuenten con suficientes reservas para llegar al final del invierno y mueran de hambre. A todo esto hay que unir la escasa capacidad de recuperación de las poblaciones al tener una tasa reproductiva incluso más baja que, por ejemplo, las grandes águilas.

El resultado es que casi todos los murciélagos cavernícolas europeos están desapareciendo [15]. Por ejemplo, las poblaciones francesas del murciélago mediterráneo de herradura se han reducido en un 90 % en 30 años [3]. En Andalucía, aunque aún contamos con poblaciones saludables, también se nota el impacto de estos problemas. Las descripciones antiguas de la Cueva de Las Ventanas (Granada) o de la Cueva de los Murciélagos de Zuheros



Murciélago ratonero ribereño (foto: Jesús Nogueras)

Murciélago ratonero grande (foto: Jesús Nogueras)



(Córdoba) ([10][17]) nos hablan de colonias de miles de animales, mientras que hoy sólo hay unas pocas decenas. En estos últimos años hemos podido comprobar que estos hechos no son casos anecdóticos sino demasiado frecuentes. Así hemos observado como prácticamente han desaparecido en las dos últimas décadas las colonias de cría más importantes de Andalucía de los murciélago mediano de herradura y ratonero mediano. La primera estaba en Huelva y suponía el 25% de la población de toda la región. La segunda está en Cádiz y la población actual apenas llega al 15% de la original [12]. Si no se toman las medidas oportunas, las poblaciones andaluzas de murciélago ratonero patudo o murciélago mediano de herradura pueden extinguirse en pocos años, y el resto de las especies podrían hacerlo también en un plazo más largo [6].

### HACIA LA CONSERVACIÓN

Desde hace tiempo los países europeos tienen diferentes instrumentos legales para proteger a estos animales. Uno de los más eficaces es la Directiva 92/43 de la Unión Europea que obliga a todos los países miembros a tomar medidas concretas para proteger los hábitats en los que viven una serie de especies vegetales y animales entre las que se encuentran un elevado número de murciélagos cavernícolas (Tabla 5.1). A pesar de esta

protección legal, en Andalucía se sabía tan poco de ellos que era imposible poder aplicar ningún tipo de medida que desarrollara esta legislación. Ante esta situación, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Estación Biológica de Doñana (CSIC) firmaron en 1993 un Convenio de Colaboración orientado a obtener información sobre los refugios utilizados por estos animales ya que la protección de estos lugares es el medio más eficaz para conservar las poblaciones de murciélagos cavernícolas [2]. En concreto, los objetivos eran localizar las principales colonias de murciélagos cavernícolas en Andalucía, determinar en cada una de ellas las especies presentes, el tamaño de sus poblaciones, analizar los problemas que pudieran amenazar su supervivencia y diseñar las actuaciones necesarias para prevenir o evitar su deterioro o desaparición.

Tras 10 años de investigación se han visitado 2876 localidades que podían albergar a estos animales (edificios, túneles y, sobre todo, minas y cuevas), identificando 345 colonias, de las que 145 estaban en cuevas (Tabla 5.2). Entre ellas, 27 cuevas se han de considerar importantes y otras 73 como muy importantes para su supervivencia, tanto a nivel regional como continental.

Este trabajo y las medidas de conservación previstas no serían posibles sin la colaboración que nos han prestado los espeleólogos andaluces. Su conocimiento sobre las cavidades de la región fue indispensable para localizar y visitar muchas de estas colonias, y su conservación depende en gran medida de la sensibilidad que demuestren hacia la conservación de los murciélagos que las habitan. Las cuevas y simas ocupadas por las colonias de murciélagos apenas suponen el 10% de las cerca de 3000 cavidades que hay catalogadas hasta ahora en Andalucía, y la gran mayoría de ellas carecen de interés espeleológico. En este



Cerramiento instalado en la Cueva de Santiago (Cazalla de la Sierra, Sevilla) para regular las visitas (foto: Elena Migens)

sentido la Federación Andaluza de Espeleología ha mostrado desde el inicio de este proyecto gran sensibilidad ante esta problemática y ha prestado todo su apoyo cuando, para conservar a los murciélagos, ha sido necesario regular el acceso a algunas de estas cavidades participando directamente en los cerramientos e informando a sus miembros de las limitaciones existentes. En gran medida, de ellos depende el futuro de las zonas kársticas andaluzas y de la Vida, Historia y Belleza que atesoran.

### REFERENCIAS

- [1] ALMENAR, D.; ALCOCER, A. y MONSALVE, M.A. (2002). "Murciélago ratonero patudo (*Myotis capaccinii*)". Pp. 170 - 173, en Atlas de los mamíferos terrestres de España, J. Palomo y J. Gisbert (Eds.), DGCNA-MIMAM, SECEM, SECEMU. Madrid.
- [2] AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGIST (1992). "Guidelines for the protection of bats roosts". *Journal of Mammalogy* 73: 707 - 710.
- [3] ARTHUR L. y LEMAIRE, M. (1999). "Les chauves-souris, maîtresses de la nuit". Delachaux et Niestlé, Lausanne et Paris, 265 pp.
- [4] BECK, A. (1995). "Fecal analyses of european bat species". *Myotis* 32 - 33: 109 - 119.
- [5] CRICHTON, E. y KUTZSCH P. (2000). "Reproductive biology of bats". Academic Press, New York, 500 pp.
- [6] FRANCO, A. y RODRÍGUEZ M. (Eds.) (2001). "Libro Rojo de los vertebrados amenazados de Andalucía". Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 336 pp.
- [7] GUILLÉN, A.; IBÁÑEZ, C.; PÉREZ, J.L.; HERNÁNDEZ L. y GONZÁLEZ M.J. (1991). "Efecto de los biocidas en las poblaciones de murciélagos". Pp. 211 - 234, en Los murciélagos de España y Portugal, J. Benzal y O. de Paz (Eds.), ICONA - MAPA. Colección Técnica, Madrid.
- [8] HUBART, J.M. (1991). "Influence des visites touristiques sur l'hibernation des Chiroptères. Essai de quantification des perturbations et de leur impact sur les populations hibernantes". *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie* 31: 103 - 117.
- [9] IBÁÑEZ, C. (1998). "Quirópteros". Pp. 114 - 218, en Mamíferos de España. Tomo I: Insectívoros, Quirópteros, Primates y Carnívoros de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, J.C. Blanco (Ed.), Planeta, Barcelona.
- [10] NÁJERA-ANGULO, L. (1945). "Receptividad de los murciélagos cavernícolas españoles (*Miniopterus schreibersii*, *Myotis myotis*, *Rhinolophus euryale* y *Rh. hipposideros minimus*) al virus de la fiebre recurrente mediterránea". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 43: 217 - 228.
- [11] PALOMO, L.J. y GISBERT, J. (Eds.) (2002). "Atlas de los mamíferos terrestres de España". DGCNA - MIMAM, SECEM, SECEMU. Madrid, 564 pp.
- [12] QUETGLAS, J.; MIGENS E. e IBÁÑEZ C. (2002). "Los murciélagos cavernícolas del Parque Natural Los Alcornocales y el porqué de las medidas compensatorias". *Almoraima* 7: 33-39.
- [13] RANSOME, R. (1990). "The Natural History of hibernating bats". Christopher Helm, London, 235 pp.
- [14] SCHNITZLER, H.U. y KALKO, E.K. V. (2001). "Echolocation by insect-eating bats". *Bioscience* 51: 557 - 569.
- [15] STEBBINGS, R.E. (1988). "Conservation of European bats". Christopher Helm, London, 270 pp.
- [16] WILSON, D.E. y REEDER, D.M. (eds.) (1993). "Mammals species of the world. A taxonomic and geographic reference". Second edition. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 1206 pp.
- [17] WILLKOMM, M. (1997). "Granada y Sierra Nevada (Selección de dos años en España y Portugal, 1847)". Estudio Preliminar de J. Molero Mesa. Colección Sierra Nevada y La Alpujarra, 22. Fundación Caja de Granada, Granada, 355 pp.

## LA FAUNA ACUÁTICA SUBTERRÁNEA DE ANDALUCÍA

ANA ISABEL CAMACHO

CARLOS PUCH

MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES DE MADRID (CSIC)

DPTO. DE BIODIVERSIDAD Y BIOLOGÍA EVOLUTIVA

La fauna acuática cavernícola de Andalucía es una gran desconocida. Lo poco que se sabe de ella procede de muestreos puntuales y esporádicos, realizados, en la mayoría de las ocasiones, por investigadores foráneos [14]. Una buena parte del material recogido permanece en colecciones privadas, y aún no ha sido determinado a nivel específico. Además, la mayor parte de las especies que se citan en la zona no procede de cavidades, sino de pozos artificiales, del medio intersticial asociado a ríos de superficie (epigeos) y de surgencias. Todos estos hábitats son considerados "medios acuáticos subterráneos" en sentido amplio, pero no son "medios cavernícolas" propiamente dichos, si bien las faunas que albergan son comunes y con caracteres similares a los que se consideran "adaptaciones al medio subterráneo".

Estas faunas que viven en el agua de las cuevas son llamadas estigobias (Figura 6.1), no troglobias, ya que, en general, viven en los espacios rellenos de agua que quedan entre los granos de arena (sedimento = estigon), en el fondo de las diferentes masas de agua de las cavidades. La fauna de pozos, surgencias y medio intersticial de ríos epigeos recibe también el mismo nombre, ya que su hábitat es similar.

### TIPOLOGÍA DE LA FAUNA ACUÁTICA CAVERNÍCOLA

Una concepción antigua del medio subterráneo lo consideraba simple, aislado, estable, previsible y pobre en recursos alimenticios [6]. Se admitía que debía estar poblado por comunidades poco diversificadas, relictas (supervivientes de un tiempo remoto), muy especializadas, uniformes, con muchos caracteres similares (convergentes), entre las cuales existía poca competencia. Todo ello ha llevado a considerar este medio muy adecuado para el estudio de problemas relacionados con fenómenos adaptativos y de especiación, ya que se podría pensar que los factores selectivos potenciales son más fáciles de detectar en el medio subterráneo que en otros ambientes [7].

El medio subterráneo no es más simple que cualquier otro medio exterior, pues está formado por un mosaico de microhábitats, cada uno con sus peculiaridades. Su aislamiento es relativo. Hay que tener en cuenta que lo que llamamos cueva es sólo una parte muy pequeña del ecosistema subterráneo, y está interrelacionada con el exterior a través de una red tridimensional de fisuras y grietas. A gran escala, comparado con el medio exterior, es, en efecto,



Figura 6.1. Distribución idealizada de la fauna estigobia entre los granos de arena del sedimento. 1. Ácaro; 2. Copépodo; 3. Ostrácodo; 4. Batinela; 5. Copépodo (Elaphoidella); 6. Copépodo (Parastenocaris); 7. Nematodo; 8. Isópodo (Balcanella); 9. Anfípodo (Niphargus); 10. Isópodo (Microcharon); 11. Isópodo (Stenasellus); 12. Larva de insecto (Leuctra). (Modificado de Pennak, 1950)



Crustáceos anfípodos estigobios (foto: MNCN de Madrid)

relativamente estable [9]. El medio no es totalmente previsible; es algo más previsible que el medio exterior, pero está condicionado por él. La escasez de recursos alimenticios es un argumento algo más fundado que los anteriores, aunque también sólo de forma local.

El único factor estable y previsible en el medio subterráneo es la ausencia de luz, la oscuridad total. Dicha ausencia de luz impide la existencia de plantas verdes, la fotosíntesis; el primer eslabón de la cadena trófica está incompleto. La mayor parte del alimento procede del exterior, y en el interior son las deyecciones de la fauna de paso o de los habitantes habituales lo que contribuye a tales recursos. Los animales que viven y mueren allí y que depredan y son depredados completan las fuentes de recursos alimenticios.

En resumen, el medio subterráneo debe ser considerado como un verdadero "ecosistema" [17]. No es ni más ni menos simple que cualquier otro ecosistema de superficie, pero, eso sí, es de los más desconocidos de nuestro planeta. Su inaccesibilidad lo mantiene ignorado, y de esa ignorancia surgen la fantasía, la leyenda y las imprecisiones científicas.

Las características mencionadas, aparentemente sencillas, del medio subterráneo han llevado a muchos investigadores a tratar de correlacionar directamente algunos caracteres de los organismos con algunas características del medio. Pero igual que ocurre en otros campos de la biología, es difícil y arriesgado aceptar tales correlaciones como punto de partida. Primero es necesario comprender y probar cuándo una aparente correlación es el resultado real de una adaptación y no el producto de la herencia.

Entender los mecanismos de la adaptación es un desafío, pero el paso previo -establecer qué órganos o conjunto de morfologías es el resultado de una adaptación real al medio- no lo es menos.

Hasta ahora, el único resultado científico que se tiene son las descripciones de las características de los organismos, pero necesitamos unos métodos objetivos para establecer si un carácter está presente en un organismo como resultado de heredarlo de sus antepasados, o si dicho carácter es nuevo en el organismo y resultado de una adaptación al medio.

En la concepción predominante del siglo XIX se consideraba el medio subterráneo como poblado por formas fantásticas, fósiles vivientes y reliquias; faunas, en general, muy uniformes y con caracteres regresivos. Sin embargo, ya a principios del pasado siglo (1907), Racovitza -padre de la bioespeleología- tuvo el mérito de reconocer la heterogeneidad de las formas subterráneas: "lo único que tienen en común es vivir en el mismo hábitat... Cada una tiene su historia particular, sus edades son distintas y no pueden ser analizadas en conjunto" [16].

Los seres subterráneos responden a la vida en el medio subterráneo de forma muy variada. No existen respuestas generalizadas, pero sí se pueden observar ciertas tendencias generales (convergencia), algunas de las cuales no son exclusivas de este medio, aunque en él son muy frecuentes. En la Tabla 6.1 podemos ver tales caracteres sintetizados.

C
<b>CARACTERES CONVERGENTES</b>
Despigmentación
Ceguera
<b>"ADAPTACIONES" PREDICTIVAS</b>
Aumento de estructuras sensoriales
Aumento de la economía metabólica
Desarrollo de formas con capacidad reproductiva y aspecto juvenil
<b>TENDENCIAS EN EL CICLO VITAL Y "ADAPTACIONES" REPRODUCTIVAS</b>
Mayor longevidad
Poca descendencia, y cuidados parentales
Fecundidad baja
Aumento del tamaño de los huevos
Disminución del número de huevos
Alargamiento de las fases del ciclo vital

Tabla 6.1. Supuestas adaptaciones a la vida acuática subterránea

Caracteres como la despigmentación y la falta o reducción de la visión, llamadas muchas veces "caracteres regresivos" o, más adecuadamente, "caracteres convergentes", se dan también en los fondos abisales marinos [12]-único medio que comparte con el subterráneo la oscuridad absoluta-, y entre la fauna del suelo (endogea), en diferentes grados. En la mayoría de los casos no se ha comprobado cuánta de esta aparente convergencia se debe a la herencia (filogenia) y cuánta a una verdadera convergencia (adaptación). Por eso es mejor no hablar de adaptaciones a la vida subterránea, sino de ciertos caracteres, más o menos generalizados entre la fauna subterránea, que podrían ser adaptativos, es decir, respuestas de los seres vivos a las condiciones medioambientales. La ceguera y la despigmentación son dos claros ejemplos de una posible evolución convergente, comunes a la mayor parte de la fauna subterránea acuática.

El resto de los caracteres que han sido llamados "adaptaciones predictivas" ([7][18], o simplemente adaptaciones al medio ambiente ([1][2]), son caracteres en muchos casos también convergentes. Hay que evaluarlos correctamente para poder juzgarlos como adaptativos o no.

El aumento de los sentidos del tacto y químico o "compensación sensorial a la pérdida de visión" [8] se puede producir por el aumento del número de estructuras receptoras (higro-, termo-, mecano- y quimio-receptores). Si tales estructuras se localizan en los apéndices -patas y antenas-, un alargamiento de ellas podría proporcionar más superficie para su desarrollo, y precisamente se ha creído ver una tendencia hacia la elongación de apéndices en muchas formas subterráneas. Sin embargo, en muy pocos casos se ha visto una proliferación de aestetes o sedas sensoriales en dichos apéndices. Además, en muchos casos el alargamiento de apéndices en las formas cavernícolas se observa también en sus parientes epigeos.

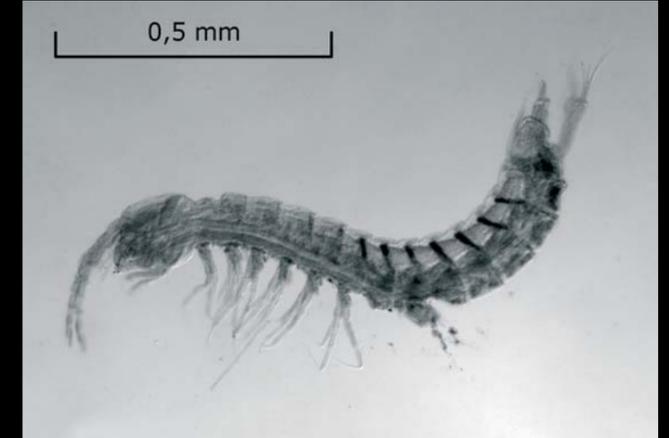
Hay estudios aislados en los que se ve que la actividad metabólica es más baja en formas de cueva que en las epigeas más relacionadas.

La retención de caracteres juveniles en el estado adulto se da con frecuencia entre estas faunas. Por ejemplo, el famoso "proteo" es como una salamandra epigea adulta, pero conserva las branquias de la fase juvenil que las formas epigeas pierden al abandonar el agua.

No hay diferencias en cuanto al ciclo vital de las especies hipogeas frente a las epigeas relacionadas; las desigualdades se refieren, principalmente, a la duración de las diferentes fases.

Predominan los estrategias de la "K": tienen poca prole, pero la cuidan mucho para que sobreviva.

Hay grupos animales cavernícolas que se reproducen todo el año, sin ciclos (*Bathynella natans* o algún copépodo harpacticoide), pero



Crustáceo batineláceo, *Hexabathynella sevillaensis* macho de la cueva de Santiago el Grande (foto: MNCN de Madrid)

esto se da realmente en pocas especies cavernícolas [10]. El *Stenasellus* (crustáceo isópodo) de cueva se reproduce una vez cada dos años, si las condiciones son buenas, y en cuevas frías con poca comida pueden pasar 3, 4 ó 5 años entre dos puestas sucesivas [9].

El desarrollo es más directo, dilatándose la fase embrionaria en detrimento de la postembrionaria [9]. Dentro del huevo, que es transportado en estructuras protectoras, se suceden las primeras etapas del desarrollo, teniendo lugar incluso la metamorfosis, de manera que la forma que surge del huevo es similar a un adulto en miniatura más "sencillo" (por ejemplo, menor número de patas en batinelas). Existe, también, una clara tendencia a la supresión de fases larvianas.

En cuanto a la longevidad aparente, mayor en las especies de cueva, surge la pregunta de si existe relación entre la nutrición y la longevidad [11]. Las bajas temperaturas podrían ser las



Crustáceos copépodos estigobios (foto: MNCN de Madrid)

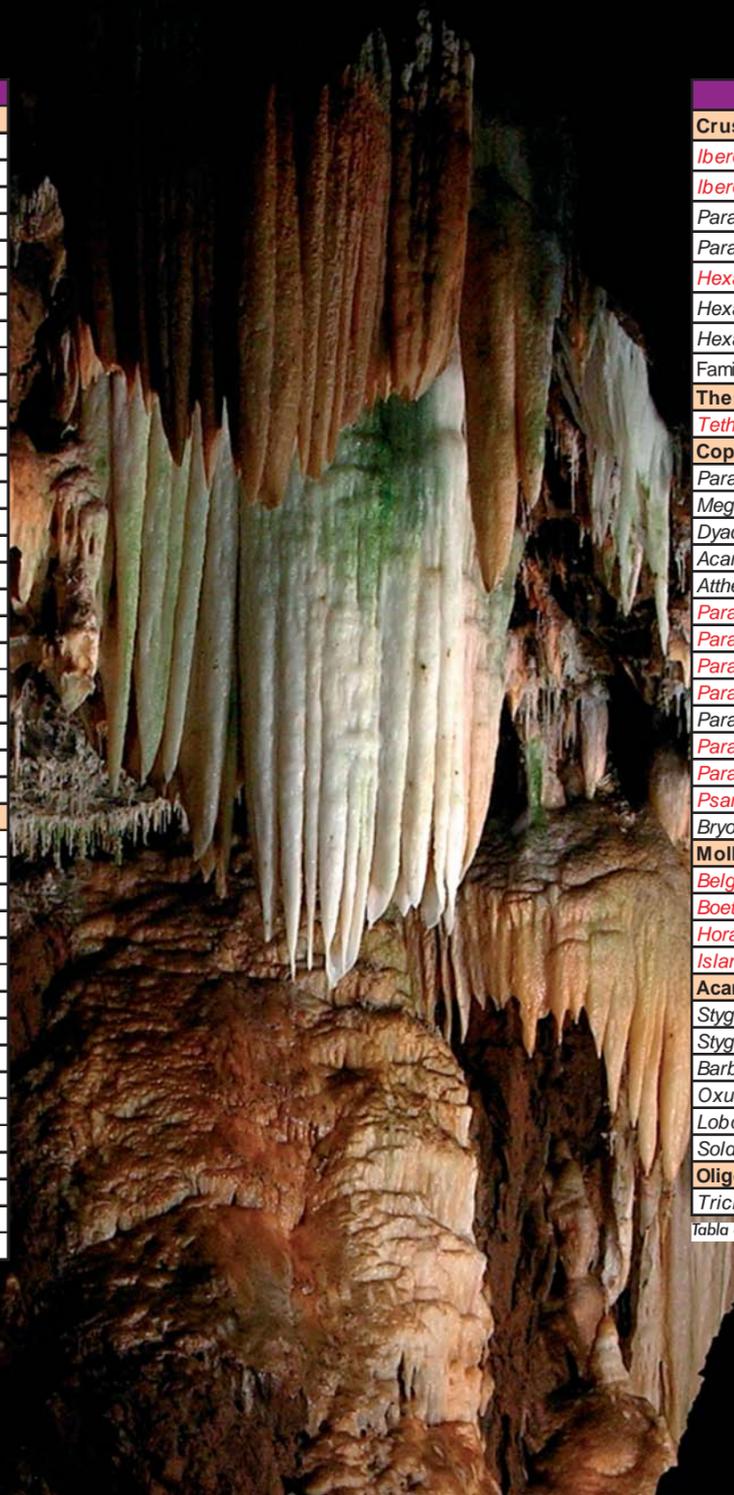


Crustáceo batineláceo hembra portando huevo, *Iberobathynella* sp. (foto: MNCN de Madrid)



Ácaro estigobio, *Limnolacariidae* (foto: MNCN de Madrid)

LISTA DE ESPECIES ESTIGOBIAS CONOCIDAS DE ANDALUCÍA					
Amphipoda	C	P	S	R	Provincias
<i>Metahadzia uncispina</i> Notenboom, 1988				*	Se
<i>Parapseudoniphargus baetis</i> Notenboom, 1988				*	Ja
<i>Pseudoniphargus latipes</i> Notenboom, 1987				*	Se, Ja
<i>Pseudoniphargus illustris</i> Notenboom, 1987				*	Ja
<i>Pseudoniphargus cazorlai</i> Notenboom, 1987				*	Ja
<i>Pseudoniphargus granadensis</i> Notenboom, 1987				*	Gr
<i>Pseudoniphargus affinis</i> Notenboom, 1987			*	*	Gr
<i>Pseudoniphargus vomeratus</i> Notenboom, 1987			*		Ja
<i>Pseudoniphargus stocki</i> Notenboom, 1987	*	*			Ca
<i>Pseudoniphargus gibraltarius</i> , Notenboom, 1987	*	*			Ca
<i>Pseudoniphargus sorbasiensis</i> Notenboom, 1986	*	*			Al
<i>Pseudoniphargus nevadensis</i> Notenboom, 1987				*	Al
<i>Pseudoniphargus grandis</i> Notenboom, 1987	*	*	*	*	Ma, Gr
<i>Pseudoniphargus gracilis</i> Notenboom, 1987		*			Al
<i>Pseudoniphargus fragilis</i> Notenboom, 1987		*		*	Ma, Gr
<i>Pseudoniphargus africanus</i> Chevreux, 1901	*				Co
<i>Salentinella angelieri</i> Ruffo & Delamare, 1952				*	Se
<i>Salentinella sevillensis</i> Flatvoet, 1987				*	Se
<i>Bogidiella uncinata</i> Stock & Notenboom, 1988				*	Al
<i>Bogidiella glabra</i> Stock & Notenboom, 1988				*	Al
<i>Pseudoniphargus</i> sp.		*			Ca
<i>Echinogammarus</i> sp.	*	*			Ma, Ja
<i>Haploginglymus</i> sp.			*	*	Ja
<i>Niphargus</i> sp.		*		*	Ja
<i>Bogidiella</i> sp.		*		*	Ja
Isopoda					
<i>Stenasellus bragai</i> Magniez, 1976				*	Ja
<i>Stenasellus escolai</i> Magniez, 1977				*	Gr
<i>Stenasellus magniezi</i> Escolà, 1976.	*				Ca
<i>Proasellus escolai</i> Henry & Magniez, 1982				*	Gr
<i>Proasellus comasi</i> Henry & Magniez, 1982				*	Ma
<i>Proasellus bellesi</i> Henry & Magniez, 1982				*	Ma
<i>Proasellus solanasi</i> Henry & Magniez, 1972	*				Ma
<i>Proasellus espanoli</i> Henry & Magniez, 1982				*	Gr
<i>Bragasellus boui</i> (Henry & Magniez, 1974)				*	Gr
<i>Synasellus hurki</i> Henry & Magniez, 1995		*			Hu
<i>Synasellus leysi</i> Henry & Magniez, 1995		*			Hu
<i>Synasellus bragaianus</i> Henry & Magniez, 1995		*			Hu
<i>Microcharon hispanicus</i> Pesce & Galassi, 1988				*	Hu
<i>Microcharon marinus</i> Chappuis & Delamare, 1954				*	Ma
<i>Stenasellus</i> sp.				*	Ja
<i>Proasellus</i> sp.				*	Ja



LISTA DE ESPECIES ESTIGOBIAS CONOCIDAS DE ANDALUCÍA					
Crustacea	C	P	S	R	Provincias
<i>Iberobathynella paragracilipes</i> Camacho & Serban, 1998		*	*		Hu
<i>Iberobathynella celiana</i> Camacho, 2003				*	Se
<i>Paraiberobathynella fagei</i> Delamare Deboutteville & Angelier, 1950	*	*		*	Gr, Ma, Ja, Ca, Al
<i>Paraiberobathynella</i> sp.				*	Ma
<i>Hexabathynella sevillaensis</i> Camacho, 2005	*				Se
<i>Hexabathynella minuta</i> (Noodt & Galhano, 1969)				*	Se
<i>Hexaiberobathynella mateusi</i> (Galhano, 1967)			*	*	Gr, Ja
Familia Bathynellidae: ejemplares sin determinar		*			Hu
Thermosbaenacea					
<i>Tethysbaena tarsiensis</i> Wagner, 1991		*			Se
Copepoda					
<i>Paracyclops imminutus</i> Kiefer, 1929		*			Hu
<i>Megacyclops brachypus</i> Kiefer, 1954				*	Ja
<i>Dyacyclops</i> sp. gr. crassicaudis Sars, 1863				*	Ja
<i>Acanthocyclops robustus</i> Sars, 1863				*	Ja
<i>Attheyella wulmeri</i> (Kerherve, 1914)		*			Hu
<i>Parapseudoleptomesochra baeticola</i> Rouch, 1986				*	Ma
<i>Parapseudoleptomesochra almohadensis</i> Rouch, 1986				*	Gr
<i>Parapseudoleptomesochra almoravidensis</i> Rouch, 1986				*	Gr
<i>Parapseudoleptomesochra balnearica</i> Rouch, 1986				*	Gr
<i>Parapseudoleptomesochra minoricae</i> (Chappuis et Rouch, 1959)				*	Se, Ma
<i>Parastenocaris andalusica</i> Enckell, 1965				*	Ma
<i>Parastenocaris kabiloides</i> Enckell, 1965				*	Ma
<i>Psamopsyllus arenaicus</i> Enckell, 1965				*	Ma
<i>Bryocamptus</i> sp.		*			Hu
Mollusca					
<i>Belgrandiella andalusensis</i> Boeters, 1983				*	Ja
<i>Boetersiella sturmi</i> Arconada & Ramos, 2001				*	Gr
<i>Horatia gatoa</i> Boeters, 1980	*				Ma
<i>Islamia schuelei</i> (Boeters, 1981)	*				Al
Acari					
<i>Stygomamersopsis anisitsipalpis</i> Cook, 1974				*	Ja
<i>Stygomamersopsis viedmai</i> Cook, 1974				*	Ma
<i>Barbaxonella ibérica</i> Cook, 1974				*	Ja
<i>Oxus oblongus</i> Kramer, 1879				*	Ma
<i>Lobohalacarus weberi</i> (Romijn & Viets, 1924)				*	Ja
<i>Soldanellonyx chappuisi</i> Walter, 1917				*	Ja
Oligochaeta					
<i>Trichodrilus moravicus</i> H.Rabe, 1937		*			Hu

Tabla 6.2 . Lista de especies estigobias de Andalucía. C: cueva; P: pozo; S: sondeo; R: resurgencia. Los endemismos aparecen en rojo

moderadoras de la actividad metabólica y, por tanto, serían importantes de cara a la longevidad. Pero los cavernícolas tropicales viven a altas temperaturas y, sin embargo, viven más que sus parientes epigeos.

Con este breve resumen hemos tratado de sintetizar el conocimiento que se tiene de los patrones que exhibe la fauna acuática subterránea. Los datos morfológicos, funcionales, de desarrollo, ecológicos y evolutivos no son muchos y, en general, son simples registros u observaciones puntuales, no siempre bien interpretados. El medio subterráneo ofrece una gran variedad de fenómenos de interés evolutivo, que hemos querido mostrar en la más pura tradición de la "Historia Natural" del siglo XIX. No arriesgamos explicación evolutiva alguna, exponemos simplemente los hechos conocidos.

### FAUNA ESTIGOBIA ANDALUZA

Se conocen más de 70 especies estigobias, la mayoría crustáceos (isópodos, anfípodos, copépodos, batineláceos y el único termosbaenáceo de toda España), algún molusco, algún oligoqueto y unas pocas especies de ácaros. También se han encontrado ostrácodos (crustáceos) en muchas ocasiones, pero ninguno ha sido estudiado a nivel específico. En la Tabla 6.3 se muestra el número de especies que se conocen de estos grandes grupos en cada una de las provincias andaluzas.

Número de taxa de fauna acuática subterránea de Andalucía				
	Oligoquetos	Moluscos	Ácaros	Crustáceos
Almería	0	1	0	6
Cádiz	0	0	0	5
Córdoba	0	0	0	1
Granada	0	0	0	13
Huelva	1	0	0	8
Jaén	0	1	4	17
Málaga	0	2	2	15
Sevilla	0	0	0	9
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>63</b>

Tabla 6.3. Número de taxa de fauna acuática subterránea conocida en Andalucía. Datos inéditos, obtenidos de una base de datos de estigofauna española, desarrollada en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid

Los anfípodos son los crustáceos mejor representados, se conocen 25 especies (14 son endémicas; viven exclusivamente en esta zona del mundo), de las cuales 14 pertenecen al género *Pseudoniphargus* y 4 de ellas se han descrito de cuevas. Se han encontrado 16 especies de isópodos (13 endémicos; dos de cueva), de los cuales 5 son del género *Proasellus*. En España se conoce una única especie de termosbaenáceo, *Tethysbaena tarsiensis* Wagner, 1991 (*Monodella tarsiensis* según otros autores), que vive exclusivamente en un pozo en la provincia de Sevilla. Los sincáridos batineláceos, crustáceos exclusivos de las aguas subterráneas, también están muy bien representados en Andalucía; se conocen 7 especies (pertenecientes a 4 de los 5 géneros conocidos en España), de la familia *Parabathynellidae* (3 especies endémicas), y varias especies de la familia *Bathynellidae*, aún sin estudiar; dos especies de la familia *Parabathynellidae* se han encontrado en cuevas, *Paraiberobathynella fagei* (Delamare Deboutteville & Angelier, 1950)

(Cueva de la Pileta y numerosas localidades de toda España) y *Hexabathynella sevillaensis* Camacho, 2005, exclusiva de una cavidad sevillana (Cueva de Santiago el Grande). Por último, los copépodos están representados por 14 especies en Andalucía, de las cuales al menos 7 son endémicas y ninguna se ha descrito de cuevas.

La única especie de oligoqueto (lombriz acuática) que se conoce en el medio subterráneo de Andalucía es *Trichodrilus moravicus*, que es frecuente en otros muchos lugares.

Entre los moluscos sólo 4 especies estigobias se conocen en esta parte del mundo, todas ellas endémicas, y 2 de ellas descritas en cuevas.

Ninguna de las 6 especies de ácaros estigobios que se conocen en la zona son endémicas; ninguna ha sido encontrada en cuevas.

La mayoría de las especies identificadas proceden de pozos, surgencias y del medio intersticial de algunos de los ríos andaluces (Guadalquivir, Frio, Tinto, Fardes, Guadalbullón, etc.).

Se conocen solo 13 especies estigobias de 10 cavidades: 11 crustáceos, (7 son endémicos) y 2 moluscos endémicos. En la Tabla 6.4 pueden verse las cavidades muestreadas y las especies estudiadas en ellas.

Dada la extensión del karst de Andalucía y lo prometedor de los resultados de los pocos estudios de fauna acuática subterránea realizados, cabe esperar agradables sorpresas en el campo de la biodiversidad.

FAUNA CAVERNÍCOLA ACUÁTICA DE ANDALUCÍA	
<b>Cueva de la Pileta (Benaolán, Málaga)</b>	
<i>Paraiberobathynella fagei</i> Delamare Deboutteville & Angelier, 1950	
<b>Cueva de Hundidero-Gato (Montejaque / Benaolán, Málaga)</b>	
<i>Pseudoniphargus stocki</i> Notenboom, 1987	
<i>Proasellus solanasi</i> Henry & Magniez, 1972	
<i>Horatia gata</i> Boeters, 1980	
<i>Echinogammarus</i> sp.	
<b>Cueva de Nerja (Nerja, Málaga)</b>	
<i>Parapseudoleptomesochra baetica</i> Rouch, 1986	
<b>Cuevas de la Fajara (Canillas de Aceituno, Málaga)</b>	
<i>Pseudoniphargus grandis</i> Notenboom, 1987	
<b>Cueva de las Palomas o del Yeso (Baena, Córdoba)</b>	
<i>Pseudoniphargus africanus</i> Chevreux, 1901	
<b>Cueva del Agua (Sorbas, Almería)</b>	
<i>Pseudoniphargus sorbasiensis</i> Notenboom, 1986	
<i>Islamia schuelei</i> Boeters, 1981	
<b>Sistema de la Fuente del Peral (Sorbas, Almería)</b>	
<i>Pseudoniphargus sorbasiensis</i> Notenboom, 1986	
<i>Echinogammarus</i> sp.	
<i>Proasellus</i> sp.	
<b>Cueva de los Bermejales (Arcos de la Frontera, Cádiz)</b>	
<i>Stenasellus magniezi</i> Escolá, 1976.	
<b>Cueva de Santiago el Grande (Constantina, Sevilla)</b>	
<i>Hexabathynella sevillaensis</i> Camacho, 2005.	
<b>Complejo Motillas-Ramblazo (Cádiz-Málaga)</b>	
<i>Proasellus</i> sp.	

Tabla 6.4. Lista de cavidades muestreadas desde el punto de vista de la fauna acuática en Andalucía, y especies que albergan. Los endemismos aparecen en rojo

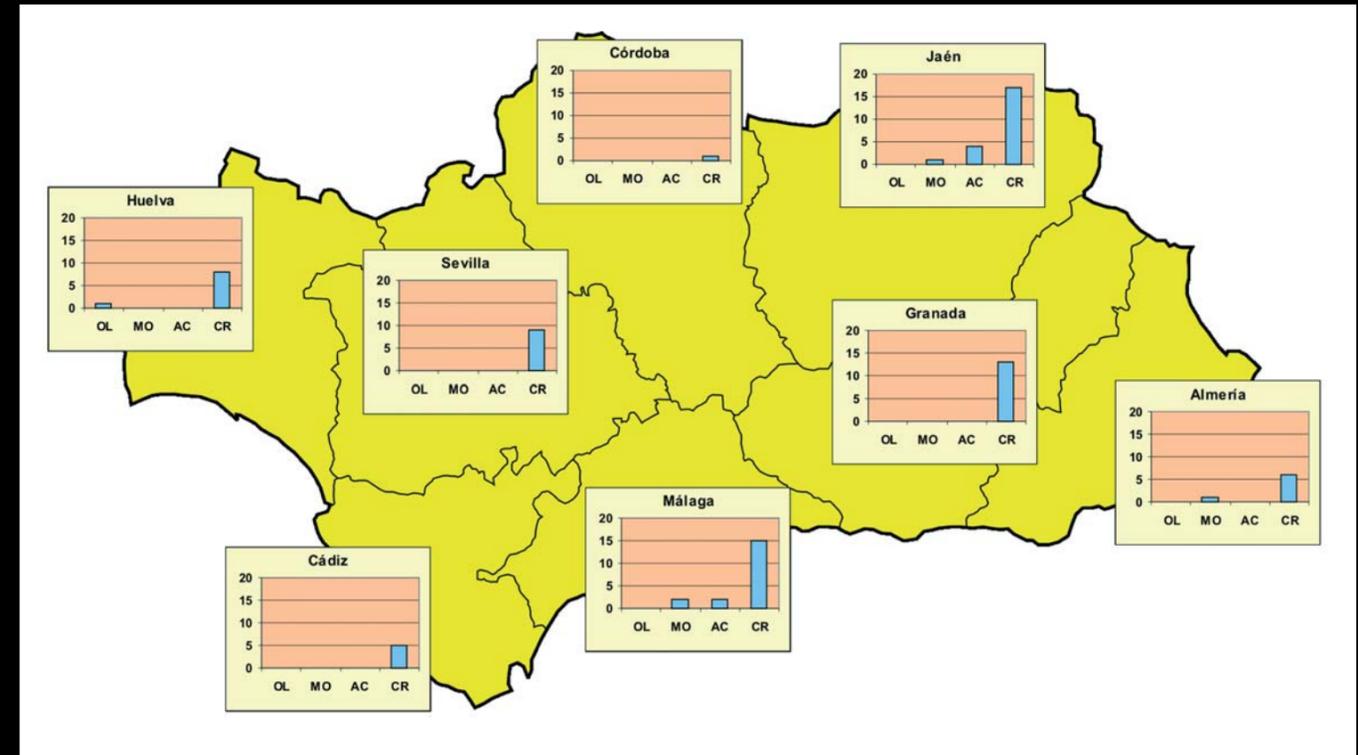


Figura 6.2. Número de taxa de la fauna acuática subterránea en Andalucía (Ver Tabla 6.3.)

### REFERENCIAS

- [1] BARR, T.C. (1968). "Cave ecology and the evolution of troglites". En: Dobzhansky, Hecht y Steere eds., *Evolutionary Biology*, 2. North Holland Publishing Co. Amsterdam.
- [2] BARR, T.C.Jr. y HOLSINGER, J.R. (1985). "Speciation in cave fauna". *Ann.Rev.Ecol.Syst.*, 16: 313-337.
- [3] BOTOSANEANU, L. (1986). "Stygofauna Mundi". E.J. Brill/Dr. W. Dackhuys, Leiden, 740 pp.
- [4] CAMACHO, A.I. (2003b). "An overview of the Distribution of the Parabathynellidae family (Crustacea, Syncarida, Bathynellacea) on the Iberian Peninsula". *Graellsia*, 59(1): 63-78.
- [5] CAMACHO, A.I. (2005). "Expanding the taxonomic conundrum: three new species of groundwater crustaceans (Syncarida, Bathynellacea, Parabathynellidae) endemic to the Iberian Peninsula". *Journal of Natural History*, 39 (2): 1819-1838.
- [6] CAMACHO, A.I.; BELLO, E.; BECERRA, J.M. y VATICON, I. (1992). "A Natural History of the subterranean environment and its associated fauna". En: *The Natural History of Biospeology* (A.I. Camacho, ed.). Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, 7: 171-197. Madrid.
- [7] CULVER, D.C. (1982). "Cave life. Evolution and ecology". Harvard University Press, Cambridge, 189 pp.
- [8] DARWIN, C. (1859). "On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle of life". John Murray, London.
- [9] GINET, R. y DECOU, V. (1977). "Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines". Ed. Delarge, Paris, 345 pp.
- [10] JUBERTHIE, C. (1974). "Vie souterraine et reproduction". *Bull. Soc. Zool. France.*, 100(2): 177-201.
- [11] MAGNIEZ, G. (1978). "Quelques problèmes biogéographiques, écologiques et biologiques de la vie souterraine". *Bull. Scientifique de Bourgogne*, 3:21-35.
- [12] MARGALEF, R. (1976). "Paralelismo entre la vida de las cavernas y la de las grandes profundidades marinas". *Bol. Soc. Hist. Nat. Balear*, 21: 10-20.
- [13] NOTENBOOM, J. (1987). "Species of the genus *Pseudoniphargus* Chevreux, 1901 (Amphipoda) from the Betic Cordillera of Southern Spain". *Bijdragen tot de Dierkunde*, 57 (1): 87-150.
- [14] NOTENBOOM, J. y MEIJERS, I. (1985). "Investigaciones sobre la fauna de las aguas subterráneas de España: lista de estaciones y primeros resultados". *Verslagen en technische Gegevens, Inst. taxon. Zoöl. Amsterdam*, 42: 1-85.
- [15] PENNAK, R. W. (1950). "Comparative ecology of the interstitial fauna of freshwater and marine beaches". *Ann. Biol.* 27(6):449-480.
- [16] RACOVITZA, E. G. (1907). "Essai sur les problèmes biospéologiques". *Arch. Zool. exp. et gén.*, 6: 371-488.
- [17] ROUCH, R. (1977). "Considerations sur l'écosystème karstique". *C.R. Acad. Sc. Paris*, 284(D): 1101-1103.
- [18] VANDEL, A. (1964). "Biospeologie: la biologie des animaux cavernicoles". Gauthier-Villars Éditeur, Paris. 619 pp.

## ENTOMOFAUNA CAVERNÍCOLA DE ANDALUCÍA

**PABLO BARRANCO**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA APLICADA. UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

**ALBERTO TINAUT**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL Y ECOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE GRANADA

**MANUEL BAENA**

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA. IES TRASSIERRA, CÓRDOBA

La entomofauna cavernícola andaluza está representada por un numeroso conjunto de especies que se encuadran en un elevado número de órdenes de artrópodos. En este capítulo se han considerado también los coleópteros acuáticos no contemplados en el capítulo anterior.

Hasta la fecha se han reconocido más de 400 especies de artrópodos relacionadas con las cuevas de Andalucía, lo cual supone un importante tesoro de biodiversidad que, aunque no sea fácilmente accesible, es enormemente frágil. Pequeñas variaciones causadas por el hombre en este delicado ambiente pueden hacer peligrar la supervivencia de numerosas especies adaptadas al medio subterráneo o ligadas a él.

### LAS ADAPTACIONES AL MEDIO CAVERNÍCOLA

Los criterios para clasificar la fauna que se relaciona con las cuevas en menor o mayor grado y con diferente nivel de adaptación al medio cavernícola, siguen creando controversia y son muchas las versiones que se han hecho en los últimos 150 años [8]. El criterio más generalizado considera cuatro categorías ecológicas-evolutivas que se utilizan frecuentemente en biología de cuevas, aunque sólo las tres primeras tienen relación con las cavidades (Figura 7.1). Así, se denominan troglobios (especies terrestres) o estigobios (especies acuáticas) a las especies obligatoriamente cavernícolas y que están morfológicamente especializadas y restringidas al ambiente cavernícola, y son incapaces de vivir fuera de estos hábitats. Siempre presentan cierto grado de troglomorfismo. Las troglófilas-estigófilas, son especies facultativamente cavernícolas, que frecuentemente habitan en cuevas y desarrollan su ciclo completo en ellas, pero pueden ocupar ambientes similares fuera de las cuevas. A menudo presentan algún grado de troglomorfismo. Las especies troglóxenas-estigóxenas aparecen regularmente en cuevas, pero son incapaces de completar su ciclo en las mismas, y deben en ciertas ocasiones salir de la cavidad, sobre todo para alimentarse; es raro que presenten troglomorfismos. Finalmente, son accidentales las especies arrastradas o que caen en las cuevas, suelen servir como fuente regular de nutrientes en los ambientes cavernícolas y no tienen importancia en el análisis evolutivo o de

distribución de la fauna cavernícola. Las especies que viven o se refugian cerca de la entrada de las cuevas, en el umbral donde comienza la oscuridad, se las denomina parietales. La composición de la fauna parietal no es constante a lo largo del año sino que varía con las estaciones, e incluso en el ciclo día-noche [30].

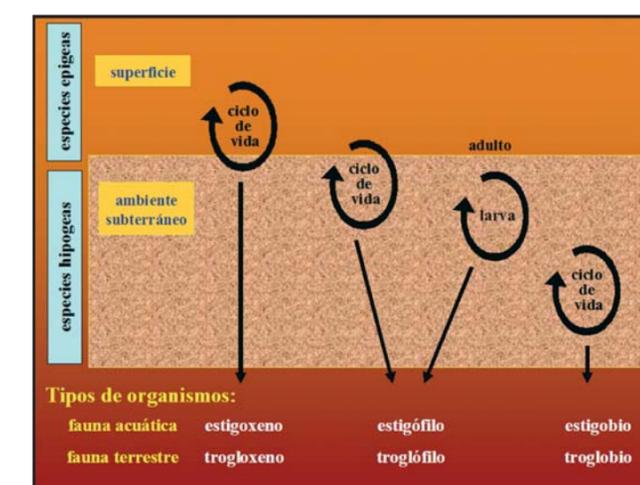


Figura 7.1. Tipos de organismos en relación a su desarrollo en cavidades

Los factores ambientales que afectan a los organismos cavernícolas son el incremento en la concentración de anhídrido carbónico, la oscuridad y humedad relativa muy elevada. Todo ello acompañado de un medio muy estable en temperatura y humedad, en el que las fluctuaciones estacionales son muy atenuadas y se eliminan los ritmos internos más comunes.

Las adaptaciones al medio cavernícola se realizan en cuatro aspectos diferentes: economía metabólica, incremento de la capacidad sensorial compensatoria, adaptaciones a la humedad elevada y desarrollo de la neotenia [19]. Los cambios morfológicos que provocan estas adaptaciones se denominan troglomorfofismos [14]. De ellos, la elongación de apéndices y aspecto frágil son los más comúnmente asociados a la fauna cavernícola. La elongación de las antenas permite incrementar la percepción sensorial, mientras que el alargamiento de las patas sería una adaptación a caminar en superficies muy irregulares con oscuridad total, e incluso permite una economía metabólica pues el animal se desplaza más a cada paso [42]. Estas adaptaciones, hereditarias o convergentes, se producen básicamente debido a la vida en condiciones de oscuridad permanente que elimina los ritmos circadianos (Figura 7.2), y que como ya se ha comentado en el capítulo anterior, selecciona determinadas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas. Los comportamientos cíclicos de los cavernícolas se deben a variaciones de la actividad hídrica de las cuevas [18] o variaciones en el grado de humedad en las zonas de clima árido.



Figura 7.2. Esquema de las rutas de la evolución de los caracteres troglomorfofícos debidos a la ausencia de luz. (Basado y adaptado de LANGECKER, 2000)

### LOS ARTRÓPODOS CAVERNÍCULOS DE ANDALUCÍA

Las 411 especies de artrópodos cavernícolas censadas en Andalucía tienen una representación desigual por provincias (Tabla 7.1 y Figura 7.3). Las provincias occidentales poseen un reducido número de especies en comparación con las orientales

ARTRÓPODOS CAVERNÍCULOS DE ANDALUCÍA (Número de taxa)							
	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Jaén	Málaga	Sevilla
Palpígrados	3	0	0	0	0	0	0
Pseudoescorpiones	11	3	5	3	4	2	2
Arañas	29	10	11	9	16	5	8
Opiliones	3	2	1	2	5	3	2
Ácaros	19	0	4	2	2	0	1
Quilópodos	12	0	8	2	7	6	2
Diplópodos	4	7	6	3	7	4	1
Isópodos	17	4	8	5	2	8	2
Sínfilos	0	0	0	0	0	0	1
Colémbolos	36	1	14	2	5	5	2
Tisanuros	2	0	1	0	1	0	0
Dipluros	7	0	5	1	1	1	0
Tricópteros	1	0	1	3	1	0	2
Plecópteros	1	0	0	0	1	0	0
Dípteros	15	0	10	2	7	1	7
Lepidópteros	2	0	1	3	0	0	3
Sifonápteros	3	0	0	0	1	0	1
Ortópteros	1	0	1	1	3	1	0
Psocópteros	3	0	1	1	2	1	1
Heterópteros	3	1	0	0	1	0	1
Homópteros	1	0	0	1	0	1	0
Himenópteros	5	2	4	2	3	1	6
Coleópteros	35	8	12	16	13	25	13
<b>TOTAL</b>	<b>213</b>	<b>38</b>	<b>93</b>	<b>58</b>	<b>82</b>	<b>64</b>	<b>55</b>

Tabla 7.1. Distribución por provincias de los taxa relacionados con cavidades

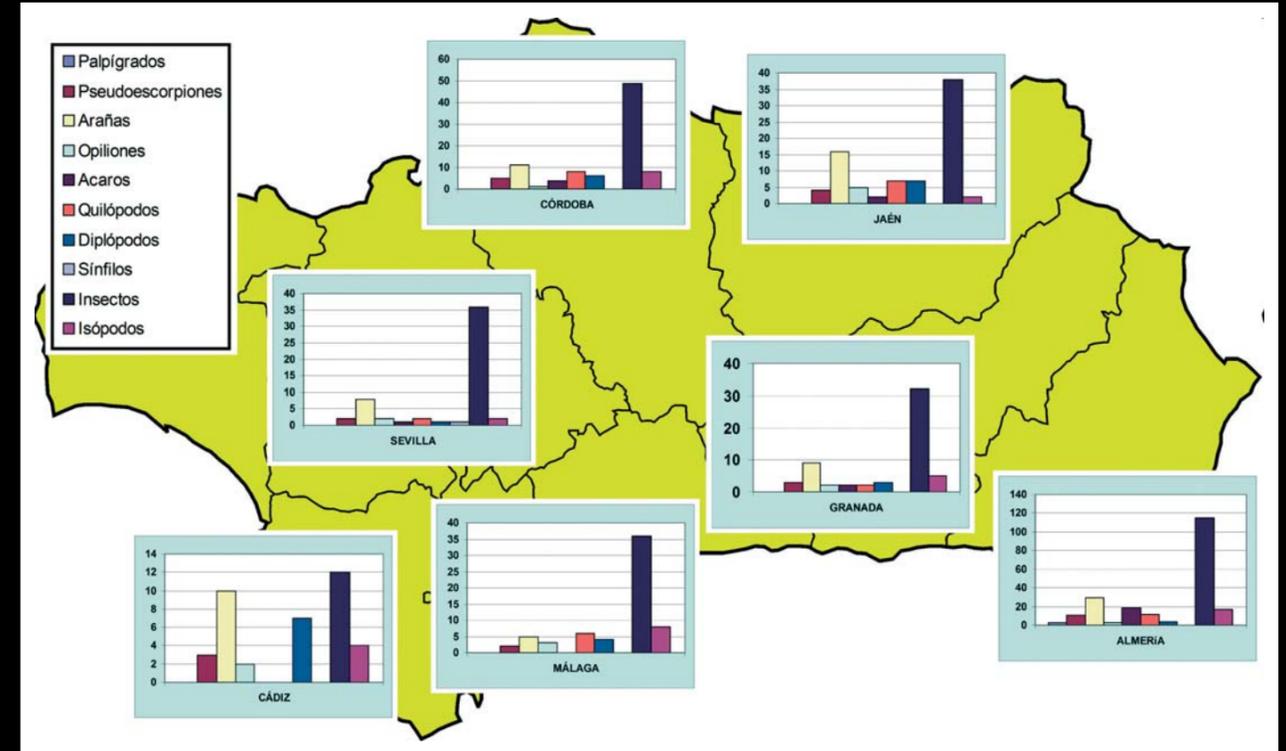


Figura 7.3. Abundancia de los diferentes taxa en las provincias andaluzas

([2][3]), bien debido a la asimetría de las prospecciones, la diferente presión ambiental como generadora de especies o la diferente representación de sistemas kársticos. Se ha excluido la provincia de Huelva porque apenas existen datos. En el censo, se incluyen las especies troglógenas, troglófilas y troglóbias estrictas, si bien sólo se comentarán a continuación estas últimas.

#### Quelicerados

**Palpígrados:** Se han capturado muy pocos ejemplares en Andalucía y únicamente en la provincia de Almería. *Eukoenenia gadorensis* Mayoral & Barranco, 2002 es endémica de cuevas de la sierra de Gádor en Almería, está relacionada con *Eukoenenia mirabilis* (Grassi & Calandruccio, 1885), y con *Eukoenenia madeirae* Strinati y



*Stygiochthonius barrancoi* (foto: P. Barranco)

Condé, 1996 [28]. Este grupo sólo se conocía en algunas cavidades de Levante y Cataluña.

**Seudoescorpiones:** Un total de 23 especies habitan en las cavidades andaluzas. Los géneros *Neobisium*, *Chthonius* y el endémico *Stygiochthonius*.

Entre las especies del género *Neobisium*, destaca *Neobisium piqueri* Carabajal, García & Rodríguez, 2001, por ser la que tiene los ojos más reducidos y la más adaptada al medio cavernícola de las halladas en la Península Ibérica [11]. *Neobisium paucedentatum* Mahner, 1982 que muestra caracteres troglomorfofícos como la microftalmia y apéndices muy largos y gráciles, sobre todo los pedipalpos. Dos especies cavernícolas gaditanas *Neobisium gaditanum* Mahner, 1977 y *Neobisium rodrigoii* Carabajal Márquez, García Carrillo y Rodríguez Fernández, 2000. Ésta última y *N. paucedentatum* se encuentran a escasos metros de la zona de entrada, lugares que serían más típicos de los elementos troglófilos o troglógenos [44].

El género *Chthonius* está muy diversificado en las cavidades andaluzas con 8 especies endémicas. De ellas, *Chthonius ruiz-porteroi* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 del Karst en Yesos de Sorbas, es el más evolucionado y adaptado al medio cavernícola, ya que es despigmentado, carece de ojos y el alargamiento de los pedipalpos muy acusado [10]. *Chthonius mayorali* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 también es ciego y siempre asociado a zonas relativamente secas de las cuevas. *Chthonius mariolae* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 es un pseudoescorpión relativamente grande y despigmentado, reflejo de su adaptación a la vida

cavernícola. Es endémica y muy escasa, se puede encontrar en los tramos finales de la cueva de los Sudores o del Capitán. Pequeños caracteres morfológicos diferencian a esta especie de *Chthonius nudipes* Mahnert, 1982, especie endémica de la cercana Cueva de Las Campanas (Gualchos) y de *Chthonius ventalloi cazorlensis* Carabajal, García y Rodríguez, 2001 de la Cueva Secreta del Sagreo (Sierra de Cazorla) [10]. *Chthonius nerjaensis* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 es de color levemente testáceo y posee un troglomorfismo moderado con dos pares de ojos en el escudo prosómico [9]. Sólo se ha encontrado en la sala de La Torca y en diversos puntos de las galerías turísticas, es decir, en los tramos iniciales y más antropizados de la Cueva de Nerja. *Chthonius verai* Zaragoza, 1985 es un endemismo ibérico, conocido tan sólo en las provincias de Alicante y en Jaén (Sima de la Fractura). *Chthonius aguilaorum* Carabajal, García & Rodríguez, 2000 es endémico de la Cueva de la Hiedra (Villaluenga del Rosario, Cádiz). Su facies cavernícola permite asignarle carácter de especie troglobia debido a la despigmentación del cuerpo y apéndices alargados. *Chthonius amatei* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 pertenece a un grupo de especies oculadas de ámbito mediterráneo capturadas en cavidades; no presenta caracteres troglobios especiales, incluso sus ojos están ligeramente más desarrollados que en otras especies totalmente epigeas [12].

El género *Stygiochthonius* con una única especie *S. barrancoi* Carabajal, García & Rodríguez, 2001 es un extraordinario troglobio. Se caracteriza por su gran tamaño, ciertos caracteres morfológicos y su acusado troglomorfismo que supone el mayor grado de evolución cavernícola conocido en una especie ibérica de la Familia Chthoniidae [12].

Se da la circunstancia, poco habitual, de que *N. rodrigo* convive con otro pseudoescorpión cavernícola, *C. aguilaorum* [9]. Sin embargo esta situación también ocurre entre *N. piqueri* y *C. mayoral*, o *C. amatei* y *Carca spelaea* Beier, 1939.

Hundidero - Gato (Foto: Francisco Hoyos)



**Opiliones:** Se han citado 11 especies en cuevas de Andalucía con un único endemismo, *Nemastomella gevi* Prieto, 2004 encontrada en la PB-4, pero que se conoce también de otras cavidades de la provincia de Jaén. Es un opilión muy pequeño, de unos 2 mm de longitud y de color negruzco, con unas características protuberancias en el escudo. Su aspecto hace que sea confundido con el fondo de las paredes en las que suele encontrarse.

**Araneidos:** El número de arañas censadas en cuevas andaluzas asciende a 53 especies, aunque una gran parte de ellas son troglóxenas, y tan sólo 4 son troglobias. Si bien hay varias especies en proceso de estudio que pueden ser descritas como nuevas. *Dysdera vivesi* Ribera y Ferrández, 1986 se conoce exclusivamente de la Cueva de las Campanas (Gualchos, Granada), presenta regresión ocular y se caracteriza por la notable espinación de sus patas y cara interna de los fémures, patellas y tibias de los pedipalpos [32]. *Nesticus murgi* Ribera & De Más, 2003 es una especie estrictamente cavernícola despigmentada y anoftalma. Se trata de la especie del género *Nesticus* situada más al sur de su área de distribución [33]. *Leptoneta comasi* Ribera, 1978 es una especie altamente troglomórfica [31], descrita en Murcia y que se localiza en tres cavidades de la provincia de Almería y Sevilla.

Del género *Palliduphantes* se han descrito dos especies del Karst de Yesos de Sorbas, *Palliduphantes gypsi* Ribera & De Más, 2003 y *Palliduphantes cortesi* Ribera & De Más, 2003. La primera presenta adaptaciones troglomórficas como reducción ocular, despigmentación y ligero alargamiento apendicular; la segunda es despigmentada, pero que no se puede considerar que posea troglomorfismos [33].

**Ácaros:** El total de especies de ácaros terrestres censadas en Andalucía asciende a 23, si bien la mayoría son edáficas o hipógeas. Se han citado algunas especies de Oribátidos del género *Metabelbella* que presentan diferencias en cuanto forma y longitud de las patas con los individuos epigeos, lo cual podría deberse a adaptaciones al medio cavernícola.

Hay dos especies descritas de la misma cavidad en la Sierra de los Filabres que revisten especial interés, y que, por el momento son endémicas de la misma. *Foveacheles cannadasi* Barranco & Amate, 2000 es un ácaro de color blanco y aspecto grácil, con las patas y cuerpo muy alargados. Se conocen sólo dos especies del mismo subgénero una de Europa Central y otra del Ártico canadiense [4]. *Beronium laemostenis* Mayoral & Barranco, 2005 es un ácaro parásito que se ha descrito a partir de material adherido al coleóptero carábido troglobio *Laemostenus barrancoi* Mateu, 1996. Las tres especies conocidas de este género son parásitas de carábidos [29].

### Miriápodos

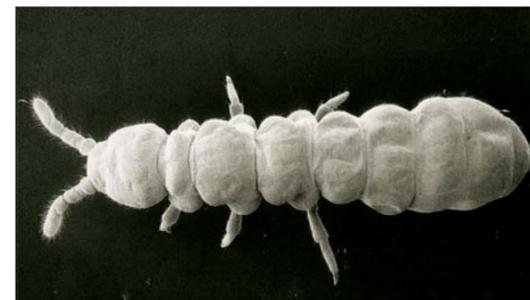
**Diplópodos:** Se han citado 28 especies en las cuevas andaluzas, con numerosos troglobios y un género endémico del sur peninsular.

El género *Iberoiulus* posee dos especies troglobias, *Iberoiulus cavernicola* Cueva, 1967 endémica de la Cueva del Cerro del Berruero (Cádiz) e *Iberoiulus breuili* Cueva, 1967 únicamente conocida de la Cueva de Glenrocky (Gibraltar). El género *Dolichoioulus* tiene una distribución que abarca desde las Islas Canarias hasta el Mediterráneo oriental, y presenta dos especies troglobias, *Dolichoioulus ibericus* Ceuca, 1971 también exclusivamente de la Cueva de Glenrocky en Gibraltar y *Dolichoioulus typhlops* Ceuca, 1971 conocida sólo de la Cueva de Doña Trinidad (Málaga) [48].

*Glomeris albida* Mauriés y Vicente, 1977 descrita de la Cueva de la Pileta (Málaga), no se conoce de ninguna otra cavidad [27]. El género *Ceratospys* es endémico de la Península Ibérica y cuenta con una especie troglófila de los Pirineos Orientales [6] y otra troglobia, *Ceratospys hispanica* Ribaut, 1920 de la Cueva de las Motillas (Cádiz).

*Origmatogona tinauti* Mauriès, 1990 es la especie más abundante y típica de la Cueva del Agua (Granada) ([43][44][45]). Se encuentra repartida desde la Gran Caverna hasta las zonas más profundas muestreadas, en donde es especialmente abundante, sobre todo en los restos de maderas empleadas en las antiguas escalinatas de la cavidad [43]. El género se conoce además de diferentes cavidades de Cataluña, del Sur de Francia y del Atlas Medio.

El género *Acipes* se conocía sólo de las Islas Canarias y Madeira, con 7 especies, y una especie para la Península Ibérica, todas ellas epigeas. La descripción de *Acipes andalusius* Enghoff y Mauriès,



*Yoshiiphorura bellingeri* (foto: Publicada en Zootaxa 734: 1-15, 2004. Copyright de Magnolia Press, reproducida con autorización)

1999 con material procedente de las cavidades PB-2 y PB-4, tiene una gran interés biogeográfico y biológico, ya que es además la única especie cavernícola del género [16]. Parece formar parte de un grupo de especies casi extinto en la península y que sobrevive en la región Macaronésica (Islas Canarias y Madeira), como ocurre con algunos elementos precuaternarios que han visto reducida su presencia en el continente durante las glaciaciones del Cuaternario y que o han desaparecido totalmente o han quedado reducidos a poblaciones relictas epigeas y/o endogreas. Esta especie es totalmente ciega, pero no presenta ningún otro síndrome cavernícola específico. También en la una cueva de Sierra Morena (Córdoba) se han capturado ejemplares del género *Acipes* que están en estudio.

**Quilópodos:** Las especies de ciempiés identificadas en cavidades andaluzas ascienden a 26, con una única especie troglobia conocida en la península Ibérica, *Cryptops longicornis* Ribaut, 1915. Esta especie se describió de la Cueva de la Pileta (Málaga), citada de la Cueva de Jumán (Almería) [40] y recientemente se ha capturado en varias cavidades de la Sierra de Gádor y el Karst en Yesos de Sorbas.

El género *Lithobius* presenta multitud de especies, mayoritariamente epigeas, pero dos de ellas son endémicas de cavidades andaluzas. *Lithobius noctivagus* Serra, 1983 se describió de la Sima de las



*Cryptops longicornis*, único quilópodo troglobio conocido en la península ibérica (foto: P. Barranco)

Grajas (Loja, Granada), es una especie próxima a otras también cavernícolas del Pirineo [39]. Se ha localizado también en una mina en Almería y está en proceso de descripción una subespecie de la provincia de Córdoba. *Lithobius motasi* Matic, 1968 se conoce exclusivamente de la Cueva de la Pileta (Málaga) y del complejo Hundidero-Gato (Málaga) [6].

### Insectos

**Colémbolos:** Los colémbolos cavernícolas andaluces no presentan ejemplos llamativos de adaptación a la vida cavernícola, tan sólo pequeñas modificaciones como despigmentación y ausencia de ojos pero su aspecto es similar a las especies epigeas [1]. El total de especies de colémbolos en cuevas andaluzas es de 47, de las cuales destacan cuatro especies por su vinculación a este medio y una de ellas además es un género endémico.

El género monoespecífico *Yoshiiphorura* ha sido descrito recientemente a partir de material recogido en dos cavidades a

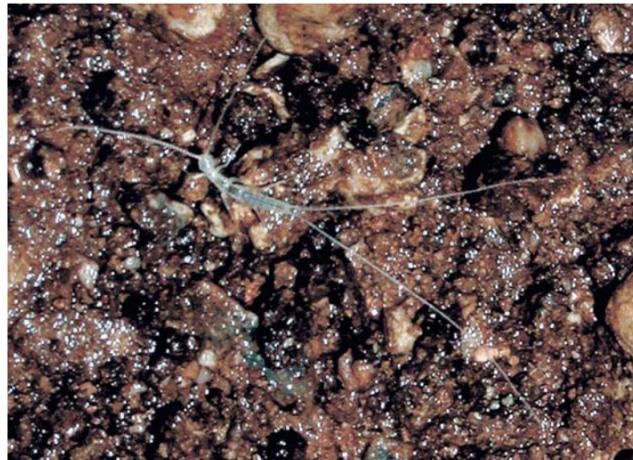
elevada cota en la Sierra de Gádor. *Y. berlingeri* Jordana & Martínez, 2004 es una especie troglófila que no parece estar asociada al guano y que se presenta durante todo el año, si bien es un poco más escasa en verano distribuyéndose por toda la cavidad [21].

Las tres especies que se mencionan a continuación se han capturado en la Cueva de Nerja. *Lepidocyrtus flexicollis* Gisin, 1965 fue descrita de Canarias, encontrándose tanto en superficie como en cuevas. Se creía endémica de estas islas hasta su localización en Málaga [1]. *Pseudosinella infrequens* Gisin y Gama, 1969 se describió de una cueva de Murcia y encontrada posteriormente en Canarias, tanto en superficie como en cuevas; en Portugal como epigea [1], y también en varias cuevas de Almería. *Entomobrya pazariestei* Denis, 1936 descrita originalmente de una cueva de Yugoslavia y encontrada en cuevas de Portugal, y como epigea en Madeira y Portugal.

**Dipluros:** Se han registrado 10 especies distintas de este orden en cavidades andaluzas, cuatro de ellas asociadas al medio cavernícola.

*Plusiocampa lagari* Sendra y Condé, 1987 fue descrita de Albacete y posteriormente en otras cavidades de las provincias de Granada, Jaén y Almería, su distribución y abundancia es muy irregular [44]. Esta especie plantea interesantes controversias sobre los procesos de especiación y colonización de las cavidades [36]. *Plusiocampa gadorensis* Sendra, 2001 presenta una distribución amplia en la sierra de Gádor, de donde es endémica, posee apéndices muy elongados. Este taxon permite emparentar las especies europeas con las norteafricanas [35]. *Plusiocampa baetica* Sendra, 2004 es endémica de la cueva de Nerja, pertenece a los *Plusiocampoideos* sin macroquetas mediales posteriores torácicas y es afín a otras siete especies de *Plusiocampa* s. str. del Mediterráneo occidental. Su descubrimiento permite aclarar algunos aspectos sobre la biogeografía y el poblamiento de este grupo de insectos en la península Ibérica [38]. *P. baetica* se separa claramente del resto de especies del grupo por la reducción del número de macroquetas torácicas, que incluso alcanza la desaparición completa de las mismas en el metanoto. En la cavidad se encuentra exclusivamente

*Plusiocampa gadorensis* (foto: J. García Mayoral)



en la zona denominada Galerías Altas, es decir, en la zona menos alterada de la cavidad. Siempre va asociada a los depósitos de murcielaguina. De *Campodea* aff. *zuluetai* Silvestri, 1932 es importante destacar los caracteres troglobiomorfos que muestran los ejemplares hallados en la Cueva de la Gitana (Almería), tanto en elongación de apéndices como estructuras especializadas [37].

**Tisanuros:** Al menos existen 3 especies diferentes en Andalucía, si bien dos de ellas se encuentran en proceso de descripción. *Coletinia tinauti* Molero-Baltanás, Gaju-Ricart y Bach de Roca, 1997 se caracteriza por la ausencia de ojos y cuerpo despigmentado. Se conoce de dos cavidades de la provincia de Jaén y una de Córdoba. Esta especie debe considerarse como endógena ya que se ha capturado en tierra de un jardín de la ciudad de Córdoba (M. Gajú comunicación personal).

**Ortópteros:** Recientemente se han descrito 4 especies de grillos cavernícolas en Andalucía. Todas pertenecen al subgénero *Zapetaloptila* dentro del género *Petaloptila* con un carácter cavernícola más o menos estricto. *Petaloptila barrancoi* Gorochoy y Llorente, 2001 es muy abundante en las cuevas de la sierra de Gádor y se extiende hasta varias cavidades de Granada. Las otras



*Petaloptila barrancoi* efectuando la muda (foto: J. García Mayoral)

tres especies pertenecen a un tronco común en relación a la genitalia de ambos sexos [2]. *Petaloptila carabajali* Barranco, 2004 habita en cuevas de la Sierra de Cazorla. *Petaloptila mogon* Barranco, 2004 vive también en cuevas de Jaén, es de mayor tamaño y está bastante pigmentado. *Petaloptila baenai* Barranco, 2004 es el más pequeño y de coloración muy pálida.

**Himenópteros:** Se han censado 18 especies, mayoritariamente hormigas o parasitoides de larvas o pupas de dípteros. Cabe destacar dos especies de hormigas por su especial relación con el medio cavernícola.

*Hypoponera ragusai* Emery, 1895 es una de las raras especies que, al menos en nuestras latitudes, se comporta como estrictamente cavernícola [47]. La especie ha aparecido en cavidades de Almería, Granada (Cueva del Capitán) y en Nerja (Málaga), de donde se citó para la península Ibérica [46]. Se conocía de otras cavidades de Italia, norte de África y Oriente próximo. El proceso ventral del

peciolo es la mejor característica para diferenciarla de otras especies de ponerinos (subfamilia a la que pertenece) de la península Ibérica [46]. Una de las características biológicas de mayor interés en esta especie es la presencia de machos ápteros y de morfología muy parecida a las obreras. *Aphaenogaster cardenai* Espadaler, 1981 se conoce de diferentes puntos de Andalucía y de Extremadura y recientemente de la Cueva de Fuenfría en Constantina (Sevilla) ([45] y datos sin publicar). Es una de las dos únicas especies de hormigas que, a nivel mundial, son consideradas como elementos cavernícolas o del MSS ([45][47][34]).

**Coleópteros:** Es el orden más numeroso de todos los artrópodos, se han identificado 78 especies con predominio de la familia Carabidae.

La especie más extraordinaria es *Dalyat mirabilis*, Mateu 2002. Su hallazgo ha supuesto la descripción de la Subfamilia *Dalyatinae*, que se diferencia de las otras dos de *Promecognátidos* por determinados caracteres de las piezas bucales y la reducción de estructuras en la genitalia tanto del macho como de la hembra [25]. Se trata de un coleóptero de tamaño relativamente grande

para un cavernícola, 10-13 mm, con unas mandíbulas enormemente desarrolladas. Es un troglóbulo anoftalmo con caracteres únicos. Su descubrimiento plantea incógnitas biogeográficas que justifiquen la distribución tan disjunta de la familia [26].

La familia Carabidae está representada en las cuevas andaluzas también por especies tan singulares como las del género *Tinautius* con dos especies, *Tinautius troglophilus* Mateu, 1997 descrita de la cueva del Arroyo de la Rambla (PB-4), de donde se considera endémica. Sus afinidades parecen encontrarse con el género *Trogloorites*, de la cueva Akelar de Larraun (Navarra) y en los Alpes marítimos [23]. *Tinautius troglophilus* no presenta caracteres troglóbios tan acusados como *Trogloorites* ya que tiene ojos, aunque no muy desarrollados y las mandíbulas son cortas y gruesas, y no alargadas y finas como en *Trogloorites*. Sin embargo, *Tinautius exilis* Mateu, 2001 endémica de la Cueva de la Corraliza de Fondón, presenta caracteres adaptativos al medio cavernícola extremos: anoftalmia total, especiación del sistema sensorial (setas flageliformes), cuerpo largo estrecho y paralelo, alargamiento de los apéndices y patas, despigmentación, etc. [24].

*Dalyat mirabilis* (foto: P. Barranco)



Otro género de carábido muy prolijo en las cuevas es el género *Laemostenus*, con varias especies endémicas. *Laemostenus cazorlensis* Mateu, 1953 es endémico de la Cueva Secreta del Sagreo (Cazorla) y no se ha vuelto a recoger desde su descubrimiento. Posee una subespecie *Laemostenus (Antisphodrus) cazorlensis divergens* Mateu, 1953 de la Cueva de la Navilla de Fuente de Acero, también en Cazorla. *Laemostenus seguranus* (Vives y Vives, 1983), conocido sólo de las cavidades de las Sierras de Alcaraz y Segura. Es considerada una subespecie de *L. (A.) cazorlensis* mencionado con anterioridad [41]. *Laemostenus barrancoi* Mateu, 1996, es una especie próxima a las anteriores, es un carábido muy activo que aparece mayoritariamente en la zona menos profunda de las cuevas la Sierra de los Filabres. *Laemostenus granatensis* (Vives y Vives, 1982) es endémica de la cueva de las Campanas (Granada).

El género *Platyderus* presenta dos especies, *Platyderus speleus* Cobos, 1961 descrita de la Cueva de Nerja, recientemente ha sido capturada en cavidades de la Sierra de Gádor, lo que puede reforzar la idea de que se trata de un elemento relativamente reciente en las cavidades. Su origen probablemente se produjera durante la glaciación del Würm [15]. Su troglomorfo es escaso, ya que los ojos tienen un desarrollo más o menos normal y el tegumento está poco o nada despigmentado, sin embargo dada su presencia exclusiva en cavidades, se debe considerar como un elemento troglóbico. *Platyderus sciakyi* Jeanne, 1996 descrito de la Cueva de las Campanas, está muy próximo filogenéticamente a *P. speleus*.

La familia Estafilínidos suele estar abundantemente representada en las cuevas, aunque mayoritariamente se trata de especies troglógenas. *Domene cavicola* Coiffait, 1954 sólo se conoce de la Sima de la Navilla de Fuente de Acero, es una especie típica cavernícola, con el cuerpo despigmentado y microftalma [17].

Los Cholévidos poseen una especie troglóbica muy emblemática en una cueva andaluza, *Ptomaphagus troglodytes* Blas y Vives, 1983. Es totalmente ciego y con los apéndices particularmente largos, es uno de los catópidos más modificado en relación con la vida

cavernícola y el primer representante troglóbico del género en la región paleártica [7]. *Speonemadus angusticollis* (Kraatz, 1870) es una especie cavernícola y endógena (encontrada en el castillo de Priego, Córdoba).

Al menos cuatro especies de Curculiónidos se han identificado de cuevas andaluzas, pero todas ellas se encuentran en proceso de descripción. Destaca *Otiiorhynchus* sp. por su elevado grado de troglomorfismo, amarillenta y ciega. Su presencia en la Sierra de Segura, constituye la presencia de elementos comunes en cavidades pertenecientes a dos sectores espeleológicos y biogeográficos diferentes, Levante y Bético [6].

Algunos Dípteros tienen una notable tendencia a vivir en aguas subterráneas. *Iberoporus cermenius* Castro y Delgado, 2001 es el único díptero euestigobionte de la fauna ibérica, presenta ojos reducidos, color amarillento, largos pelos sensoriales y patas, especialmente las posteriores, alargadas. Las alas posteriores son reducidas, ha perdido la capacidad de nadar y parece respirar por la cutícula. Perteneció a la tribu Hydroporini y parece estar relacionado con el otro género europeo euestigobionte, *Sietitia* Abeille de Perrin, 1904 y con el género *Rhithrodytes* Bameul, 1989 que presenta cierta tendencia a vivir en el medio hiporreico. Vive en un acuífero de la provincia de Córdoba. Su descubrimiento fue fortuito y todos los ejemplares se han obtenido mediante el bombeo de un pozo de agua para riego [13].

En la Tabla 7.2 se han recopilado las especies más significativas de la entomofauna cavernícola andaluza (troglóbica y una buena parte de ella endémica). Una visión general de este pormenorizado listado da idea de la importancia que han cobrado en los estudios biospeleológicos en Andauca durante los últimos años.

**Agradecimientos**  
Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en la recolección de gran parte del material que es la base de este trabajo. Juan Amate Salmerón, Jaime García Mayoral, Carmen Ruiz Portero, Juan García Pardo, María Dolores Lara, Daniel Ortega, María Piquer, Francisco Ruiz Avilés, Virginia Salavert y Agustín Castro.

Tabla 7.2. Especies más significativas de la fauna troglóbica andaluza

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD	PROVINCIA
<b>PALPIGRADI</b>			
Eukoeneridae	<i>Eukoeneria gadorensis</i> Mayoral & Barranco, 2002	Sierra de Gádor	AL
<b>PSEUDOESCORPIONIDA</b>			
Neobisiidae	<i>Neobisium gaditanum</i> Mahner, 1977	Sima del Cacao	CA
	<i>Neobisium paucedentatum</i> Mahner, 1982	Iznalloz	CO, GR
	<i>Neobisium piqueri</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Sierra de Gádor	AL
	<i>Neobisium rodrigo</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2000	Villaluenga del Rosario	CA
Chthoniidae	<i>Chthonius aguileiraorum</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2000	Villaluenga del Rosario	CA
	<i>Chthonius amatei</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Sierra de Gádor	AL
	<i>Chthonius mariolae</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Cueva de los Sudores	GR
	<i>Chthonius mayoral</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Sierra de Gádor	AL
	<i>Chthonius nerjaensis</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Nerja	MA
	<i>Chthonius nudipes</i> Mahner, 1982	Cueva de las Campanas	GR
	<i>Chthonius ruiz-porteroi</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Kast de Sorbas	AL
	<i>Stygiochthonius barrancoi</i> Carabajal, García & Rodríguez, 2001	Sierra de Gádor	AL
<b>OPILIONIDA</b>			
Nemastomatidae	<i>Nemastomella gevi</i> Prieto, 2004	diversas cavidades de Jaén	JA

FAMILIA	ESPECIE	LOCALIDAD	PROVINCIA
<b>ARANEIDA</b>			
Nesticidae	<i>Nesticus murgi</i> Ribera & De Más, 2003	Sierra de Gádor	AL
Linyphiidae	<i>Palliduphantes gypsi</i> Ribera & De Más, 2003	Kast de Sorbas	AL
	<i>Palliduphantes cortesi</i> Ribera & De Más, 2003	Kast de Sorbas	AL
Dysderidae	<i>Dysdera vivesi</i> Ribera y Fernández, 1986	Cueva de las Campanas	GR
Leptonetidae	<i>Leptoneta comasi</i> Ribera, 1978	Sierra de Gádor, Karst de Sorbas, cuevas de Sevilla	AL
<b>ACARI</b>			
Rhagidiidae	<i>Foveacheles cannadasi</i> Barranco y Amate, 2000	Sierra de los Filabres	AL
Eutrombididae	<i>Beronium laemostenis</i> Mayoral & Barranco, 2005	Sierra de los Filabres	AL
<b>DIPOLOPODA</b>			
Blaniulidae	<i>Iberoiulus cavernicola</i> Ceuca, 1967	Cueva del Cerro del Berruenco	CA
	<i>Iberoiulus breuili</i> Ceuca, 1967	Cueva de Glenrocky	GI
Julidae	<i>Dolichoilulus ibericus</i> Ceuca, 1971	Cueva de Glenrocky	GI
	<i>Dolichoilulus typhlops</i> Ceuca, 1971	Cueva de Doña Trinidad	MA
Glomeridae	<i>Glomeris albida</i> Mauriés y Vicente, 1977	Cueva de la Pleta	MA
Hispaniosomidae	<i>Ceratosphys hispanica</i> Ribaut, 1920	Cueva de las Motillas	CA
Anthogonidae	<i>Origmatogona tinauti</i> Mauriés, 1990	Cueva del Agua	GR
	<i>Acipes andalusius</i> Enghoff y Mauries, 1999.	Cuevas PB-2 y PB-4	JA
<b>QUILOPODA</b>			
Cryptopsidae	<i>Cryptops longicornis</i> Ribaut, 1915	C. Pleta, Sierra de Gádor, Karst de Sorbas	AL, MA
Lithobiidae	<i>Lithobius noctivagus</i> Serra, 1983	Loja, Sierra de Gádor, Zuheros	AL, CO, GR
	<i>Lithobius motasi</i> Matic, 1968	Sierra Montejaque-Benaolán	MA
<b>COLLEMBOLA</b>			
Onychiuridae	<i>Yoshiiphorura berlingieri</i> Jordana & Martínez, 2004	Sierra de Gádor	AL
Hypogastruridae	<i>Acherontiella xenylliformis</i> Gisin, 1952	Sierra de Gádor, Sierra de Hornachuelos, Priego	AL, CO
Entomobryidae	<i>Lepidocyrtus flexicollis</i> Gisin, 1965	Nerja	MA
	<i>Pseudosinella infrequens</i> Gisin y Gama, 1969	Sierra de Gádor, Karst de Sorbas, Nerja	AL, MA
	<i>Entomobrya pazaristei</i> Denis, 1936	Nerja	MA
<b>DIPLURA</b>			
Campodeidae	<i>Plusiocampa lagari</i> Sendra y Condé, 1987	diversas cavidades de Almería, Granada y Jaén	AL, GR, JA
	<i>Plusiocampa gadorensis</i> Sendra, 2001	Sierra de Gádor	AL
	<i>Plusiocampa baetica</i> Sendra, 2004	Nerja	MA
	<i>Campodea</i> aff. <i>zuluetai</i> Silvestri, 1932	Sierra de María	AL
<b>TISANURA</b>			
	<i>Coletinia tinauti</i> Molero-Baltanás, Gaju-Ricart y Bach de Roca, 1997	Cueva PB-4	CO, JA
<b>ORTHOPTERA</b>			
Gryllidae	<i>Petaloptila barrancoi</i> Gorochoy y Llorente, 2001	diversas cavidades de Almería y Granada	AL, GR
	<i>Petaloptila carabajali</i> Barranco, 2004	Sierra de Cazorla	JA
	<i>Petaloptila mogon</i> Barranco, 2004	diversas cavidades de Jaén	JA
	<i>Petaloptila baenai</i> Barranco, 2004	diversas cavidades de Córdoba y Jaén	CO, JA
<b>HIMENOPTERA</b>			
Formicidae	<i>Hypoconera ragusai</i> Emery, 1895.	Sierra de Gádor, Cueva del Capitán, Nerja	AL, GR, MA
	<i>Aphaenogaster cardenai</i> Espadaler, 1981.	Cueva de Fuenfria, PB-4	SE
<b>COLEOPTERA</b>			
Promecognathidae	<i>Dalyat mirabilis</i> , Mateu 2002.	Sierra de Gádor	AL
Carabidae	<i>Tinautius troglophilus</i> Mateu, 1997.	Cueva PB-4	JA
	<i>Tinautius exilis</i> Mateu, 2001	Sierra de Gádor	AL
	<i>Laemostenus lederi</i> (Schaufuss, 1865)	diversas cavidades de Cádiz y Málaga	CA, MA
	<i>Laemostenus cazorlensis</i> Mateu, 1953	Sierra de Cazorla	JA
	<i>Laemostenus granatensis</i> (Vives y Vives, 1982)	Cueva de las Campanas	GR
	<i>Laemostenus barrancoi</i> Mateu, 1996	Sierra de los Filabres	AL
	<i>Laemostenus seguranus</i> (Vives y Vives, 1983)	Sierra de Cazorla	JA
	<i>Platyderus speleus</i> Cobos, 1961	Nerja, Sierra de Gádor	AL, MA
	<i>Platyderus sciakyi</i> Jeanne, 1996	Cueva de las Campanas	GR
Staphylinidae	<i>Domene cavicola</i> Coiffait, 1954	Sierra de Cazorla	JA
Cholevidae	<i>Ptomaphagus troglodytes</i> Blas y Vives, 1983	Cueva de las Campanas	GR
	<i>Speonemadus angusticollis</i> (Kraatz, 1870)	diversas cavidades de Andalucía y endógeo	CA, CO, JA, MA
Dytiscidae	<i>Iberoporus cermenius</i> Castro y Delgado, 2001	pozo en las sierras Subéticas	CO



## REFERENCIAS

- [1] ARBEA, J.I. y BAENA, M. (2003). "Colémbolos cavernícolas de Andalucía (Insecta: Collembola)". *Zool. Baetica*, 13/14: 71-84.
- [2] BARRANCO, P. (2004). "Estudio del subgénero *Zapetaloptila* Gorochoy & Llorente, 2001 y descripción de cuatro nuevas especies (*Petaloptila* Pantel, 1890, Orthoptera, Gryllidae)". *Graellsia*, 60: 81-93.
- [3] BARRANCO, P. (2005). "Biospeleología Bética". *Endins* (en prensa).
- [4] BARRANCO, P. y AMATE, J. (2000). "Descripción de una nueva especie del Género *Foveacheles* Zacharda, 1980. (Acari, Rhagidiidae)". *Mémoires de Biospéologie*, 27: 15-20.
- [5] BARRANCO, P., MAYORAL, J.G., RUIZ-PORTERO, C., AMATE, J., GARCÍA-PARDO, J., PIQUER, M., ORTEGA, D., SALAVERT, V., RUIZ AVILÉS, F., LARA, M.D. y TINAUT, A. (2004). "Fauna endokárstica andaluza". En: *Investigaciones en sistemas kársticos españoles* (B. Andreo y J.J. Durán, eds.), Instituto Geológico y Minero de España, Serie Hidrogeología y Aguas subterráneas, 12: 351-366. Madrid.
- [6] BELLES, X. (1987). "Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibérica i Les Illes Balears". CSIC, Ed. Moll., Mallorca, 207 págs.
- [7] BLAS, M. y VIVES, E. (1983). "Un nou *Ptomaphagus* Illiger cavernícola d'Andalusia (Col. Catopidae)". *Speleon*, 26-27: 67-72.
- [8] CAMACHO, A. I. (1992). "A classification of the aquatic and terrestrial subterranean environment and their fauna". En: *The Natural History of Biospeology* (A. I. Camacho, ed.), 57-103. CSIC, Madrid.
- [9] CARABAJAL, E., GARCÍA, J. y RODRÍGUEZ, F. (2000). "Descripción de dos nuevas especies de pseudoscorpiones cavernícolas de la provincia de Cádiz (arácnida, Pseudoscorpionida, Chthonidae, Neobisiidae)". *Graellsia*, 56: 27-33.
- [10] CARABAJAL, E., GARCÍA, J. y RODRÍGUEZ, F. (2001a). "Descripción de cuatro nuevos pseudoscorpiones cavernícolas de Andalucía, España (Arachnida, Pseudoscorpionida, Chthoniidae)". *Zool. baetica*, 12: 169-184.
- [11] CARABAJAL, E., GARCÍA, J. y RODRÍGUEZ, F. (2001b). "*Neobisium* (*Ommatoblothrus*) *piqueri* sp. n. nuevo pseudoscorpión cavernícola de Andalucía (Arachnida, Pseudoscorpionida, Neobisiidae)". *Rev. Iber. Aracnol.*, 4: 3-7.
- [12] CARABAJAL, E., GARCÍA, J. y RODRÍGUEZ, F. (2001c). "Nuevos pseudoscorpiones cavernícolas de la sierra de Gádor (Almería, España) (Arachnida, Pseudoscorpionida, Neobisiidae)". *Rev. Iber. Aracnol.*, 3: 7-15.
- [13] CASTRO, A. y DELGADO, J. A. (2001). "*Iberoporus cermenius*, a new genus and species of subterranean water beetle (Coleoptera: Dytiscidae) from Spain". *Aquatic Insects*, 23: 33-43.
- [14] CHRISTIANSEN, K.A. (1992). "Cave life in light of modern evolutionary theory". En: *The Natural History of Biospeology* (A. I. Camacho, ed.), CSIC, 453-478. Madrid.
- [15] COBOS, A. (1961). "Exploración entomológica de la Gruta de Nerja (Málaga) (Coleoptera)". *Eos*, 37: 125-133.
- [16] ENGHOFF, H. y MAURIÉS, J.P. (1999). "The genus *Acipes* in Spain, with the description of a new cavernicolous species (Diplopoda, Julida, Blaniulidae)". *Ent. Scand.* 30:31-33.
- [17] ESPAÑOL, F. y ESCOLÁ, O. (1976). "Coleópteros cavernícolas del distrito andaluz: Curculiónidos, Estafilínidos y Carábidos". *Actas IV congreso Nacional de Espeleología*, 150-156.
- [18] GALÁN, C. (1993). "Fauna hipogea de Guipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución". *Munibe*, 45: 3-163.
- [19] HOWARTH, F.G. (1983). "Ecology of cave arthropods". *Ann. Rev. Ent.*, 28: 365-389.
- [20] LANGHECKER, T. G., (2000). "The effects of continuous darkness on cave ecology and cavernicolous evolution". En: *Ecosystems of the world* (H. Wilkens, D.C. Culver y W.F. Humphreys, eds.), Subterranean ecosystem, 30: 135-157. Elsevier.
- [21] MARTÍNEZ, M., ARIÑO, A. H., BAQUERO, E., BARRANCO, P. y JORDANA, R. (2004). "A new genus and species of Collembola from caves of south Iberian Peninsula (*Collembola*, *Poduromorpha*, *Onychiuridae*)". *Zootaxa*, 734: 1-15.
- [22] MATEU, J. (1996). "*Laemostenus* (*Antisphodrus*) *barrancoi* n. sp., *Sphodrinini* de l'Espagne méridionale (Coleoptera, Carabidae)". *Bull. Soc. Entomol. France*, 101(5): 493-498.

- [23] MATEU, J. (1997). "*Tinautius* (n.gen.) *troglophilus* n. sp., nuevo *Pterostichini* hipogeo del sur de España (Coleoptera, Carabidae)". *Museo regionale di Scienze Naturali*, 15: 137-146.
- [24] MATEU, J. (2001). "*Tinautius exilis* sp. n. (Coleoptera, Carabidae, Pterostichini) de la Alpujarra almeriense (SE España)". *Animal Biodiversity and Conservation*, 24: 45-49.
- [25] MATEU, J. (2002). "Sur un genre nouveau et une espèce cavernicole inédite appartenant à une nouvelle sous-famille de Coléoptères Promecognathidae". *Rev. franç. d'Entomologie (N.S.)*, 24 (1): 67.
- [26] MATEU, J. y BELLES, X. (2003). "Position systématique et remarques biogéographiques sur *Dalyat mirabilis* Mateu, 2002 (Coleoptera : Adephaga : Promecognathidae), cavernicole du Sud-Est Ibérique". *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s.)*, 39(4): 291-303.
- [27] MAURIÉS, J.P. y VICENTE, C. (1977). "Diplópodos cavernícolas nuevos y poco conocidos en España, recolectados por A. Lagar. Descripción de tres géneros nuevos". *Miscellanea Zoologica*, 4 : 109-134.
- [28] MAYORAL, J.G. y BARRANCO, P. (2002). "Descripción de una nueva *Eukoenenia* Börner, 1910 del Sureste ibérico (Almería, España) (Arachnida, Palpigradi, Microthelyphonida)". *Rev. Iber. Aracnol.*, 6: 129-132.
- [29] MAYORAL, J.G. y BARRANCO, P. (2005). "A new larval mite *Beronium laemostenis* sp. nov. (Acari: Eutrombidiidae) host on a troglolobius beetle from Spain". *Biologia (Bratislava)*, Section Zoology, 60(2): 128-128.
- [30] PECK, S. B. (1988). "A review of the cave fauna of Canada, and the composition and ecology of the invertebrate fauna of caves and mines in Ontario". *Can. J. Zool.*, 66: 1197-1213.
- [31] RIBERA, C. (1985). "Apéndice complemento para los artrópodos ibéricos. En: *Arácnidos, crustáceos y miriápodos* (Editorial Blume), 276-305.
- [32] RIBERA, C. y FERRÁNDEZ, M.A. (1986). "Tres nuevas especies de *Disderidae* (Arácnida, Araneae) cavernícolas de la Península Ibérica". *P. Dept. Zool. Barcelona*, 12: 51-58.
- [33] RIBERA, C., DE MÁS, E. y BARRANCO, P. (2003). "Arácnidos cavernícolas de la provincia de Almería (I) y descripción de 4 nuevas especies". *Revista Ibérica de Aracnología*, 7: 3-17.
- [34] RONCIN, E. y DEHARVENG, L. (2003). "*Leptogenys khammouanensis* sp. nov. (Hymenoptera: Formicidae). A possible troglolobitic species of Laos, with a discussion on cave ants". *Zoological Science*, 20: 919-924.
- [35] SENDRA, A. (2001). "*Dipluros campodeidos* (Diplura: Campodeidae) de las grutas almerienses". *Zool. Baetica*, 12: 71-82.
- [36] SENDRA, A. (2003). "Distribución y colonización de los *Campodeidos* cavernícolas en la Península Ibérica e Islas Baleares". *Bol. Soc. Esp. Espeleol. y Ciencias del Karst*, 4: 12-20.
- [37] SENDRA, A. y MORENO, A. (2004). "El subgénero *Campodea* s. st. en la Península Ibérica (Hexapoda: Diplura: Campodeidae)". *Bol. SEA*, 35: 19-38.
- [38] SENDRA, A., LARA, M.D., RUIZ AVILÉS, F. y TINAUT, A. (2004). "Une nouvelle espèce du genre *Plusiocampa* Silvestri, 1912 (Diplura, Campodeidae) et données pour sa reconstruction paléobiogéographique dans les Bétiques". *Subterranean Biology*, 2: 113-122.
- [39] SERRA, A. (1983). "Els *Scolopendrinae* i els *Theatopsinae* (Chilopoda: Scolopendromorpha)". *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 49 (Sec. Zool., 5): 77-83.
- [40] SERRA, A. (1985). "Contribución al conocimiento de los *Scolopendromorpha* (Chilopoda) del sur de la Península Ibérica". *Pub. Dep. Zool., Barcelona*, 11: 37-43.
- [41] SERRANO, J. (2003). "Catálogo de los Carabidae (Coleoptera) de la Península Ibérica". *Monografías SEA*, 9, 130 pp., Zaragoza.
- [42] STUDIER, E.H., LAVOIE, K.H. y HOWARTH, F.G. (2002). "Leg attenuation and seasonal femur length: mass relationships in cavernicolous crickets (Orthoptera: Gryllidae and Rhaphidophoridae)". *J. Cave Karst Studies*, 64: 126-131.
- [43] TINAUT, A. (1994). "Los habitantes de las tinieblas en: La Cueva del Agua". Ed. Excm. Diputación Provincial de Granada, 69-77.
- [44] TINAUT, A. (1995). "Artrópodos de la Cueva del Agua de Iznalloz (Granada)". *Bol. Asoc. Esp. Entomol.*, 19 (1-2): 157-174.
- [45] TINAUT, A. (1998). "Artrópodos terrestres de las cavidades andaluzas". *Zool. Baetica*, 9: 3-28.
- [46] TINAUT, A. (2001). "*Hypoponera ragusai* (Emery, 1895) a cavernicolous ant new for the Iberian Peninsula (Hymenoptera, Formicidae)". *Graellsia*, 57(1): 3-8.
- [47] TINAUT, A. y LOPEZ, F. (2001). "Ants and Caves: Sociability and Ecological Constraints (Hymenoptera, Formicidae)". *Sociobiology*, 37: 651-659.
- [48] VICENTE, C. (1976). "Diplópodos cavernícolas del sur de España". *Actas IV Congreso Nacional de Espeleología. Nerja (Málaga)*. 147-149.

### III. LAS CUEVAS Y EL HOMBRE

#### Introducción al Karst y el Hombre en Andalucía

(José Antonio Berrocal)

**L**os usos perdurables del karst y su entorno, por parte del hombre, han hecho de este paisaje el lugar ideal en donde nace y se asienta la ancestral cultura mediterránea. La sobria fortaleza del karst le imprimió carácter a sus habitantes.

Cuando el clima se endurece, durante el cuaternario, la cueva da refugio a la primera humanidad. La cueva es, además de lugar de habitat, el espacio de ritos en donde se conservan sus manifestaciones artístico-religiosas. Son ejemplos notables las de Pileta y Ardales. Como refugios temporales y oteaderos del paso del ganado dan pie a los numerosos abrigos con pinturas y restos que llegará prácticamente a nuestros días.

Las dolinas, una forma típica de su relieve, son pequeños espacios fértiles y abarcables y que se regeneran de forma anual. En su cercanía se instalan familias de agricultores y ganaderos, creando un diseminado que humaniza el agreste paisaje.

En todas las épocas el aprovechamiento hidráulico ha sido una constante necesaria. Romanos y árabes elevarían este uso a la categoría de ingeniería con numerosos ejemplos de obras importantes en la captación y conducción del agua procedente de las cuevas e incluso en el interior de estas.

Con el paso de los años una población más extensa emplea las cuevas y sus entornos como aprovechamiento de guano, redil de ganado, cura de quesos o refugio de bandoleros y que, esto último en Andalucía, ha dado tantas imágenes y estampas para el costumbrismo de los siglos XVIII y XIX.

Dentro de la tradición de lugares de culto la cueva ha sido santuario en la prehistoria, refugio de demonios y dragones, lugar de apariciones marianas y lugar de retiro de los místicos de Andalucía y el Mediterráneo. Son ejemplo las cuevas de eremitas documentadas en la Sierra de El Burgo y Sierra Tejada.

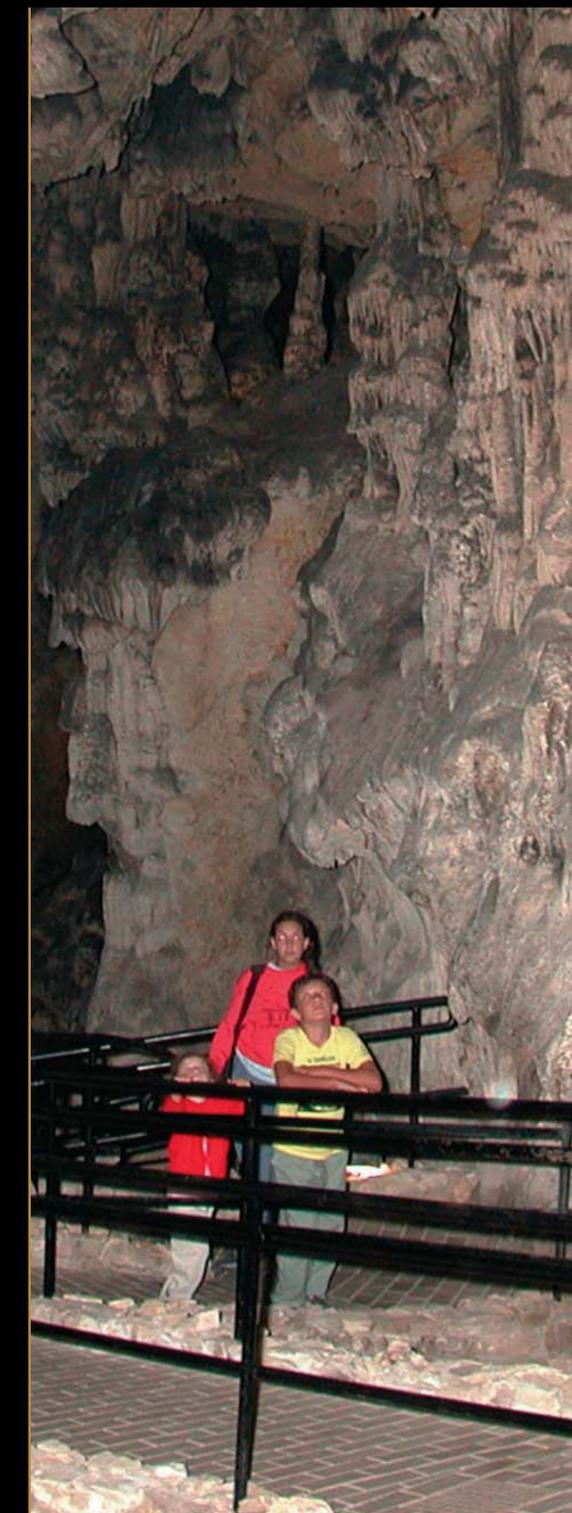
Con la edad media nacen numerosas leyendas que vinculan a las cuevas. Cuevas con leyendas marianas, de demonios y dragones, de bandidos y encantadas, recogidas en el repertorio de nuestro acervo cultural más ancestral.

Ya más modernamente se ha visto un interés cultural y sobre todo turístico, como motor de desarrollo económico en las cuevas, se habilitan cuevas por sus contenidos prehistóricos, estéticos, anecdóticos, etc. Cualquier característica es buena si sirve a la finalidad.

Sin embargo esta robustez aparente sigue estando en peligro y no queremos olvidar las palabras del Profesor Joaquín Rodríguez Vidal, tan buen conocedor de estos espacios, sobre lo que debe ser nuestra mirada hacia estos lugares de privilegio:

"El paisaje kárstico es tan singular y tan único, y ha tardado tantos miles o millones de años en formarse, que su sola contemplación satisface los espíritus más exigentes. La valorización de este paisaje será la futura base del desarrollo de sus pueblos, pero manteniendo su idiosincrasia y no adoptando pautas especulativas, más propias de otras regiones mediterráneas costeras."

Vertido de fluoresceína en la Sima del Cadete en Carratraca (foto: David Pérez Gutiérrez)



## MODOS DE VIDA Y PRESENCIA HUMANA EN LAS CAVIDADES ANDALUZAS

8

LORETO WALLACE MORENO

GRUPO DE EXPLORACIONES SUBTERRÁNEAS DE LA SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MÁLAGA

**E**l Cuaternario es la última de las eras en que los geólogos han dividido la historia de la Tierra. Su duración fue en torno a los dos millones de años, y sus dos características más importantes fueron las diferentes glaciaciones que tuvieron lugar en la mitad septentrional de Europa y el proceso de hominización que culminó con la expansión del género Homo sobre la Tierra.

Andalucía es un lugar clave para el conocimiento de las primitivas poblaciones del continente europeo. En nuestras cavidades se han localizado abundantes restos arqueológicos cuyo estudio y protección dependen a veces de las circunstancias en que fueron descubiertos.

### EL HOMBRE DEL CUATERNARIO

**E**l Cuaternario se ha dividido en tres amplios periodos: el Cuaternario antiguo o Pleistoceno Inferior, que abarca las glaciaciones Donau y Günz (de 2,1 a 0,7 millones de años), el Cuaternario o Pleistoceno Medio que se inicia con el interglaciar Günz-Mindel y comprende las glaciaciones de Mindel y Riss, y el Cuaternario Reciente o Pleistoceno Superior más Holoceno, que se inicia en el interglaciar Riss-Wurm, hace unos 125.000 años, extendiéndose durante la glaciación Würm y llegando al postglaciar (Holoceno) que es el periodo en que ahora nos encontramos. Estas oscilaciones climáticas produjeron notables cambios en el paisaje, e influyeron decisivamente en nuestros primeros antepasados, que de un régimen de asentamientos al aire libre, pasaron a ocupar las cavernas donde encontraron refugio frente a las inclemencias de los fríos polares. Para hacerse una idea del clima frío que imperaba en nuestra península diremos, que durante la última glaciación, el nivel de las nieves perpetuas en la Sierra Harana (Granada), estaría a menos de 1.000 m s.n.m. (Würm II).

En Andalucía, los restos de homínidos más antiguos encontrados son los pertenecientes al Homo S. Neanderthalensis, aunque en la Depresión de Baza (Granada), en un yacimiento denominado Fuentenueva 3, próximo geográficamente al conocido de Orce, se está excavando un registro lítico el cual ha sido fechado entre 900.000 y 1.000.000 de años por sus descubridores [37]. Sin embargo, es motivo de discusión y aún no hay pruebas concluyentes.

El Sur de Andalucía es zona de importancia vital para el estudio de las causas que condujeron a la extinción de los Neandertales y al

avance y expansión de los humanos modernos durante el Pleistoceno final. Según estudios recientes revelan que las últimas poblaciones de Neandertales habitaron en regiones bioclimáticas de tipo mediterráneo, en las cuales existen mayores contrastes en cuanto a topografía y altitud. Hacia los 30.000 años B.P. se extinguieron estos Neandertales en el Sur de nuestra península, siendo reemplazados por los humanos modernos. Últimas teorías apuntan la idea de que no fueron los causantes de su extinción, como hasta ahora se había dicho, sino que convivieron con ellos. El estudio de su desaparición es uno de los debates más apasionantes que tiene la prehistoria en la actualidad.

### La época de los cazadores-recolectores

Estos Neandertales son los protagonistas de las culturas que abarcarán los inicios del Pleistoceno Superior, que comienza hace unos 128.000 años, y se extienden hasta los 35.000 B.P. aproximadamente. Es el periodo que los arqueólogos han denominado Paleolítico Medio, asociado a la cultura Musteriense, y que se inicia con yacimientos localizados generalmente al aire libre o en abrigos, para continuar progresivamente con la penetración en las cuevas. Conforme el frío va intensificándose van teniendo un mayor control sobre el fuego, lo que les servirá de iluminación en el interior de las cavidades. Así se constata el desplazamiento de los grupos musterenses de parajes al aire libre como Villanueva de Mesía o de la cuenca media del Genil a las cuevas de la sierra de Harana, como Horá y Carihüela.

Estos grupos musterenses se situaban en lugares de paso o de migración de animales, para tener un mayor control sobre la caza, simultaneando esta actividad con otras como la recolección de



**Abrigos con pintura esquemática**, suelen estar situados en lugares "especiales", con amplia visibilidad, o en lugares de paso que comunican zonas altas con las tierras bajas. También existen los emplazados en lugares ocultos, y que suelen tener unas composiciones pictóricas muy complejas. Su significado ha dado lugar a muchas interpretaciones. Lo que sí parece generalizado es que estos abrigos no se utilizaron como lugar de habitación. En Andalucía es la única zona de la península en que se ha descubierto el arte esquemático también en cavidades en las que no llega la luz diurna: Cueva de la Pileta (Benaolán), y Cueva de la Murcielaguina (Priego de Córdoba).

Como es lógico existen muchas cuevas que participan de diferentes utilidades.

Mano Negativa, Cueva de Doña Trinidad - Ardales (foto: Pedro Cantalejo)



### La época de los pastores y agricultores

El final del Paleolítico coincide con el retroceso de la última glaciación. Amplias zonas del viejo y del nuevo mundo, que estaban cubiertas por los hielos, van a quedar al descubierto, siendo colonizadas por el hombre. Al mismo tiempo se va a producir un aumento del nivel del mar (la última trasgresión), que inundará zonas costeras que seguramente estaban habitadas. Los bosques van a ser protagonistas del paisaje, y la fauna experimentará un cambio: es la época de los ciervos, jabalíes, bóvidos... a costa de especies de clima frío como el mamut o el rinoceronte lanudo que se extinguirán definitivamente.

Hace unos 10.000 años el hombre se va a plantear una nueva estrategia de subsistencia: hasta entonces solo se dedicaban al aprovechamiento de los recursos naturales: la pesca, la caza, la recolección de bayas y frutos silvestres... A partir de ahora van a ser productores de alimentos. Igualmente se comenzará a criar en cautividad animales para su consumo, sin que pueda hablarse aún de domesticación. De esta manera se podrán almacenar excedentes alimentarios y ello supondrá un cambio importante en sus relaciones sociales, culturales, de vinculación al territorio, etc. A este proceso se le ha llamado Neolitización.

En Andalucía este periodo está asociado a una ocupación generalizada de las cuevas, llegando a denominarse como "Cultura de las cuevas con cerámica impresa" debido a sus características cerámicas impresas cardiales de engobe rojo. Son básicos los trabajos realizados por M. Soledad Navarrete [23] y las excavaciones en las Cuevas de la Carihüela de Piñar (Granada) y la de Nerja (Málaga), para el conocimiento de esta época.

Numerosas cuevas de las montañas subbéticas estaban ocupadas por una población que ha dejado constancia de su actividad en ellas: La sierra Harana, con las cuevas de La Carihüela (Piñar) y Prado Negro (Iznalloz), Sierra Alhama con las cuevas del Agua, de la Mujer y Sima Rica. En la Sierra de Jaén, las Cuevas del Nacimiento y el Abrigo de Valdecuevas. En la Serranía de Ronda, la conocida cueva de La Pileta; la Cueva del Toro en el Torcal de Antequera. En la sierra de Huelva tenemos el yacimiento de la Cueva de la Mora (Jabugo), y en la Sierra de Cádiz las cuevas del Parralejo y la Dehesilla. En la Sierra Norte sevillana, la Cueva Chica (Cazalla de la Sierra) ha dado una amplia estratigrafía del neolítico de Andalucía Occidental. En la Serranía de Córdoba, las cuevas de los Mármoles y La Murcielaguina (en Priego) y Cueva de los Murciélagos (Zuheros). Esta última con una de las mejores dataciones para el neolítico andaluz.

Son también numerosos los yacimientos en las cuevas del litoral mediterráneo: así las cuevas del Hoyo de la Mina, del Tesoro, de los Botijos, Nerja, Navarro IV, etc. Todas en la provincia de Málaga; y la Cueva del Capitán, en Salobreña (Granada).

Un aspecto interesante es la realización de pinturas rupestres esquemáticas en las cuevas y en pequeños abrigos. Es un arte de difícil interpretación. El primero en estudiarlas y darles el nombre con el que se las conoce fue el andaluz Manuel de Góngora en su libro "Antigüedades prehistóricas de Andalucía" [16] publicado en 1868.

El abandono progresivo del hábitat en cuevas y el establecimiento en asentamientos al aire libre es un hecho comprobado a medida



Bóvido Solutrense en la cueva Navarro IV, La cala del Moral (foto: José A. Berrocal)

que avanza el Neolítico. En sus últimas etapas, las cuevas se siguen utilizando como lugar de enterramiento, pero al mismo tiempo la población empieza a ocupar zonas próximas viviendo en cabañas y organizándose con una mayor complejidad social, propia de los grupos más sedentarios.

Aún se siguen utilizando las cuevas en estas últimas épocas, como demuestran las excavaciones realizadas en las cuevas de Carihüela de Piñar (Granada) o de Nerja (Málaga), en cuyos últimos niveles aparecen materiales del Bronce.

A partir de entonces las cuevas van a ser utilizadas muy esporádicamente, más como refugio provisional que como lugar de habitación. Se han encontrado restos romanos y árabes en algunas de ellas, pero en muy escaso número, como en la Cueva del Higuero (Málaga) o en la Cueva de los Covachos (Sevilla).

### PRINCIPALES CAVIDADES EN ANDALUCÍA CON PRESENCIA HUMANA

Las zonas con mayor desarrollo de la karstificación en Andalucía, y por tanto de cavidades, en las que encontramos huellas del paso de nuestros antepasados, pueden agruparse en los siguientes conjuntos:

**Zona costera de Málaga y Granada**, ocupada por calizas y dolomías correspondientes al Complejo Maláguide.

**Subbético Occidental**, encuadrado en la zona interna, cuyos macizos más importantes son Serranía de Ronda, Grazalema, Prieta, Mijas, Sierra Blanca, Sierra Gorda, Alcaparain, Sierra de Ardales, y Sierra Norte sevillana.

**Subético Oriental**, con la Sierra de Cabra, de Priego de Córdoba, Sierra de Segura y Sierra Mágina.

**Depresión interior granadina**, con la Sierra Harana, Sierra Alhama, y Sierras de Moclán.

**Zona de Almería**, encuadrada en la unidad Penibética, elevada y con zócalo masivo, cuyas sierras principales son Los Filabres y Gádor.

#### Zona costera de Málaga y Granada

Las Sierras Penibéticas se sitúan muy cerca del litoral, lo que crea costas accidentadas, y entrantes formados por llanuras aluviales y deltas de ríos como los del Guadalfeo, Andarax, Guadalhorca, etc. Este sector es muy rico en cavidades con restos arqueológicos.

En la costa granadina, la Cueva del Capitán, en Salobreña, con materiales neolíticos. Cercanas a la población de Motril se hallan la Cueva de los Intentos, en la que se recuperaron fragmentos de vasijas de forma globular y material lítico en forma de hachas y azuelas, y la Cueva de la Campanas con cerámicas a la almagra [22].

De La Cueva El Boquete de Zafarraya proceden los únicos restos antropológicos del hombre de Neandertal encontrados en la provincia de Málaga. Se trata de un fragmento de fémur y una mandíbula, con una antigüedad de unos 30.000 años [3]. Esta cueva, se halla vinculada a la costa por su situación en una vía de paso natural de las sierras del interior hacia el mar. La población se estableció mayoritariamente en la línea de costas donde, además de la caza, se dedicaron a la pesca y al marisqueo.

La Cueva de Nerja, descubierta en 1959, es una de las más importantes cavidades andaluzas en cuanto al yacimiento prehistórico localizado en su interior. Desde su descubrimiento se han realizado varias campañas de excavaciones que han dado unos niveles estratigráficos que abarcan desde el Auriñaciense (Paleolítico Superior), Neolítico (Inicial, Medio y Reciente), y terminando en el Calcolítico (Fase Millares, en la segunda mitad del III milenio B.P.). Hacia el 1.800 B.P. la cueva solo era visitada esporádicamente por los hombres de los inicios del Bronce.

En los niveles del Paleolítico Superior las excavaciones apuntan a que durante la primera ocupación de la cueva en el Auriñaciense, no fue utilizada muy habitualmente, ya que los restos encontrados son escasos. Durante el Solutrense, de facies ibérica debido a sus hojas de laurel, aparecen las primeras pinturas rupestres. En la zona habilitada al turismo se han localizado tres grupos de pinturas: el primero en el paso que une la Sala de la Cascada con la de los Fantasmas. Representa una cabra hispánica en trazo grueso de color rojo y líneas sin significado aparente. El segundo se halla en la zona de los Órganos y representa una cierva en actitud rampante acompañada por trazos y manchas en color rojo, y un ciervo de largos cuernos también en rojo. El tercer grupo se halla al fondo de la Sala del

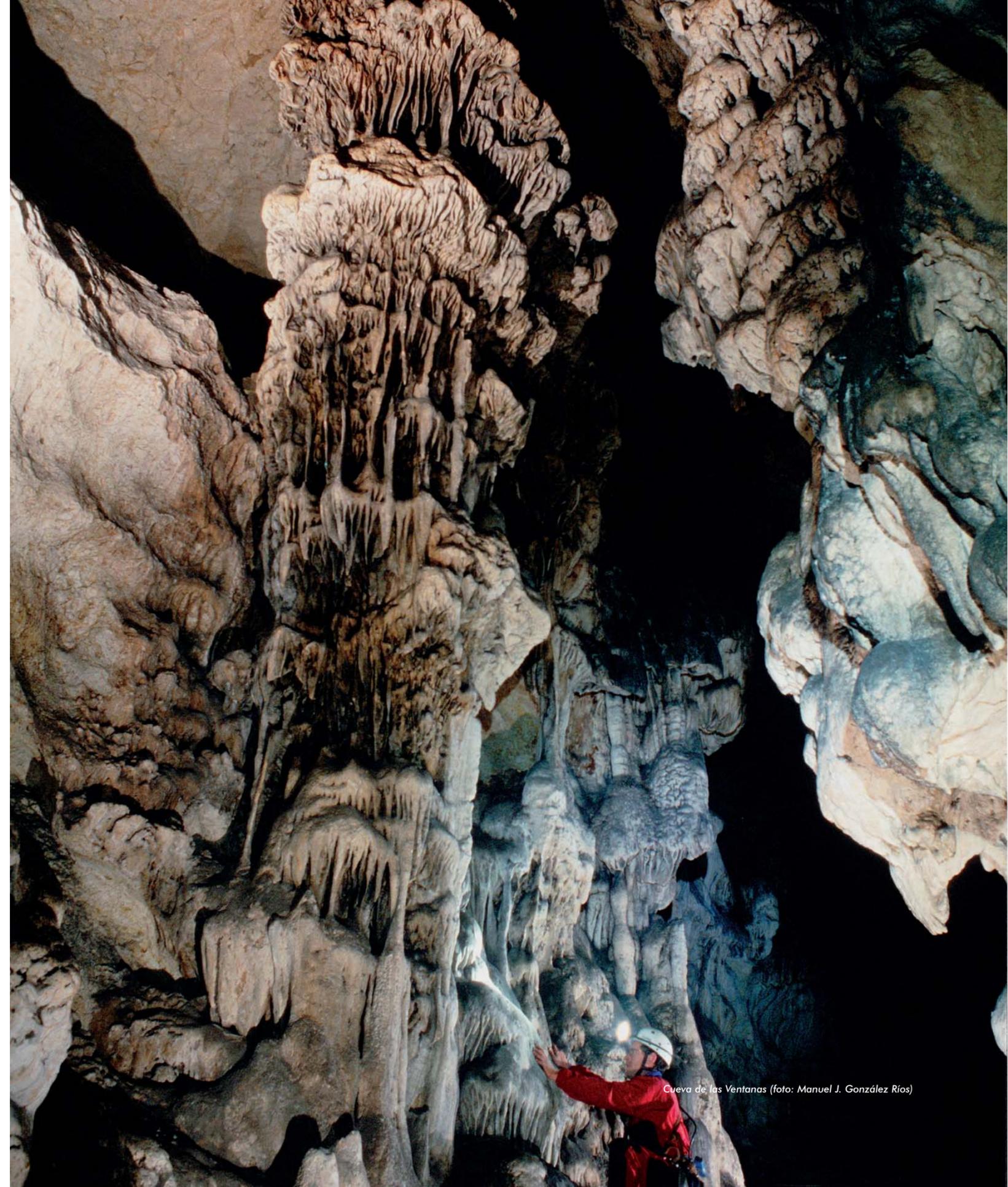
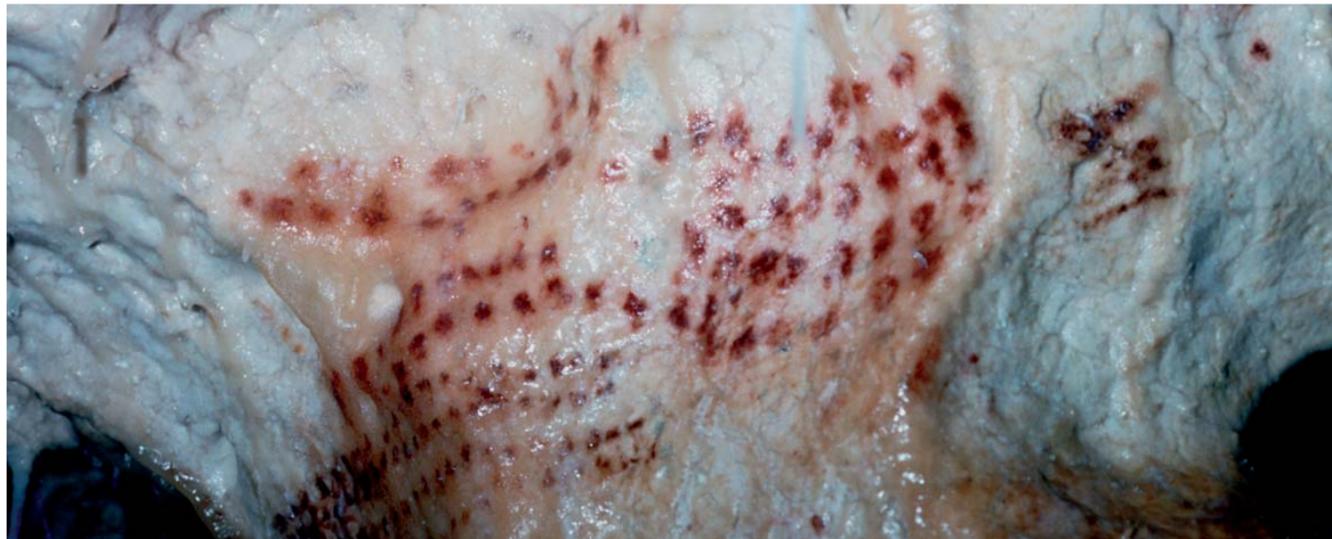
Cataclismo, con un caballo acéfalo en rojo, una cabeza de cierva en ocre y diversas líneas y trazos. En las Galerías Altas, en la llamada Sala de las Pinturas se localizan una yegua de vientre abultado en color rojo, una cabra hispánica de largos cuernos y el esbozo de otra en color negro. En el denominado Santuario de los Delfines se encuentra otro grupo de pinturas de tipo fusiforme. Destacan dos pisciformes con el cuerpo relleno de líneas paralelas. Para este santuario se aboga por una cronología Magdaleniense.

Durante las excavaciones llevadas a cabo por M. Pellicer en 1982 [29] apareció un enterramiento en niveles Epipaleolíticos en el corte NY-82 de la Cámara de la Torca. El esqueleto se encontraba entero, en buen estado de conservación, colocado en posición decúbito lateral derecho y los brazos cruzados sobre el pecho. Se trataba de una mujer joven de unos 20 años. Junto a su cabeza tenía un trozo de ocre y el cuerpo había sido colocado sobre un hogar rodeado por lajas clavadas verticalmente [15].

Tras unos niveles Epipaleolíticos en los que abundan el material microlaminar y geométrico aparece el Neolítico en el que la cueva fue muy utilizada como hábitat. Los restos de esa ocupación han dado unas cerámicas impresas e incisas, decoración de cordones, asas pitorro, mamelones y útiles en piedra pulimentada. Abunda la cerámica a la almagra, los vasos globulares, etc. En el Neolítico Final y el Calcolítico la cueva será utilizada más como lugar de enterramiento que de habitación [30].

La Cueva del Tesoro, hoy desaparecida, se hallaba en la llamada Punta de Torremolinos. Los trabajos realizados en ella por Eduardo J. Navarro, presidente de la sociedad Malagueña de Ciencias, fueron publicados en 1884 y constituyen el primer estudio científico que se hace sobre una cueva en la provincia de Málaga [26]. Se trataba de una pequeña cavidad utilizada con fines sepulcrales durante el Neolítico en la que se inhumaron unos veinte individuos con sus ajuares consistentes en brazaletes, cuentas de collar, vasijas con mamelones, asas de cinta, grandes vasos ovoides, punzones, raederas, etc.

Navarro IV, puntiformes rojos (foto: José A. Berrocal Pérez)



Cueva de las Ventanas (foto: Manuel J. González Ríos)

La Cueva Hoyo de la Mina, también se conocía como Cueva del Tío Leal, se encontraba en la costa oriental de Málaga, en el macizo del Cantal Grande. Hoy día está casi destruido por el avance de una cantera que allí se encuentra. En 1917 Miguel Such la excavó publicando sus resultados en un trabajo que se convirtió desde entonces en un referente para el estudio de la prehistoria en Andalucía [36]. Revisiones posteriores del material encontrado [14] dan una primera ocupación de la cueva como hábitat durante el Magdaleniense Superior Final, para continuar en el Epipaleolítico con abundante material microlaminar. A continuación se encuentran los niveles Neolíticos durante los cuales la cueva se continúa utilizando como lugar de habitación -aparecen numerosos hogares- y termina como lugar de enterramiento en sus estrechas galerías laterales durante el Neolítico Final.

La Cueva Navarro IV, cuyas pinturas rupestres fueron descubiertas durante el transcurso de las exploraciones realizadas por el GES de la SEM en la costa oriental de Málaga, tras forzar una estrechísima gatera, es una de las bocas del Complejo de la Araña, situada en la cantera del mismo nombre, en el macizo de El Cantal. Las pinturas se hallan en la Sala de las Pinturas o de las Fistulosas. Según el esquema de Leroi-Gourham [19] se puede considerar ésta una Cueva-Santuario, en que la figura principal es un bóvido de vientre abultado y trazos pareados en su interior. Está pintado en color rojo al igual que la mayoría de signos que lo acompañan. El motivo más representado son las puntuaciones, ya asociadas o aisladas, formando bandas y líneas. Su cronología apunta hacia un Solutrense Final.

La Cueva del Higuero o del Suizo se localiza asimismo en la costa oriental, en el término del Rincón de la Victoria. En 1918 el abate Breuil la visitó descubriendo sus pinturas rupestres [9]. Se trata de varias figuras en rojo de difícil interpretación. Las excavaciones

Descubrimiento de las pinturas en Navarro IV. José M<sup>o</sup> Gutiérrez Romero y Loreto Wallace, observan una de las figuras descubiertas. (foto: José A. Berrocal Pérez)



realizadas en 1956 por Giménez Reyna y Laza Palacios dieron un rico material con cerámicas ricamente decoradas, vasos de gran tamaño, vasos globulares, con asa-pitorro, asa en túnel vertical, mamelones de lengüeta... La industria ósea es escasa y en sílex aparecen buriles, un fragmento de arpón, raspadores, y destacando una punta de La Gravette. Así pues la cronología que abarca esta cueva es amplia, desde un Paleolítico Superior hasta un Neolítico Final. Además se piensa que esta cueva fue habitada también en la Edad del Bronce y llegando incluso a la Edad Media, ya que han aparecido cerámicas árabes.

En la zona de Los Cantales, además de las ya mencionadas, tenemos la Cueva de la Victoria, descubierta en 1939 por Salvador Román. Posteriormente la excavan Giménez Reyna y Javier Fortea. Abunda la cerámica decorada, sobre todo incisa, rellena con pasta blanca o roja. Abundan los vasos globulares, las asas con cordones, los brazaletes, los adornos de conchas, etc. Todo ello perteneciente a un Neolítico Final-Eneolítico. Respecto a las pinturas se han realizado en color ocre claro y son figuras esquemáticas representando ancoriformes, ramiformes, antropomorfos de brazo en asa, etc. Se hallan muy deterioradas, habiéndose llegado a arrancar parte del panel de estas pinturas.

Otras cuevas de esta zona son La Raja del Humo, con material lítico perteneciente a una industria Musteriense, estudiado por Leiva Rojano. Cuevas de la Cantera, pequeñas cavidades abiertas conforme avanzaba el trabajo en la cantera de la fábrica Goliat, y que dieron un material cerámico rico en decoraciones adscritos al Neolítico de la "Cultura de las Cuevas". Muchas de ellas desaparecidas hoy día.

A parte de estas cuevas hay un largo número de ellas como son: la Cueva del Calamorro o del Toro, en la que en 1969 se descubrieron pinturas rupestres, destacando la figura de un toro acéfalo en color rojo. Fortea Pérez ([13][14]) las encuadra dentro de un Solutrense Inferior. La Cueva de los Botijos, La Cueva de la Zorrera y la Cueva del Sahara, todas ellas muy próximas y con materiales propios del Neolítico de la llamada "Cultura de las Cuevas".

### Subbético occidental

Las prospecciones arqueológicas realizadas en sus sierras calizas, han dado como resultado un nutrido grupo de cavidades que podrían ser el foco de origen de un Neolítico autóctono con cerámicas decoradas diferentes a las cardiales [29].

La Cueva de la Mora, localizada en la Sierra Onubense, cercana al pueblo de Jabugo, fue descubierta en el año 1905. Los materiales, que se encuentran muy dispersos en varios museos, fueron recogidos en un principio sin atender a ningún criterio estratigráfico. Ello hace difícil su estudio. Carbonell la excava en 1924 [12], y posteriormente Vallespí [38] hizo una revisión que publica en 1981. Esta cueva se ocuparía desde el Paleolítico Superior, por la presencia de un hueso decorado quizás magdaleniense [1], un Neolítico con un material abundante: fragmentos de vasos cilíndricos con cuello, de paredes convexas, material lítico, hachas alisadores, material en sílex, etc. Han aparecido ídolos-placa de forma trapezoidal con perforaciones para su suspensión. Durante el Calcolítico se utilizó como lugar de enterramiento. En 1906 se excavó un sepulcro individual en cista, recogiendo un crisol de cobre y una alabarda. Por último se ha constatado una ocupación en tiempos romanos de esta cavidad.



Cápridos, Cueva de la Pileta (foto: Archivo Cueva de la Pileta)

La Cueva de la Pileta es la más conocida de sus cavidades, por su yacimiento arqueológico y por su arte parietal. Se abre cerca del pueblo de Benaolán. La existencia de sus pinturas rupestres las dio a conocer W. Werner en 1911. Puesto en contacto con el prehistoriador H. Breuil, éste acude a conocer la cavidad, publicando un magnífico trabajo en 1915 titulado "La Pileta á Benaolán" [10]. Hoy día sigue siendo la estación con arte rupestre más importante del mediodía peninsular. Abarca una amplia cronología que se inicia desde un Solutrense Medio-Superior, con pinturas en colores ocres, rojos y negros. Los temas más comunes son el toro, el caballo y la cabra. Abundan los signos. Durante el Magdaleniense se dan los santuarios con grandes figuras de toro, cérvidos e ideomorfos.

A la última etapa corresponden los grabados con la técnica en su ejecución del surco en forma de "V". Las pinturas post-paleolíticas o esquemáticas fueron realizadas a base de pigmentos negros, utilizando una punta dura para su aplicación a la pared. Se representan numerosos antropomorfos, ancoriformes, pectiformes, meandros, reticulados y numerosos trazos sin descifrar.

El material arqueológico ha sido poco estudiado, en contraposición a sus pinturas, y procede la mayoría de recogidas incontroladas. En 1935 se recogió una pieza de barro cocida, la llamada "Venus de Benaolán" que Almagro Gorbea encuadró dentro de los ídolos del Bronce I Hispano [2] El material cerámico suele ser de buena calidad, bien cocida, con superficies a la almagra. Las formas son vasos esféricos o globulares, con ricas decoraciones incisas rellenas

de pasta roja, asas de varios tipos, vasos de tipología argárica, y grandes orzas. Se corresponde con un Neolítico Final, ya en relación con la Cultura del Bronce. En metal, se han recogido diversas hachas de bronce de tipo algárico, un puñal de forma triangular y una punta de lanza romboidal con nervio.

En cuanto a restos humanos, en las llamadas Galerías Nuevas se localizaron cuatro esqueletos en diferentes estados de conservación. Son individuos jóvenes de unos 15 a 18 años. Su situación, a gran distancia de la entrada de la cavidad, sigue siendo una pregunta a resolver.

En relación con esta cavidad se halla la cercana Cueva del Gato, amplia boca por donde surge el río Gadares. En 1912 H. Breuil la visita y descubre signos en sus paredes. En 1976 la excava L. Mora Figueroa recogiendo un material que abarca desde el Neolítico al Bronce Inicial [23]. También aparecieron restos de tres esqueletos humanos. La cueva sería utilizada como lugar de hábitat y enterramiento [11].

Otras cavidades del entorno son La Cueva de los Alfaques, con cerámicas algáricas, La Cueva de la Higuera, con un escaso material en cerámica tosca y mal cocida que pudiera tratarse de un puesto de caza. La Cueva del Camarín o de don Pepe, hoy día desaparecida por el ensanche de la carretera, en la cual se recogió en 1975 por el Espeleo-Club de Málaga varios fragmentos de sílex y un trozo de vasija de bordes rectos.



Barco, Laja Alta (Foto: José A. Berrocal Pérez)

Lejos de esta zona está La Cueva de la Tinaja, ya en el término de Tolox, en el llamado Peñón de los Horcajos, dio tres piezas de ollas con asa, ricamente decoradas. Esta cueva debió tener un interesante yacimiento, que fue expoliado y destruido. En base a su decoración de cordones, asas y mamelones, se adscribe a un Neolítico Final. De esta misma época se halló materiales cerámicos en la Surgencia de Zarzalones (Yunquera).

En la próxima Sierra de Grazalema se están estudiando un conjunto de más de 40 cuevas denominadas Simas de la Veredilla de Benaocaz que se han interpretado como una zona de hábitat temporal y lugar de enterramiento. Lo más característico son sus cerámicas neolíticas a la almagra de buena calidad. [18]. Y en la llamada Manga de Villaluenga, paso natural para comunicar la Depresión rondeña con la costa mediterránea, se encuentran una serie de cavidades con yacimientos neolíticos, y como novedad, niveles de ocupación en la Edad del Bronce: Cueva VR-7 y Cueva VR-8, ambas con grabados de tipo geométrico, cerámicas neolíticas y un último nivel con vasos carenados y grandes orzas atribuibles al Bronce. La Cueva VR-15, en la que se ha constatado una larga ocupación desde el Paleolítico Superior con sus grabados y pinturas de un Solutrense final (bovido, cáprido, puntos negros, un claviforme, etc), cerámicas del Neolítico y llegando a la Edad del Bronce. Interesante es el hallazgo de un enterramiento en el que se ha llevado a cabo un posible ritual [34].

En la Sierra de las Motillas, a caballo entre las provincias de Málaga y Cádiz, se halla la Cueva de las Motillas, amplia cavidad con un curso subterráneo de agua. Se han hallado pinturas rupestres que se adscriben a un Solutrense Final por su semejanza a las de Cueva de Ardales, Pileta y Nerja. Se utilizaría como "cueva-santuario" ya que no han aparecido restos materiales de este periodo. Posteriormente, en el Neolítico Final se utilizó con fines sepulcrales, y ya en el Calcolítico, sería lugar de hábitat temporal y enterramiento [33]. Además se han localizado yacimientos arqueológicos en las cercanas Cueva del Bombín y Cueva del Higuera, con una amplia secuencia estratigráfica que abarca desde el Paleolítico Medio al Superior.

En la cuenca alta del río Guadalete, atravesando las sierras del Valle, de la Sal, de las Cabras y Dos Hermanas (en los términos de Jerez y San José del Valle), se da una ocupación de las cuevas durante el Paleolítico Medio: Cueva de Parralejo, Cueva de Picado, Cueva de las Palomas, Cueva de la Dehesilla, etc. Actualmente se continúan agregando cavidades con ocupación prehistórica y arte parietal en estas zonas de las Sierras Subbéticas Occidentales, sobre todo en las zonas de paso que comunicarían el interior de las sierras con la vertiente mediterránea.

En el extremo más occidental de Andalucía (Campo de Gibraltar, La Janda y zonas limítrofes), se localiza el denominado "Arte

Sureño": en La Cueva del Moro (Tarifa), se hallan grabados de équidos de cronología Solutrense. En la Cueva del Tajo de las Figuras, en la Sierra Momia (Benalup-Casas Viejas, Cádiz), existe uno de los conjuntos más interesantes de pinturas esquemáticas, con centenares de figuras (antropomorfos, esteliformes, cápridos, aves...). Presentan unas peculiaridades propias como es cierta tendencia al naturalismo [21]. En el municipio de Los Barrios está Bacinete, y en el de Facinas la Cueva de las Palomas, ambas con arte esquemático. El Abrigo de La Laja Alta, en Jimena de la Frontera, alberga un gran número de representaciones esquemáticas entre las que destacan un ídolo oculado y una serie de embarcaciones perfectamente dibujadas, que se adscriben a un horizonte cultural del Bronce final.

Otro núcleo de poblamiento es el que gira alrededor de la Cueva de Ardales, en el valle del Guadalteba. En 1918 Henry Breuil descubre sus pinturas y grabados paleolíticos. Los motivos más representados son los caballos, ciervos y cápridos. Están ejecutados con una gran variedad técnica y los colores empleados son el rojo, el negro y el amarillo. Destacan, por su escasez en el arte paleolítico, las siluetas de varias manos en sus paredes. Se adscriben a una industria Solutrense [8]. La Cueva de la Casilla del Búho, abrigo con pinturas esquemáticas en Cañete La Real. En el Tajo del Molino, la Cueva de las Palomas con una larga ocupación desde el Epilaleolítico a la Edad del Cobre, ha sido excavada por la Universidad de Málaga desde 1975. En la Sierra del Torcal (Antequera) la Cueva del Toro, descubierta en 1972, dio un abundante material cerámico de buena calidad y decoración a la almagra con una cronología del Neolítico Final. En la misma sierra se hallan la Sima Hoyo del Tambor, Cueva de la Cuerda, y Cueva de Marinaleda, ésta última es una cueva de enterramiento, todas pertenecientes al mismo horizonte cultural.

Más hacia el Este, la Sierra de Camorolos abunda en cuevas con abundantes restos como son: Cueva de la Pulsera, lugar de hábitat en el Neolítico y de enterramiento en los inicios del Bronce, La Cueva de los Chivos, muy próxima a la anterior, es un amplio abrigo en el que se han localizado unos interesantes signos esquemáticos en color negro; la Cueva del Mal Nombre, con pinturas esquemáticas entre las que destaca un esteliforme; La Cueva de las Grajas, en la vecina Sierra del Conjuero, fue excavada en 1972 dando una industria Musteriense [5]. En el mismo contexto cultural se encuadra el Abrigo del Tajo doña Ana, que podría tratarse de un puesto de oteo para la caza; cercana al pueblo de Casabermeja se halla La Cueva Bermeja, pequeña cavidad utilizada como enterramiento, cuya boca se encontraba tapada por una losa. En su interior se encontraron restos óseos correspondientes a dos adultos y dos niños. Todo ello acompañado por un pequeño ajuar correspondiente a finales del Neolítico o principios de la Edad del Cobre. En el mismo término municipal se encuentran una veintena de abrigos con pintura rupestre esquemática. Son los Abrigos de Peña Cabrera, en los que predominan los antropomorfos sobre el resto de figuras. El color rojo es el más utilizado. Se han llegado a contabilizar un total de 135 motivos [4].

En la Sierra Norte sevillana, la Cueva de los Covachos se abre cerca de la localidad de Almadén, en unas canteras de origen romano. En sus paredes existen graffitis desde el siglo XV evidenciando su visita a lo largo del tiempo. Se han encontrado en ella enterramientos del Neolítico al Bronce, así como restos de pinturas de trazo esquemático que se encuentran en estudio. En la Cueva Chica de Santiago, en Cazalla de la Sierra, con cerámicas impresas cardiales, se realizó la primera secuencia completa del Neolítico en Andalucía Occidental [29].

Laja Alta, antropomorfos en rojo (foto: José A. Berrocal Pérez)





Cueva de Doña Trinidad (foto: Pedro Cantalejo)

### Subbético oriental

Esta zona de la Andalucía Oriental es lugar privilegiado en cuanto a la cantidad de localizaciones con pinturas rupestres esquemáticas.

En la Sierra de Segura se halla uno de los núcleos fundamentales con la Cueva de la Diosa Madre y Abrigo del Collado del Guijarral, ambos con espléndidos ídolos oculados; Abrigo Cañada de la Cruz, con una probable escena de caza y una notable figura femenina; en la Sierra de Quesada destaca la Cueva de Clarillo con sus motivos de manos en positivo; en la Sierra de la Espada, las Cuevas del Engarbo y el Abrigo de Río Frío; en la Sierra Mágina tenemos el Abrigo de La Graja con sus oculados y antropomorfos. Otros abrigos de los alrededores de Jaén y de la zona de Despeñaperros son: Abrigo de la Cantera, Cueva del Plato, con un nutrido grupo de figuras, Abrigo de la Diosa, Abrigo de los Soles, por sus esteliformes, Poyo de Bernabé, Tabla de Pochico, Cueva de los Arcos, Barranco de la Cueva, Cueva del Santo, Cueva de las Vacas, etc.

En la provincia de Jaén los materiales del Neolítico en cuevas son más bien escasos. Sin embargo son muy interesantes a la hora de valorar la penetración del Neolítico hacia el interior de la península. Destacan la Cueva del Nacimiento, en la Sierra del Segura, el Abrigo de Valdecuevas, en la Sierra de Cazorla, y la Cueva del Canjorro. Interesante es la Cueva Morrón en la que se han descubierto pinturas paleolíticas con las figuras de 2 cápridos, uno en color rojo y otro en negro, acompañados de signos lineales.

En la subbética cordobesa se halla la Cueva de los Murciélagos de Zuheros, que ha aportado la más completa secuencia del Neolítico medio andaluz. Se trata de una amplia cavidad que, por su situación en zonas montañosas, debió acoger a una población cuya economía estaría basada en el pastoreo, aunque sin descartar la actividad agrícola. Las cerámicas abundan en decoraciones incisas, cordones, vasos con asa-pitorro, y sus superficies presentan un engobe rojo o almagra. Los objetos de adorno como los brazaletes, cuentas de collar y colgantes, aparecen en gran número. En esta cueva se halla el célebre "Friso de las Cabras".

En las Sierras de Priego nos encontramos con un nutrido grupo de cuevas con restos arqueológicos: de la Cueva de Cholones, cerca de Zagrilla, proceden cerámicas incisas y a la almagra, objetos de adorno en forma de colgantes con conchas marinas, lo cual indica un contacto de estas poblaciones con la costa, todo ello correspondiente a un Neolítico medio-final. Del Calcolítico se recogió un ídolo cruciforme, y del Bronce, un plato de casquete esférico con la superficie exterior bruñida. En sus paredes se encuentran pinturas esquemáticas en las que predominan los antropomorfos del resto de los signos. Se hallaron restos humanos, pero no se pudieron asociar a ningún enterramiento. En la Cueva de la Murcielaguina, también con pinturas rupestres esquemáticas, con la excepcionalidad de estar a 40 m de profundidad, entre las que sobresalen un ídolo oculado y varios pectiniformes, ha dado asimismo un abundante material cerámico Neolítico. Otras cuevas próximas son Cueva de los Mármoles, Huerta Anguita, Cueva El Tocino, Cueva el Monaguillo, Cueva de los Inocentes, Cueva del Higuero, la Cueva de la Detrita, que proporcionó un enterramiento del Bronce.

En el término de Luque, en la subbética cordobesa, se halla una cueva denominada G-40 por el nombre del grupo espeleológico que la localizó, en cuyo interior se han encontrado cinco muros

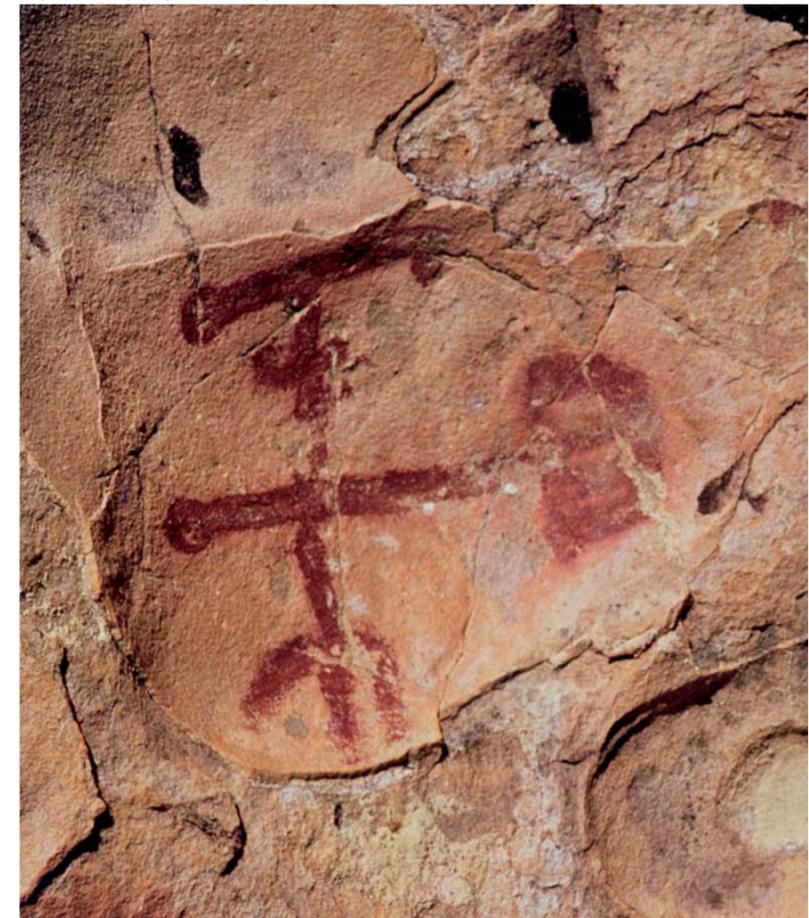
artificiales en piedra, quizás realizados para acondicionar el espacio habitable de la cavidad. Abundan los restos de cerámicas lisas y decoradas, asas, material lítico y óseo, todo ello encuadrado en el Neolítico de la "Cultura de las cuevas".

### Depresión interior granadina

Es H. Obermaier quien recorre estas sierras dando cuenta de su gran riqueza arqueológica y visitando algunas cavidades como la Cueva de la Carihüela, la del Puntal y la Cueva Horá [27].

La Cueva de la Carihüela, que se abre en el término de Piñar, en las estribaciones de la Sierra Harana, es fundamental para el estudio del Neolítico y el Bronce en Andalucía. En 1951 el arqueólogo suizo Spanhi realizó una primera prospección en la entrada de la cueva, recogiendo materiales que adjudicó a una industria Musteriense. Posteriormente, entre 1954 y 1955 excavó hasta los niveles Neolíticos, pero nunca llegó a publicar sus resultados. Sucesivas excavaciones en la cueva realizadas por M. Pellicer en 1959 y 1960 confirmaron la gran potencia estratigráfica de esta cavidad [28]. Son características las cerámicas impresas cardiales a la almagra en el Neolítico antiguo. Los restos de cereales y animales domésticos hacen pensar que la cueva sirvió como lugar de habitación en este periodo para pasar a ser lugar de enterramiento durante el Neolítico Medio. Abundan los restos humanos en este periodo. Desde 1980 Vega Toscano dirige las excavaciones que se llevan a cabo en esta cueva confirmándose la gran potencia estratigráfica de este yacimiento que abarca desde el Pleistoceno Medio hasta épocas históricas. Se hallaron restos de

Laja Alta, antropomorfos (Foto: José A. Berrocal Pérez)



neandertales entre los que destaca un fragmento de frontal infantil. Un punto interesante de estos trabajos ha sido la constatación, por primera vez, de la pervivencia del hombre de Neandertal y el Musteriense en el Sur de la Península durante un periodo aún sin precisar del Peniglaciar Superior Würmiense.

Otras cavidades del entorno son la Cueva de las Ventanas, a unos 500 m de la anterior, fue visitada por Obermaier en 1916 y en 1954 por Spanhi que denunció el estado de destrucción de su yacimiento. Su utilización por el hombre abarca un extenso periodo desde el Solutrense hasta prácticamente los tiempos históricos. Durante el Neolítico fue sobre todo lugar de enterramiento. El material romano y las cerámicas medievales señalan la utilización de la cavidad hasta el siglo XV. En 1970 se encontró un tesoro de 16 monedas musulmanas de oro y plata. No es hasta 1996 que se emprende un estudio concienzudo de la cavidad cerrándola y acondicionándola para su visita turística.

La Cueva del Agua, en el término de Iznalloz, se abre a 1700 m s.n.m. Conocida desde tiempos remotos, se ha podido constatar su utilización como lugar de abastecimiento de agua, ya que en el lago de los Endriagos se realizó un murete en épocas ibéricas para embalsar el agua y utilizarla en épocas de séfio. Breuil la visitó en 1918 en busca de pinturas paleolíticas. En la Sala de los Endriagos se localizan una serie de signos en color negro de difícil datación. Su importante yacimiento fue excavado por primera vez por la Universidad de Granada en 1971. La secuencia estratigráfica abarca desde un Neolítico con vasijas globulares y decoración incisa, hasta épocas árabes, de las que quedan numerosos restos en su interior.

La Cueva Horá, en Darro, con un material del paleolítico [7]. Otras cuevas son la Cueva de la Mujer, Cueva del Carburero, Sima del Conejo y Sima Rica, en los alrededores de Alhama, con industrias cerámicas encuadradas en "la Cultura de las Cuevas" del Neolítico Andaluz, cuyos comienzos se fechan en los últimos siglos del VI milenio a.C., según las dataciones que dio la Cueva de los Murciélagos de Zuheros.

Un importante núcleo de cavidades con pinturas rupestres esquemáticas son La Cueva Meye, la Cueva de Torres Bermejas, la Cueva de la Vereda de la Cruz, Abrigo de Julio Martínez, Cuevas de la Panoria, etc.

En las Sierras de Moclín existe otro importante núcleo de pintura esquemática: Cueva de Limones, Cuevas Bermejas, Cuevas del Cortijo de Hiedra Alta, Cueva de la Araña, Cueva de las Vereas y Cueva del Goyino.

Quizás la más conocida cueva granadina sea la Cueva de los Murciélagos de Albuñol, debido a lo espectacular de su yacimiento arqueológico. Conocida desde el siglo XIX, M. Góngora publica en sus "Antigüedades prehistóricas de Andalucía" [16] el hallazgo del enterramiento múltiple y el ajuar que lo acompañaba. Entre los materiales destacan los realizados en cestería, por su técnica y por su conservación: cestos, esteras, sandalias, bolsitas..., todo ello en esparto con una técnica depurada. Cerámicas decoradas, vasos con asa-pitorro, punzones en hueso, brazaletes de mármol y cucharones de madera, adscritos al Neolítico. Durante la Edad del Cobre la cueva se utilizó como enterramiento colectivo al que corresponde la conocida diadema de oro que ceñía uno de los esqueletos.

### Zona de Almería

En las estribaciones de la Sierra de María, en la comarca de los Vélez existe un núcleo de abrigos con pintura esquemática, entre los que destacan La Cueva de los Letreros, los Abrigos de los Molinos y el Gabar.

La Cueva de los Letreros en Vélez Blanco, constituyó la primera referencia al arte rupestre esquemático de la península. En 1863 D. Manuel de Góngora y Martínez la visita, descubre sus pinturas y las publica en 1868 [16]. Para este prehistoriador estos signos eran los inicios de una "escritura prehistórica nueva y desconocida...". Es un amplio panel en el que se han representado esteliformes, zoomorfos, triángulos, bitriangulares, un personaje

Cueva de Doña Trinidad (foto: Pedro Cantalejo)



de cabeza ornada con cuernos, etc. En la cueva de Los Molinos existen antropomorfos, esteliformes, ramiformes..., y en el Gabar bitriangulares, esteliformes y una figura de cérvido.

Con arte paleolítico se halla la interesante Cueva Ambrosio en la cual se grabaron y pintaron figuras en color rojo y en negro, entre las que destacan un caballo en rojo. Las primeras excavaciones efectuadas por E. Ripoll dieron un material solutrense [32]. Posteriormente se han estudiado sus niveles epipaleolíticos caracterizados por la industria microlaminar [35]. En la Cueva Almaceta se haya representado una cabeza de caballo en color rojo acompañado de numerosos signos.

Aunque de una manera muy breve, hemos intentado describir la gran riqueza arqueológica de Andalucía, en su referencia a las cavidades. Por su situación estratégica, de puente entre los conti-

nentes africano y europeo, podría haber sido uno de los puntos por donde se realizó la entrada de Neandertales [6]. El descubrimiento de la Cueva de Benzú, en Ceuta, con sus materiales Musterienses, no ha hecho más que reabrir este apasionante debate.

La riqueza de todos estos documentos gráficos y materiales de nuestro pasado tienen un valor incalculable, y que sólo gracias a su conservación podremos algún día comprender un poco mejor a nuestros antecesores. Parafraseando al poeta, como seres humanos, nada humano nos debe ser ajeno.

A propuesta de la UNESCO, y por iniciativa de las Comunidades de Andalucía, Aragón, Castilla-La Mancha, Valencia y Murcia, se crea el 20 de julio de 1998 "El Consejo de Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica" aprobándose su inclusión en la lista del Patrimonio Mundial.

### REFERENCIAS

- [1] ALMAGRO-BASCH, M. (1975). "Un curioso hueso grabado del Museo de Huelva". XII Congreso Arqueológico Nacional, Zaragoza- Madrid
- [2] ALMAGRO GORBEA, M. J. (1973) "Los ídolos del Bronce I Hispano" Bibliotheca Prehistórica Hispana, Vol XII, pp. 261-262. Madrid.
- [3] BARROSO, C. y MEDINA, F. (1986). "El hombre de Zafarraya. Introducción al conocimiento de los Neanderthales". Rev. Puerta Nueva, Nº1, pag-25-29. Delegación Provincial de Educación y Ciencia de Málaga.
- [4] BARROSO, C., y MEDINA, F., (1982). "Avance al estudio de las pinturas esquemáticas de las Peñas de Cabrera, Casabermeja, Málaga" Rev. Zephyrus. Tomo XXXIV-XXXV: 269-284. Salamanca.
- [5] BENITO DEL REY, L. (1976). "Excavaciones realizadas en el yacimiento Musteriense de la Cueva de las Grajas, Archidona (Málaga)". Noticiario Arqueológico Hispánico, tomo V. Prehistoria: 39-52. Madrid
- [6] BERROCAL PEREZ, J.A. (2005) "La campaña de 2004 en el Abrigo de Benzú" Rev. Andalucía Subterránea, 15, pp:23. Málaga.
- [7] BOTELLA, M.; MARTINEZ, C., y CÁRDENAS, F.J. (1986). "Industria musterense y achelense en Cueva Horá (Darro, Granada)". En: Homenaje a Luis Siret (1934-1984). Junta de Andalucía (ed.), 79-93.
- [8] BREUIL, H. (1925). "400 siecles d'art parietaal". Pag-407; Montignan.
- [9] BREUIL, H. (1933-1935). "Les peintures rupestres schématiques de la Peninsule Ibérique". Vols. I-IV. Total pags. 542. Lagny.
- [10] BREUIL, H.; OBERMAIER, H. y WILLOUGHY, V. (1915). "La Pileta à Benaolán (Málaga)". Institut de Paleontologie Humaine. Fondation Albert I. Pce de Monaco, 65 pp. y XII lám. Monaco.
- [11] CABRERO, R. (1976). "La Cueva del Gato". Ed. Caja de Ah. De Ronda. 81 págs. Málaga
- [12] CARBONELL, E y TRILLO-FIGUEROA, F (1924). "Los hallazgos prehistoricos de Jabugo". Boletín de la Real Academia de Cordoba. Noviembre. Córdoba..
- [13] FORTEA-PÉREZ, J. (1972-1973). "La cueva del Toro. Nueva estacion malagueña con Arte Paleolítico". Revista Zephyrus XXIII y XXIV. Separata. Salamanca.
- [14] FORTEA-PÉREZ, J. (1973). "Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico Mediterraneo Español". Memoria del Seminario de Prehistoria y Arqueología, 4. Salamanca
- [15] GARCÍA-SANCHEZ, M. (1982). "El esqueleto epipaleolítico de la Cueva de Nerja (Málaga)". Cuadernos de Prehistoria de la Univ. de Granada, Nº 7: 37-72. Granada.
- [16] GÓNGORA Y MARTÍNEZ, M. (1868). "Antigüedades prehistoricas de Andalucía". Imprenta C. Moro. 158 págs. 175 grabados y láminas, y 1 plano. Madrid.
- [17] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y MARIN-MALDONADO, J.C. (1994). "La Cueva del Agua". Ed. Diputación Provincial de Granada. Granada.
- [18] GUERRERO-MISA, L.J. (1985). "El Complejo Neolítico de las Simas de la Veredilla (Benaocaz, Cádiz)". Revista de Arqueología, 46: 24-35. Madrid
- [19] LEROI-GOURHAM, A. (1971). "Préhistoire de l'art occidental".Ed. Lucien Mazenod. 499 págs. París.
- [20] MARTÍ, B y HERNÁNDEZ-PÉREZ, M (1988). "El Neolítico Valencia. Art rupestre i cultura material". Valencia
- [21] MAS-CORNELLÀ, M (2005). "La Cueva del Tajo de las Figuras". Universidad Nacional de Educación a Distancia y Diputación de Cádiz. Madrid,
- [22] MENGÍBAR-SILVA, M.; MUÑOZ-GARCÍA-LIGERO, M.; GONZÁLEZ-RÍOS, M. y QUIROS-SANCHEZ, R. (1983). "La Cueva de las Campanas (Gualchos, Granada), un yacimiento neolítico en la costa granadina". Cuaderno-Revista Antropología y Paleontología, 3, Granada.
- [23] MORA-FIGUEROA, L. (1976). "El yacimiento prehistórico de la Cueva de Húndidero-Gato. Benaolán. Málaga. 1ª Campaña. "Noticiario Arqueológico Hispánico. Tomo V. Prehistoria: 97-106. Madrid.
- [24] NAVARRETE, M.S. (1976). "La Cultura de las Cuevas con cerámica decorada en Andalucía Oriental". Vol. I 431 págs. y Vol. II. 188 págs. Y CDIII láms. Universidad de Granada.
- [25] NAVARRETE, M.S. y CAPEL, J. (1977). "La Cueva del Agua de Prado Negro (Iznalloz, Granada)". Cuadernos de Prehistoria, II: 19-62. Granada
- [26] NAVARRO, E.J. (1884). "La Cueva del Tesoro". Publicaciones de la Sociedad Malagueña de Ciencias. Málaga
- [27] OBERMAIER, H (1934). "Estudios prehistóricos en la provincia de Granada". An. Cuerpo Facult. Archivos, Bibliot. y Arq. I: 225-292. Madrid
- [28] PELLICER, M. (1964). "El Neolítico y el Bronce de la Cueva de la Carihüela de Piñar (Granada)". Trabajos de Prehistoria Volumen XV: 7-71. Madrid
- [29] PELLICER, M., y ACOSTA, P., (1982). "El Neolítico antiguo en Andalucía Occidental". Actas del Coloquio Internacional de Prehistoria. Montpellier 1981. Archeologie du Languedoc, número especial: 49-60
- [30] PELLICER, M.; ACOSTA, P.; RODANÉS, J. y CAVA, A. (1997). "El Neolítico y Calcolítico de la Cueva de Nerja". Patronato de la Cueva de Nerja. Nerja, 421 págs. Málaga.
- [31] RAMOS, J., CANTALEJO, P., y ESPEJO, M.M. (1999). "El arte de los cazadores-recolectores como forma de expresion de los modos de vida". Rev. Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social. 2: 151-177, Universidad de Cádiz.
- [32] RIPOLL, E. (1961). "Excavaciones en Cueva Ambrosio (Vélez-Blanco, Almería). Campañas 1958 y 1960". Rev. Ampurias, XXII-XXIII: 31-48. Barcelona.
- [33] SANTIAGO, J. M (1983). "Notas sobre una prospeccion arqueologica superficial en el Cerro de las Motillas Cádiz". Speleon 26-27: 129-144. Barcelona.
- [34] SANTIAGO-PÉREZ, A.; GUTIÉRREZ-LOPEZ, J.M.; GILES-PACHECO, F.; PEDROCHE-FERNÁNDEZ, A., y MENDOZA, D. (1997). "Cueva inédita con arte paleolítico en la Serranía de Grazalema. Las ocupaciones prehistoricas de la cavidad VR-15 (Villaluenga del Rosario, Cádiz)". Revista de Arqueología, 195: 10-19. Madrid
- [35] SUÁREZ-MÁRQUEZ, A. (1981). "Cueva Ambrosio (Vélez Blanco, Almería), Nuevas aportaciones al estudio del epipaleolítico del sudeste peninsular". Antropología y paleoecología humana, 2: 43-53. Granada
- [36] SUCH, M. (1920). "Avance al estudio de la caverna Hoyo de la Mina". Publicacion de la sociedad Malagueña de Ciencias. Málaga
- [37] TURQ, A; MARTINEZ-NAVARRO, B; PALMQVIST, P; ARRIBAS, A; AGUSTÍ, J; y RODRIGUEZ-VIDAL, J. (1996). "Le Plio-Pleistocene de la region d'Orce, province de Grenade, Espagne: bilan et perspectives de recherche". Paleo, 8: 161-204.
- [38] VALLESPÍ, E.; DEL AMO, M. ÁLVAREZ, G. (1981). "Primeras evidencias paleolíticas de la provincia de Huelva ". Huelva Arqueológica IV: 9-29. Huelva.

## CAVIDADES TURÍSTICAS DE ANDALUCÍA

ÁNGEL FERNÁNDEZ-CORTÉS  
JOSÉ MARÍA CALAFORRA

DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGÍA Y QUÍMICA ANALÍTICA, UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

WENCESLAO MARTÍN-ROSALES

DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA, UNIVERSIDAD DE GRANADA

MANUEL J. GONZÁLEZ-RÍOS

ÁREA DE CULTURA, DIPUTACIÓN DE GRANADA

**E**l karst, tanto en superficie como en sus manifestaciones subterráneas constituye un importante recurso turístico. En efecto, su peculiar morfología hace del paisaje kárstico un lugar de gran atractivo turístico, a lo que contribuye el hecho de que numerosas áreas kársticas estén catalogadas como espacios naturales protegidos. La puesta en valor de las cavidades con objetivos turísticos es un hecho que viene de antaño: "...numerosas vocaciones de auténticos espeleólogos han nacido precisamente de la visita a cavidades puestas en valor, comenzando por la de Eduard A. Martel, fundador de la Espeleología, que siendo todavía niño, siguió con sus padres a un guía en la cavidad pirenaica de Gargas, adquiriendo así el deseo de ir más lejos que los otros en lo que constituye un 'viaje al centro de la Tierra' a la manera de Julio Verne" (extracto de B.Gèze, recogido por Colón-Díaz, 1998).

### INTRODUCCIÓN

**E**l turismo subterráneo se ha convertido en la actividad económica más importante en numerosas áreas kársticas, de forma que cada año alrededor de 20 millones de personas visitan las diferentes cavidades turísticas de todo el planeta [11]. Este interés turístico por las cavidades ha seguido una evolución creciente en las últimas décadas, por ello la cuantificación mundial de las cavidades abiertas al turismo se ha convertido en una tarea ardua, que parte de referencias escasas que cifran en 650 las cavidades turísticas en todo el mundo con accesos y sistemas de iluminación artificial [14] o, más recientemente, en 750 cavidades, de las cuales 180 se encuentran en Norteamérica con una aceptación anual de 15 millones de visitantes aproximadamente [15]. Por lo tanto, la valoración del turismo en cavidades hay que encuadrarla en un contexto regional más reducido en el que entren en juego factores como la distribución y extensión de las áreas kársticas, el desarrollo de la actividad turística, las infraestructuras existentes o la tradición espeleológica de la región. En este sentido, en España se conocen del orden de 10.000 cavidades kársticas, de las cuales aproximadamente 70 cavidades son turísticas [7]. Un estudio reciente y más exhaustivo reduce el número de cavidades turísticas a 52, sin tener en cuenta las cavidades destinadas a espeleoturismo, mina o abrigos [24]. Una mención especial requiere

las formaciones subterráneas en materiales volcánicos del archipiélago canario incluidas en el mercado turístico, o los vestigios mineros asociados a cavidades como la Mina de la Jayona (Badajoz) o la Cueva El Soplao (Cantabria). En cualquier caso, la evolución temporal del número de cavidades define un asentamiento definitivo del turismo subterráneo, pasando de un inventario de 38 cavidades turísticas [19] -13 de ellas sometidas a un régimen especial de visitas- a 60 cavidades [23] y ascendiendo a 88 cavidades si se tienen en cuenta las dedicadas al espeleoturismo y las que tienen un acceso restringido [8].

Por su parte, Andalucía no se ha quedado al margen del auge del turismo en cavidades, de forma que cuenta en la actualidad con una cantidad notable de ellas, entre 7 y 13 dependiendo de los criterios de selección (destinadas al turismo de masas y/o al espeleoturismo, o en proyecto de habilitación), que representan entre el 15% y el 20% de las cavidades turísticas españolas. El germen del turismo en cavidades en Andalucía fue la apertura de la Cueva de Doña Trinidad en Ardales (Málaga) en 1860, como oferta turística a los clientes del balneario hidrotermal de la cercana localidad de Carratraca. Otro de los hitos históricos más relevantes fue la adecuación al turismo de la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva) en 1911, que en la actualidad cuenta con una larga tradición de visitas y refuerza el turismo de interior

de esta comarca onubense. Pero, sin lugar a dudas, la apertura al turismo de la Cueva de Nerja (Málaga) en 1960, un año después de su descubrimiento, es uno de los referentes del desarrollo turístico en cavidades en España. Declarada Monumento Histórico Artístico en 1961 y Bien de interés Cultural en 1985, cuenta con una secuencia arqueológica casi ininterrumpida de unos 25.000 años e importantes conjuntos de arte rupestre paleolítico y postpaleolítico.



Área de entrada a la Cueva de Nerja, Málaga (foto: J.M. Calaforra)

**CONCEPTO DE CAVIDAD TURÍSTICA Y MARCO LEGAL**

La variedad de opiniones a la hora de cuantificar del número de cavidades abiertas al turismo en Andalucía radica en la propia indefinición del concepto de cavidad turística. Las cavidades son sistemas complejos que como tales permiten al hombre el desarrollo de diversas actividades, que van desde su estudio científico a un uso deportivo-lúdico o su explotación comercial. Como ejemplo, basta enumerar algunas razones para la conservación de las áreas kársticas que propone la Comisión Mundial sobre Áreas de Protección (WCPA), perteneciente a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN - The World Conservation Union), y que son asimilables a los valores intrínsecos de las cavidades como sistemas kársticos más representativos [27]:

- \* hábitat de especies de fauna en peligro de extinción.
- \* yacimientos de recursos minerales escasos.
- \* contextos importantes para estudios científicos (geología, geomorfología o paleontología, entre otras disciplinas).
- \* contextos culturales, tanto históricos como prehistóricos.
- \* observatorios para el conocimiento hidrogeológico regional.
- \* fuente de recursos económicos (agua y rocas industriales).
- \* áreas de recreo y turismo.

Esta confluencia de valores e intereses antrópicos que se dan cita en una cavidad, dificulta aún más una posible definición consensuada de cavidad turística. Por otra parte la diversidad de valores que puede albergar una cavidad enriquece aún más el

concepto de cavidad turística. De modo que, partiendo de la definición geomorfológica de cavidad ([28][10][11]), una cavidad turística es aquella que alberga una serie de valores estéticos, culturales o naturales de carácter científico, de los cuales el hombre es capaz de disfrutar y aprovecharse mediante la puesta en marcha de actividades mercantiles organizadas. Este concepto amplio de cavidad turística engloba tanto a: (1) aquellas cavidades que son objeto de un turismo de masas y están enmarcadas dentro de circuitos y guías turísticas, así como (2) cavidades que suponen una actividad complementaria dentro de la diversidad de una catálogo turístico más amplio. El primer grupo de cavidades con una amplia demanda turística debe cumplir las normas de seguridad de cualquier espacio público de carácter turístico de acuerdo con la legislación vigente en la materia del Ministerio de Industria. Sin embargo no hay una normativa o mención específica para cavidades turísticas, por lo que existe cierta ambigüedad a la hora de abordar puntos fundamentales como la accesibilidad, los sistemas de iluminación o los seguros de responsabilidad civil. Es competencia de cada Diputación provincial el trámite administrativo de los proyectos de habilitación de cavidades turísticas, pero en cualquier caso nunca bajo un mismo marco legal. Dentro del segundo tipo de cavidades turísticas se incluyen las destinadas al espeleoturismo como práctica de turismo de aventura o aquellas cavidades cuya explotación cuenta con un respaldo empresarial, pero cuya actividad se reduce a la contratación esporádica de visitas sin un calendario y horario de apertura predefinidos.

La ambigüedad legal respecto a las cavidades turísticas, que parte de su propia indefinición conceptual, provoca que queden sin abordar aspectos de vital importancia como su protección y modelo de gestión, siempre y cuando la cavidad no constituya, o forme parte, de un espacio natural protegido. En esta línea la legislación ambiental española y andaluza es escasa, reduciéndose a la declaración como Monumento Natural de ciertas cavidades por parte las comunidades autónomas, que permite la designación de normas y directrices específicas para su ordenación y gestión. Por ejemplo la legislación ambiental andaluza define Monumento Natural de carácter Geológico como "...aquellos elementos o espacios cuya singularidad, valoración social, reconocimiento o interés predominante provenga de elementos o características ligados a la gea, como yacimientos paleontológicos, simas y otras cavidades, formaciones geológicas o hitos geomorfológicos" (Junta de Andalucía, 1999). El concepto de Monumento Natural tiene una aplicación directa en las cavidades turísticas dignas de tal mención, ya que engloba a "... elementos cuyo valor es reconocido por el conjunto de la sociedad y cuyo disfrute y uso público debe ser posible, garantizándose el acceso o su percepción a distancia en condiciones que justifiquen su declaración" (Junta de Andalucía, op. cit.). Las cavidades turísticas con vestigios de ocupación humana prehistórica o restos paleontológicos también cuentan con directrices de gestión y conservación al amparo de la Ley estatal de Patrimonio Histórico Nacional. Esta dualidad entre administraciones, organismos competentes en medio ambiente y organismos competentes de cultura, define un solapamiento legal en la gestión de las cavidades que puede reforzar su conservación, si bien en ocasiones, la diversificación en las competencias puede provocar una falta de articulación de las estrategias de conservación. La solución óptima es la adopción de una normativa específica en la materia que asegure la protección de las cavidades antes de su apertura al turismo. Este procedimiento que ya cuenta con la

experiencia de la Comunidad Valenciana mediante la designación de las cavidades como "Lugar de Interés Comunitario (LIC)", de acuerdo con la Directiva europea 92/43/CEE [20].

**CAVIDADES TURÍSTICAS ANDALUZAS**

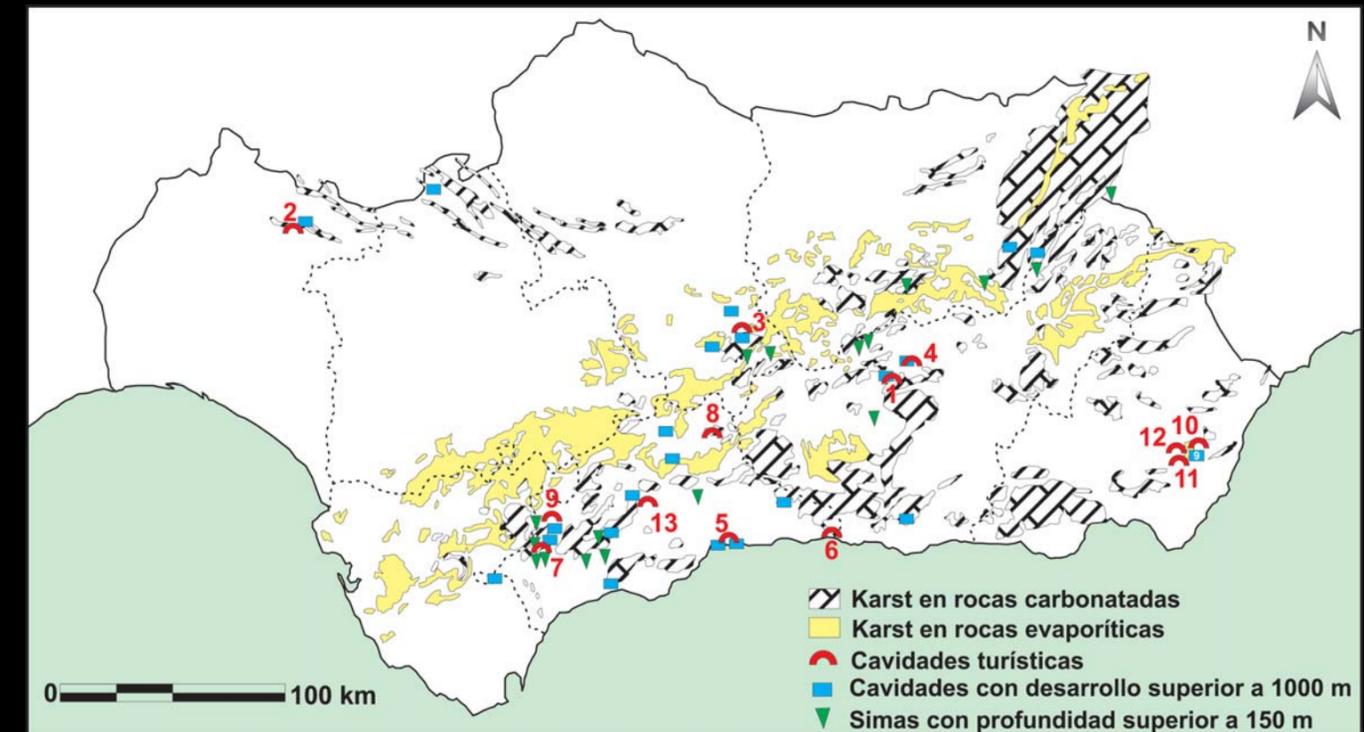
Andalucía es, junto a la Comunidad de Cantabria, la región española que cuenta en la actualidad con un mayor número de cavidades kársticas abiertas al turismo. Además, estas dos regiones comparten la gran excepcionalidad de otros recursos asociados a las cavidades, como el arte parietal y los yacimientos arqueológicos, cuya variedad e interés los sitúan entre los más importantes del ámbito europeo junto a los ejemplos franceses de Lascaux, Nieux o Font de Gaume.

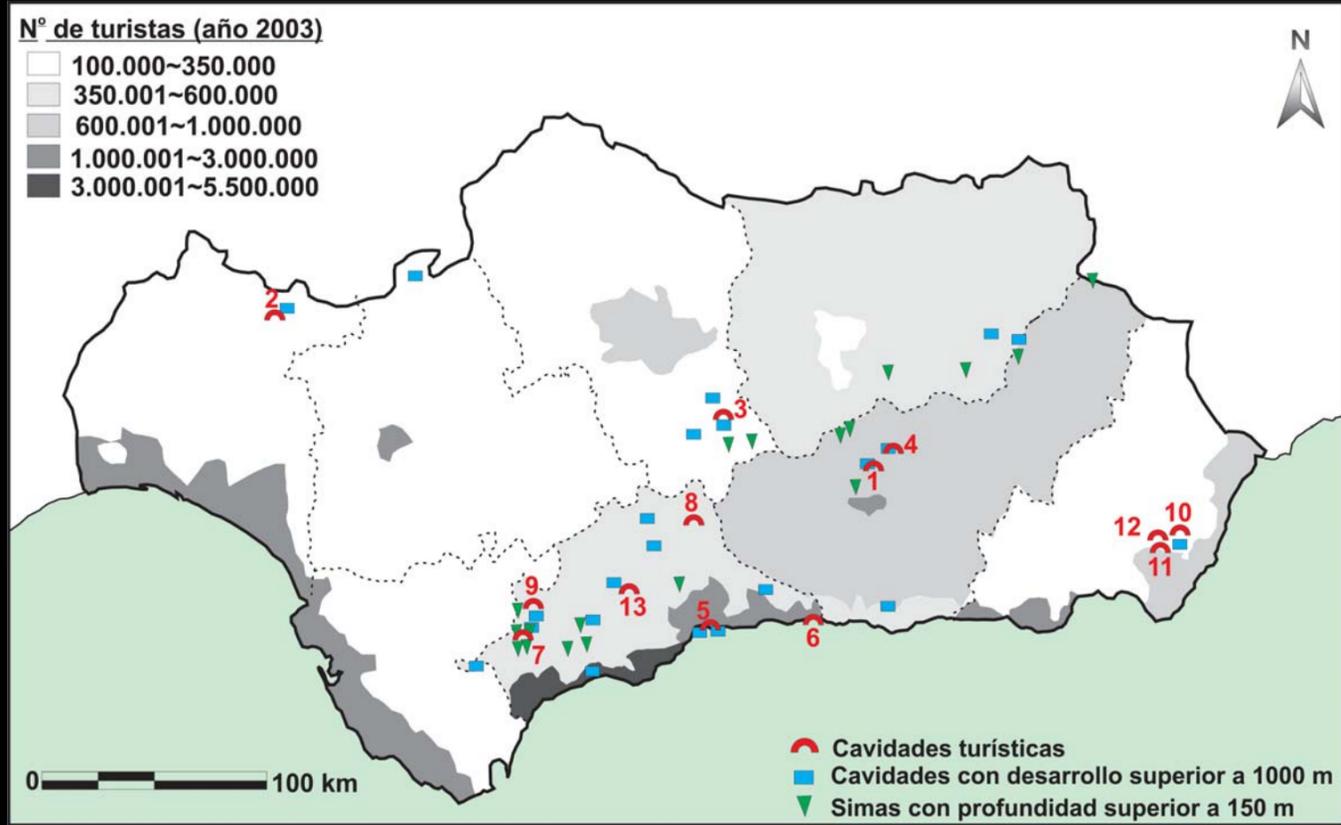
La distribución espacial de las cavidades turísticas andaluzas responde nitidamente a la ubicación de los mayores centros turísticos, salvando la obviedad que su presencia suele coincidir con las grandes macizos kársticos de la Cordillera Bética (Figura 9.1 y Figura 9.2). Pero la relevancia del karst donde se localiza la cavidad no es un hecho definitivo para su habilitación turística, sino que esta decisión depende de la presencia de condiciones aptas para su apertura y posterior visita turística y otros aspectos como: demanda del producto, comunicaciones, infraestructura de servicios, información y una cierta cultura turística [23]. Así por ejemplo, cavidades como la Cueva de Nerja o la Cueva del Tesoro, ambas en la provincia de Málaga, se benefician de la competitiva infraestructura turística de la Costa del Sol. Si bien, en el caso de la Cueva de Nerja fue, claramente, su apertura al público uno de los motores del desarrollo turístico de este área costera.



Viales diseñados para minusválidos en la Cueva de las Ventanas, Piñar, Granada (foto: M.J. González-Ríos)

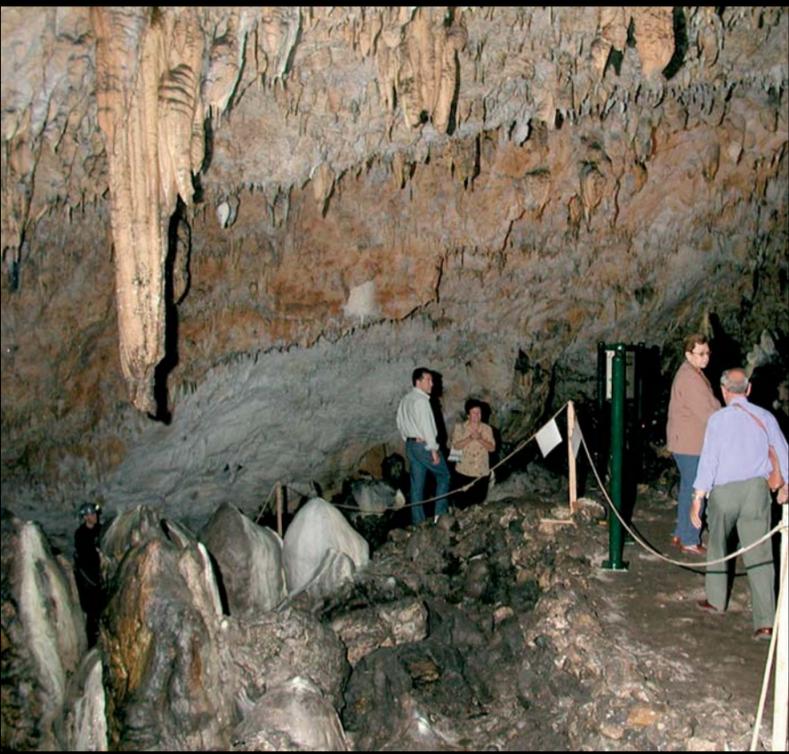
9.1. Distribución de las principales cavidades turísticas y de las cavidades con mayor desarrollo y profundidad de Andalucía (ver detalles de las cavidades turísticas en las tablas 1 y 2). Mapa de afloramientos kársticos tomado del "Atlas hidrogeológico de Andalucía" ITGE-Junta de Andalucía (1998)





9.2. Distribución de las principales cavidades turísticas de Andalucía en relación con el número de turistas registrado por localidades (datos recopilados de 'El turismo en Andalucía. Año 2003', Instituto de Estadística de Andalucía, 2004)

Visita restringida en la Cueva del Agua de Iznalloz, Granada (foto: M.J. González-Ríos)



La distancia a los focos turísticos por excelencia es un inconveniente para el desarrollo de una cavidad turística, si bien en el caso de los ejemplos andaluces este escollo está solventado gracias al gran atractivo y singularidad de las cavidades que justifican su demanda turística. En esta línea, a los propios valores culturales y naturales que reúnen las cavidades turísticas de Andalucía, se añade la utilización de los mismos como insignia comercial de un determinado paraje con la que ofrecen una determinada imagen al público.

Algunas cavidades abiertas al público constituyen por sí solas focos de interés turístico vitales para las localidades donde se ubican. Ejemplos de este hecho son las cavidades turísticas en áreas de interior como la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva), la Cueva de las Ventanas (Piñar, Granada), la Cueva de la Pileta en Benaolán y la Cueva de Doña Trinidad en Ardales o la Cueva de los Murciélagos en Zuheros (Córdoba). Una mención especial requiere el desarrollo turístico potencial que sigue latente en la comarca del Karst en yesos de Sorbas (Almería), cuya altísima concentración y variedad de formas kársticas superficiales y subterráneas [1] la convierten en uno de los entornos kársticos yesíferos más significativos a escala mundial. Una alternativa generadora de riqueza es el desarrollo de un mercado turístico de aventura centrado en la visita de varias cavidades del paraje frente a la explotación minera del mismo [22].

**Cavidades con elementos culturales**

Las cavidades turísticas que centran su oferta en contenidos culturales son numerosas en el territorio andaluz, con ejemplos de gran relevancia como la Cueva de la Pileta, Cueva de Doña Trinidad, Cueva de los Murciélagos o la Cueva de las Ventanas, todas ellas con una valiosa representación de pinturas rupestres y restos de presencia humana y ocupación prehistórica. Aunque desde el punto de vista cuantitativo las visitas a este tipo de cavidades no es comparable con las cavidades donde prima el carácter estético (Gruta de las Maravillas o Cueva de Nerja), el valor singular de este tipo de recursos las convierte en un elemento de diferenciación muy importante en los destinos de interior. Por su parte, las cavidades turísticas de Málaga con un importante legado prehistórico se han convertido en una alternativa cultural al turismo de ocio del área costera de esta provincia (Figura 9.2). En este tipo de cavidades la oferta turística está enfocada más a contenidos didácticos y científicos, idóneos para la demanda turística de carácter académico y cultural (colegios, universidades y asociaciones culturales) de este tipo de georrecursos.

El problema principal en la gestión turística de las cavidades con contenidos culturales relevantes está referido a su frágil conservación, especialmente en referencia a la modificación de las condiciones microclimáticas del interior y de la roca soporte de sus pinturas rupestres [26].

En Andalucía, el ímpetu por dar a conocer al público los extraordinarios hallazgos prehistóricos de cavidades propició

desde su inicio una errónea gestión de las cavidades. La modificación de las condiciones idóneas para su conservación obligó a la adopción de medidas de regulación de las visitas, consistentes en limitaciones diarias y estacionales de las mismas o en la definición de áreas de protección especial. Estas restricciones en el régimen de visitas provocan que la demanda turística sea muy superior a la oferta, entrando en conflicto los intereses económicos con los criterios y objetivos propios de una gestión sostenible de las cavidades.

**Cavidades con elementos naturales**

Este tipo de cavidades destaca por su espectacularidad geomorfológica, presencia de espeleotemas, lagos y cauces de agua o, en menor medida, por la presencia de fauna troglobia. La región andaluza cuenta con ejemplos tan representativos como la Cueva de Nerja, la Gruta de las Maravillas y la Cueva del Tesoro, todas ellas como focos económicos fundamentales en su entorno. La Cueva del Agua de Iznalloz (Granada) puede considerarse como otra cavidad de interés desde un punto de vista estético, si bien los proyectos de habilitación al turismo, que actualmente se barajan, están enfocados a su vertiente científico-didáctica como oferta turística, ya que cuenta desde hace una década con un completo laboratorio ambiental y una actividad científica sin parangón en muchas otras cavidades turísticas europeas ([2][8][13][26]).

Tabla 9.1. Principales cavidades andaluzas con un uso turístico (HBL: con habilitación turística, ESPEL: con actividades de espeleoturismo, C.AMB: con control ambiental de la cavidad, Pr: habilitación en proyecto; PB: pública; PV: privada; MN: Monumento Natural; MNAC: Monumento Nacional; PN: Parque Natural; PJN: Paraje Natural; BIC: Bien de Interés Cultural)

	Cavidad	Localidad	HBL	ESPEL	C.AMB	Visitas/año	Propiedad	Gestión	Protección
1	Cueva del Agua	Iznalloz (GR)	Pr	*	*	1.700	PB	PB	
2	Gruta de las Maravillas	Aracena (HU)	*		*	160.000	PB	PB	MN/PN
3	Cueva de la Murciélagos	Zuheros (CO)	*			20.000	PB	PV	MN/PN
4	Cueva de las Ventanas	Piñar (GR)	*	*	*	40.000	PB	PB	MN
5	Cueva del Tesoro	Rincón de la Victoria (MA)	*			26.000	PB	PB	BIC
6	Cueva de Nerja	Nerja (MA)	*	*	*	500.000	PB	PB	MNAC/BIC
7	Cueva de la Pileta	Benaolán (MA)	*			30.000	PV	PV	PN/BIC
8	Cueva de Belda	San Marcos (MA)	Pr				PB		
9	Hundidero-Gato	Benaolán-Montejaque (MA)		*		500	PB	PB	PN/BIC
10-12	Karst de Sorbas	Sorbas (AL)		*	*	22.000	PB	PB-PV	PJN
13	Cueva de Doña Trinidad	Ardales (MA)			*	1.000	PB	PB	BIC

	Cavidad	Localidad	Recorrido (m)	Cavidad (%)	Duración (horas)	Guía	Grupos limitados	Horario (horas)	Tipo de visita
1	Cueva del Agua	Iznalloz (GR)	Pr			●	●(EIA)	Visita concertada	Científica
2	Gruta de las Maravillas	Aracena (HU)	800	33	1	●	●(EIA)	6,5	Descriptiva Histórica
3	Cueva de la Murciélagos	Zuheros (CO)	600	25	1	●	●	4-7.5	Arqueológica
4	Cueva de las Ventanas	Piñar (GR)	500	40	1	●	●(EIA)	6	Arqueológica
5	Cueva del Tesoro	Rincón de la Victoria (MA)	800	60	0,75	●		4.5-6.5	Histórica
6	Cueva de Nerja	Nerja (MA)	700	30			Máx: 500 (EIA)	6.5-8	Libre
7	Cueva de la Pileta	Benaoján (MA)	1000	50	1	●	●	1-5	Arqueológica
8	Cueva de Belda	C. San Marcos (MA)	Pr						
9	Hundidero-Gato	Benaoján-Montejaque (MA)	3000	45	4-5	●	●	Visita concertada	Espeleológica
10	Covadura	Sorbas (AL)	100	2	1	●	●(EIA)	Visita concertada	Espeleológica
11	Cueva del Yeso	Sorbas (AL)	600	70	1.5-2	●	●(EIA)	8	Espeleológica
12	Cueva del Tesoro	Sorbas (AL)	1000	60	4-5	●	●(EIA)	Visita concertada	Espeleológica
13	Cueva Doña Trinidad	Ardales (MA)	400	50	1,5	●	●	Visita concertada	Arqueológica

Tabla 9.2. Características de la gestión de visitas en las cavidades turísticas más significativas de Andalucía (Recorrido: longitud aproximada de la visita turística, Pr: en proyecto de habilitación, Cavidad (%): porcentaje de la cavidad que es utilizada para el turismo, Duración: duración aproximada de la visita turística, Guía: visita guiada, Grupos limitados (EIA): cavidad con estudios de impacto ambiental asociados, Horario: total de horas de apertura de la cavidad, Tipo de visita: aspectos esenciales que se transmiten al turista durante la visita)

Los elementos geomorfológicos de estas cavidades son potenciados con los sistemas de iluminación y sistemas de accesibilidad, con el objetivo de realzar sus maravillas paisajísticas. Esta utilización estética de las cavidades llega aún más lejos con la programación de espectáculos en su interior, en los que se dan cita un gran número de personas (Cueva de Nerja o Cueva del Tesoro), o incluso, la utilización de la cavidad como restaurante (Cueva de los Majuelos en Pegalajar, Jaén). La gestión turística de estas cavidades no debe limitarse a la explotación de los recursos paisajísticos del mundo subterráneo, sino que también deben aportar una componente didáctica al turista. En este sentido, la forma de presentación y comunicación de las visitas guiadas o de los diferentes escenarios subterráneos, deben incidir en aspectos referentes a la geomorfología, génesis de las cavidades, tiempo geológico, etc, así como a aspectos relacionados con la protección del medio subterráneo. De esta forma, las visitas a las cavidades

turísticas acercarán al visitante cuestiones de fondo sobre el karst, las cavidades y la protección de este tipo de ambientes, coexistiendo además de forma espontánea con la apreciación por parte del público de la cavidad como escenario paisajístico.

#### Cavidades destinadas a espeleoturismo

Recientemente se está incorporando un nuevo uso o valor a las cavidades turísticas unido a la irrupción de lo que se ha llamado el turismo de aventura. En áreas kársticas con cavidades donde existe una cierta infraestructura turística se están desarrollando experiencias de espeleoturismo con el objeto de poner en valor parte del patrimonio kárstico desde una perspectiva de conservación y sostenibilidad. Se trata de la posibilidad de efectuar visitas de tipo espeleológico, formando pequeños grupos que contratan los servicios conjuntos de entrada a la cavidad y de visita con un guía especializado. Entre las áreas donde se desarrolla este tipo de actividad turística de forma organizada destacan la travesía espeleológica Hundidero-Gato, en los municipios malagueños de Montejaque y Benaoján o el espeleoturismo en el karst en yesos de Sorbas (Almería) (Tabla 9.1). Otras cavidades turísticas andaluzas,

como la Cueva de Nerja o la Cueva de las Ventanas, ofrecen al turista como actividad complementaria las visitas de carácter espeleológico a zonas de la cavidad más inaccesibles y, en cualquier caso, distintas a los recorridos turísticos habituales.

En definitiva, este tipo de turismo activo es una de las actividades potenciales de desarrollo socioeconómico de muchas zonas de interior. Su potencialidad radica en que las principales cavidades o simas naturales, bien por su desarrollo o profundidad [12], se encuentran próximas a las zonas turísticas por excelencia y a cavidades turísticas en funcionamiento (Figura 9.2), convirtiéndose

por tanto en una actividad de turismo activo a desarrollar en un futuro. Destacan en este sentido los numerosos elementos espeleológicos de interés para el turismo activo-natural como las sierras de Grazalema, Líbar, de las Nieves o Cazorla. En esta línea, pero desde un punto de vista deportivo, los diferentes grupos de espeleología de Andalucía vienen desarrollando una amplia labor de investigación sistemática en cavidades tan emblemáticas para la espeleología deportiva como: Hundidero-Gato, Complejo Motillas, Sima Republicano, Sima Don Fernando, Cueva del Agua de Sorbas o Sima GESM.

Gruta de las Maravillas, Aracena (foto: Francisco Hoyos)



## MODELOS DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS CAVIDADES TURÍSTICAS ANDALUZAS

La mayoría de las cavidades turísticas andaluzas son de propiedad pública y su gestión también recae en las distintas administraciones u organismos (Tabla 9.1), variando considerablemente la capacidad y disponibilidad de cada uno de éstos. En el mayor número de los casos es la administración local la propietaria y responsable de la gestión de este tipo de cavidades, delegando en ocasiones estas funciones a empresas privadas en régimen de concesión de explotación (por ejemplo, en la Cueva de los Murciélagos de Zuheros). La declaración de una cavidad turística con alguna figura legal de protección (Monumento Natural, Bien de Interés Cultural o, en su caso, dentro de un espacio protegido más amplio), conlleva la titularidad pública por parte del organismo autonómico competente. En el ejemplo concreto de Monumento Natural es la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía la encargada de su gestión y administración, con independencia de la adopción de fórmulas alternativas de gestión como la delegación a las corporaciones locales en el marco de lo dispuesto en la Ley 4/1999, de 13 de enero, de modificación del Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, así como la suscripción de convenios con los titulares de los terrenos donde se localiza la cavidad o con las entidades públicas o privadas cuyos fines estén relacionados con la

Visita de espeleoturistas en la Cueva del Yeso, Karst de Sorbas, Almería  
(foto: M.J. González-Ríos)



conservación de los espacios naturales protegidos. Las actividades de espeleoturismo en espacios naturales protegidos se acogen a esta fórmula de gestión, mediante concesiones a empresas privadas para la realización de visitas guiadas ocasionales y con grupos reducidos (Karst en yesos de Sorbas o el Sistema Hundidero-Gato). En otros casos el asesoramiento y gestión de las cavidades turísticas se encomienda a las diputaciones provinciales (por ejemplo, la Diputación de Granada gestiona la Cueva del Agua de Iznalloz), o bien se crean patronatos específicos encargados de la gestión, conservación y explotación de la cavidad turística (Patronato de la Cueva de Nerja).

La propiedad y gestión de una cavidad turística por parte de un ente local revierte positivamente en el desarrollo socioeconómico del municipio, siempre y cuando su implantación se enfoque a la creación de empleo local y a la generación de actividades empresariales asociadas al turismo en cavidades. Este es un hecho de especial relevancia en el ámbito local teniendo en cuenta que la mayoría de las cavidades, con excepción de los grandes núcleos turísticos donde se encuentran la Cueva de Nerja o la Cueva del Tesoro, pertenecen a localidades con una población inferior a 7.000 habitantes, situación que se repite en el resto de cavidades turísticas españolas [23].

La propia inercia de la intensa oferta turística andaluza propicia el desarrollo de nuevas formas de turismo, como es el caso de la visita a cavidades. De hecho, Andalucía es visitada anualmente por



Tren de acceso a la Cueva de las Ventanas, Piñar, Granada (foto: J.M. Calaforra)

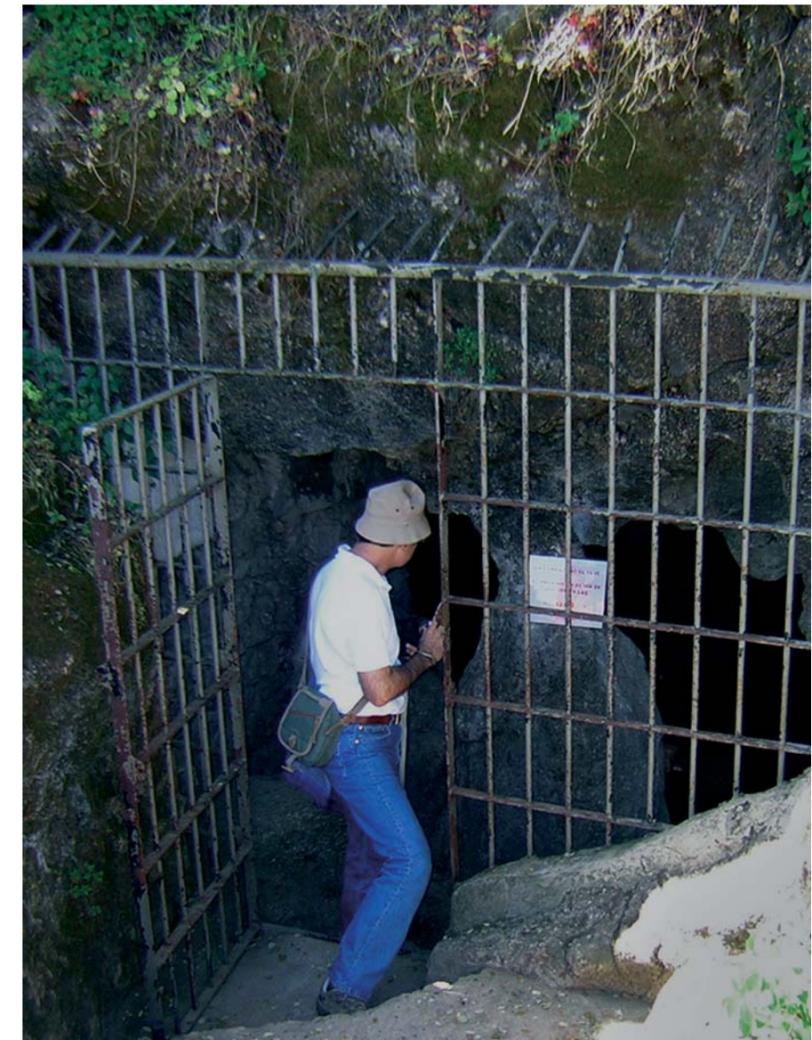
unos 21 millones de turistas, que en un 80% tienen como principal motivo de viaje el ocio o las vacaciones [16]. De este número, alrededor de 800.000 turistas visitan las diferentes cavidades andaluzas habilitadas al público (Tabla 1), cifra que representa el 25% de la demanda de turismo subterráneo en España. La mayor parte de la demanda turística en cavidades recae en las que ya presentan una dilatada experiencia y tradición en este sentido, como la Cueva de Nerja (62% de la demanda) o la Gruta de la Maravillas (20% de la demanda). Si embargo, dado que la mayoría de las cavidades están cercanas a las zonas de mayor afluencia de turistas (Figura 9.2), las visitas a cavidades se han convertido en un complemento ideal a la oferta turística tradicional en el territorio andaluz.

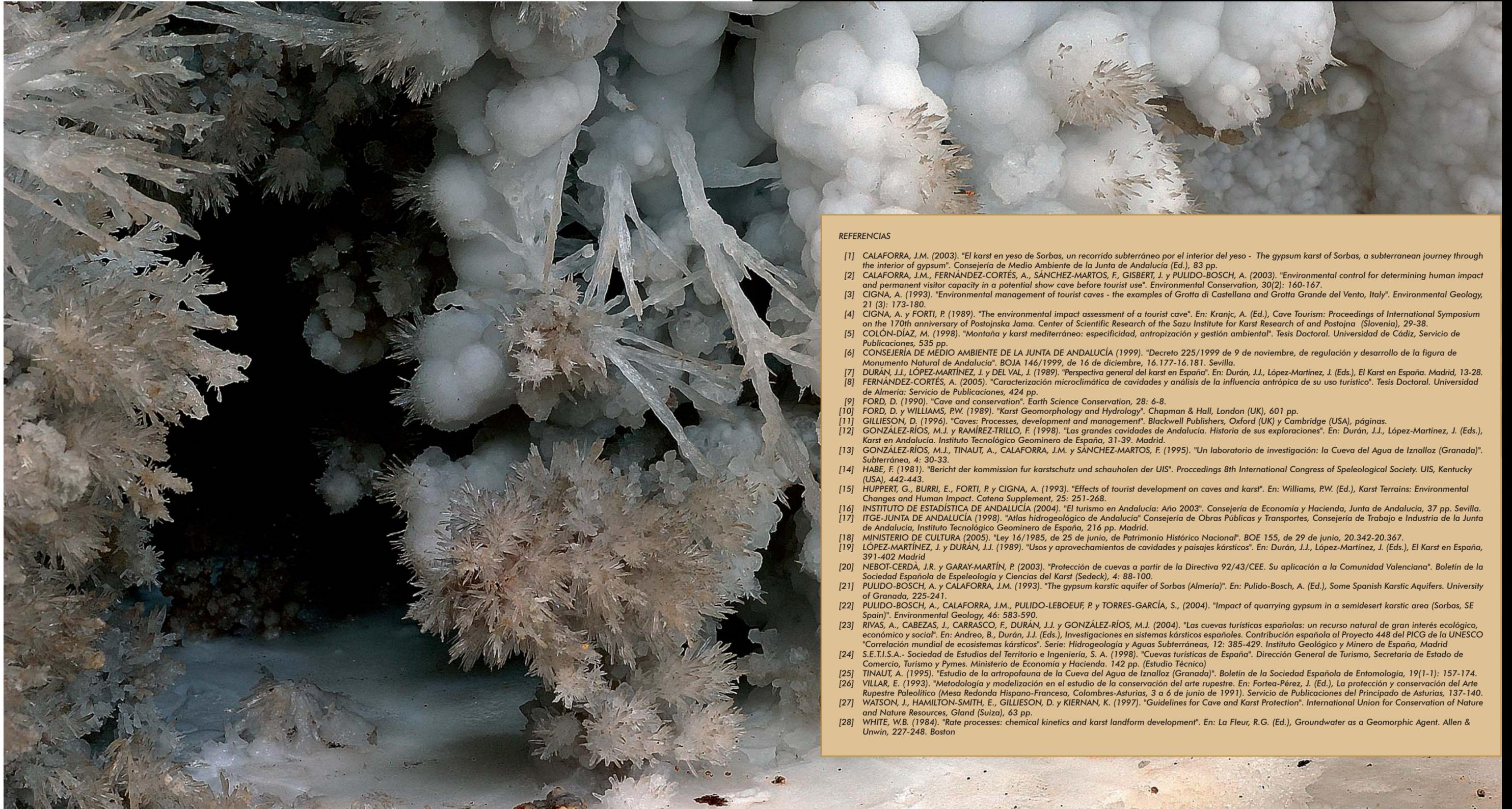
Los criterios de explotación de las cavidades turísticas son diversos en cuanto los diferentes tipos de restricciones en el régimen de visitas (duración, recorrido o número de personas por grupo). La mayoría de las cavidades ofertan visitas con una duración aproximada de una hora, extendiéndose en el tiempo en el caso de actividades de espeleoturismo (Tabla 9.2). El número de personas suele limitarse a un valor máximo (entre 15 y 25 personas por grupo) y casi siempre acompañado de un guía. Esta pauta suele adoptarse por motivos de funcionalidad de la visita guiada, sin estar fundamentada en el conocimiento de la capacidad admisible de visitantes en función de la respuesta ambiental de la cavidad ([2][3][4][9][15]). El calendario de visitas a las cavidades es estacional, ampliándose normalmente en los periodos vacacionales y estivales. El horario de apertura al público de las cavidades andaluzas oscila entre 5 y 8 horas con carácter diario, si bien en determinadas cavidades las visitas son concertadas, en un número limitado y con un calendario concreto. Este es el caso de cavidades sometidas a un régimen de visitas especial debido a criterios de conservación de sus valores culturales (Cueva de Doña Trinidad) o porque son objeto de un control ambiental en condiciones naturales y de estudios científicos (Cueva del Agua de Iznalloz). Las visitas de espeleoturismo suelen ser concertadas previamente debido a la necesidad de organización de este tipo de actividades. Por su parte, el recorrido de las visitas suele ser reducido y muy inferior al desarrollo total de la cavidad. El recorrido turístico depende de las características físicas de la cavidad, acotándose en función de la espectacularidad, variedad de sus recursos o de la disponibilidad física del espacio.

En cualquier caso, la mayoría de las medidas restrictivas en el régimen de visitas no están basadas en criterios de protección, existiendo una gran contradicción entre la limitación real del uso de la cavidad y la conservación de sus valores, naturales o culturales, más significativos. El posible desconocimiento justificado de los gestores en referencia a las pautas de conservación a adoptar, debe ser solventado con una coordinación y asesoramiento de cavidades turísticas desde una instancia superior.

Una de las líneas fundamentales en la gestión sostenible de una cavidad turística debe consistir en la definición del número máximo de personas y el tiempo de permanencia de las visitas, en cada pasaje de la cavidad y en función de una serie de parámetros críticos relacionados con la estabilidad del sistema agua, aire y roca. La evaluación de estos parámetros es ardua. El cálculo de la capacidad de carga de visitas de una cavidad requiere del control espacio-temporal de una serie de parámetros físico-químicos durante lapsos de tiempo superiores a un año. El tratamiento y análisis de los registros ambientales de una cavidad, microclimáticos principalmente, debe ofrecer a los gestores turísticos una herramienta para adelantarse a la presencia de ciertos impactos ambientales, cuya manifestación es apreciable a simple vista cuando ya adquieren un carácter irreversible.

Boca de salida de la Cueva de los Murciélagos, Zuheros, Córdoba  
(foto: J.M. Calaforra)





## REFERENCIAS

- [1] CALAFORRA, J.M. (2003). "El karst en yeso de Sorbas, un recorrido subterráneo por el interior del yeso - The gypsum karst of Sorbas, a subterranean journey through the interior of gypsum". *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía* (Ed.), 83 pp.
- [2] CALAFORRA, J.M., FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., SÁNCHEZ-MARTOS, F., GISBERT, J. y PULIDO-BOSCH, A. (2003). "Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use". *Environmental Conservation*, 30(2): 160-167.
- [3] CIGNA, A. (1993). "Environmental management of tourist caves - the examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy". *Environmental Geology*, 21 (3): 173-180.
- [4] CIGNA, A. y FORTI, P. (1989). "The environmental impact assessment of a tourist cave". En: Kranjc, A. (Ed.), *Cave Tourism: Proceedings of International Symposium on the 170th anniversary of Postojnska Jama*. Center of Scientific Research of the Sazu Institute for Karst Research of and Postojna (Slovenia), 29-38.
- [5] COLÓN-DÍAZ, M. (1998). "Montaña y karst mediterráneo: especificidad, antropización y gestión ambiental". Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones, 535 pp.
- [6] CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1999). "Decreto 225/1999 de 9 de noviembre, de regulación y desarrollo de la figura de Monumento Natural de Andalucía". BOJA 146/1999, de 16 de diciembre, 16.177-16.181. Sevilla.
- [7] DURÁN, J.J., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. y DEL VAL, J. (1989). "Perspectiva general del karst en España". En: Durán, J.J., López-Martínez, J. (Eds.), *El Karst en España*. Madrid, 13-28.
- [8] FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. (2005). "Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de su uso turístico". Tesis Doctoral. Universidad de Almería: Servicio de Publicaciones, 424 pp.
- [9] FORD, D. (1990). "Cave and conservation". *Earth Science Conservation*, 28: 6-8.
- [10] FORD, D. y WILLIAMS, P.W. (1989). "Karst Geomorphology and Hydrology". Chapman & Hall, London (UK), 601 pp.
- [11] GILLIESON, D. (1996). "Caves: Processes, development and management". Blackwell Publishers, Oxford (UK) y Cambridge (USA), páginas.
- [12] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y RAMÍREZ-TRILLO, F. (1998). "Las grandes cavidades de Andalucía. Historia de sus exploraciones". En: Durán, J.J., López-Martínez, J. (Eds.), *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España, 31-39. Madrid.
- [13] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J., TINAUT, A., CALAFORRA, J.M. y SÁNCHEZ-MARTOS, F. (1995). "Un laboratorio de investigación: la Cueva del Agua de Iznalloz (Granada)". *Subterránea*, 4: 30-33.
- [14] HABE, F. (1981). "Bericht der kommission fur karstschutz und schauholen der UIS". *Proceedings 8th International Congress of Speleological Society*. UIS, Kentucky (USA), 442-443.
- [15] HUPPERT, G., BURRI, E., FORTI, P. y CIGNA, A. (1993). "Effects of tourist development on caves and karst". En: Williams, P.W. (Ed.), *Karst Terrains: Environmental Changes and Human Impact*. Catena Supplement, 25: 251-268.
- [16] INSTITUTO DE ESTADÍSTICA DE ANDALUCÍA (2004). "El turismo en Andalucía: Año 2003". *Consejería de Economía y Hacienda, Junta de Andalucía*, 37 pp. Sevilla.
- [17] ITGE-JUNTA DE ANDALUCÍA (1998). "Atlas hidrogeológico de Andalucía" *Consejería de Obras Públicas y Transportes, Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía, Instituto Tecnológico Geominero de España*, 216 pp. Madrid.
- [18] MINISTERIO DE CULTURA (2005). "Ley 16/1985, de 25 de junio, de Patrimonio Histórico Nacional". BOE 155, de 29 de junio, 20.342-20.367.
- [19] LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. y DURÁN, J.J. (1989). "Usos y aprovechamientos de cavidades y paisajes kársticos". En: Durán, J.J., López-Martínez, J. (Eds.), *El Karst en España*, 391-402 Madrid.
- [20] NEBOT-CERDÀ, J.R. y GARAY-MARTÍN, P. (2003). "Protección de cuevas a partir de la Directiva 92/43/CEE. Su aplicación a la Comunidad Valenciana". *Boletín de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst (Sedeck)*, 4: 88-100.
- [21] PULIDO-BOSCH, A. y CALAFORRA, J.M. (1993). "The gypsum karstic aquifer of Sorbas (Almería)". En: Pulido-Bosch, A. (Ed.), *Some Spanish Karstic Aquifers*. University of Granada, 225-241.
- [22] PULIDO-BOSCH, A., CALAFORRA, J.M., PULIDO-LEBOEUF, P. y TORRES-GARCÍA, S. (2004). "Impact of quarrying gypsum in a semidesert karstic area (Sorbas, SE Spain)". *Environmental Geology*, 46: 583-590.
- [23] RIVAS, A., CABEZAS, J., CARRASCO, F., DURÁN, J.J. y GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (2004). "Las cuevas turísticas españolas: un recurso natural de gran interés ecológico, económico y social". En: Andreo, B., Durán, J.J. (Eds.), *Investigaciones en sistemas kársticos españoles. Contribución española al Proyecto 448 del PICG de la UNESCO "Correlación mundial de ecosistemas kársticos"*. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 12: 385-429. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- [24] S.E.T.I.S.A.- Sociedad de Estudios del Territorio e Ingeniería, S. A. (1998). "Cuevas turísticas de España". Dirección General de Turismo, Secretaría de Estado de Comercio, Turismo y Pymes. Ministerio de Economía y Hacienda. 142 pp. (Estudio Técnico)
- [25] TINAUT, A. (1995). "Estudio de la arthropofauna de la Cueva del Agua de Iznalloz (Granada)". *Boletín de la Sociedad Española de Entomología*, 19(1-1): 157-174.
- [26] VILLAR, E. (1993). "Metodología y modelización en el estudio de la conservación del arte rupestre". En: Fortea-Pérez, J. (Ed.), *La protección y conservación del Arte Rupestre Paleolítico (Mesa Redonda Hispano-Francesa, Colombres-Asturias, 3 a 6 de junio de 1991)*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias, 137-140.
- [27] WATSON, J., HAMILTON-SMITH, E., GILLIESON, D. y KIERNAN, K. (1997). "Guidelines for Cave and Karst Protection". *International Union for Conservation of Nature and Nature Resources, Gland (Suiza)*, 63 pp.
- [28] WHITE, W.B. (1984). "Rate processes: chemical kinetics and karst landform development". En: La Fleur, R.G. (Ed.), *Groundwater as a Geomorphic Agent*. Allen & Unwin, 227-248. Boston.

## HISTORIA DE LA ESPELEOLOGÍA EN ANDALUCÍA

JOSÉ A. BERROCAL PÉREZ

GRUPO DE EXPLORACIONES SUBTERRÁNEAS DE LA SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MÁLAGA

La humanidad ha tenido contactos con las cavernas desde casi su mismo origen. Estas han supuesto un cobijo y refugio seguro ante el clima adverso y los depredadores. Más tarde con la ola de frío producida por las glaciaciones cuaternarias las cuevas se presentan como un refugio ideal. Sin embargo el testimonio del arte parietal paleolítico, así como otros vestigios, demuestran una atracción mucho más allá que el simple uso funcional del espacio subterráneo. Un esqueleto humano encontrado en la zona profunda de la Cueva de la Pileta (Benaoján) presupone una exploración en época Neolítica aunque desconozcamos con qué finalidad.

La romanización nos trae un uso hidráulico de las cavernas, sobre las que se actúa para canalizar las aguas de las surgencias y cuevas cercanas a poblados y ciudades. Durante la Edad Media se forjan las grandes leyendas en torno a las cuevas. Son los respiraderos del infierno, moradas de demonios y dragones. En Andalucía estas leyendas arraigan y perduran hasta mezclarse con las de origen árabe. Data de esta última época la leyenda que sobre la Cueva de Belda (Cuevas de San Marcos) se ha conservado, y en la que se relata que semejante antro era la morada de un ser demoníaco que aterraba a la comarca, hasta que un día, un fraile del pueblo exorcizó el lugar consiguiendo que tal ser desapareciera para siempre. Todo este tipo de leyendas están muy influenciadas por la religión cristiana que alienta, en el pensamiento de la época, la ubicación del infierno en las entrañas de la tierra y que por tanto, consideraba a las cuevas como "respiraderos del infierno". Otro singular episodio es el de Don Quijote en la Cueva de Montesinos que, al perecer, podría ser la famosa Sima de Cabra (Córdoba). Aquí se relata, cómo el arrojado Montesinos se aventura a la exploración del antro sujeto con una cuerda por la cintura.

Más tarde este interés por las cavernas fue recuperado por los románticos, y poco después pasaron a ser objetos de interés de científicos y exploradores. En la actualidad las cuevas son, además, objeto de interés deportivo, recreativo y también de interés turístico.

### LOS ORÍGENES

A l final del siglo XVII se comenzó en diversos lugares de Europa a explorar cavidades con una mezcla de curiosidad y asombro científico. Así, en la región de Postumia

(Eslovenia), se iniciaron los primeros estudios de los fenómenos que se desarrollaban de forma específica en las rocas calcáreas que componen esta región. Un hito importante que vino a marcar las posibles exploraciones posteriores fue la publicación en 1665 de la obra "Mundus Subterraneus" debida al polifacético jesuita alemán Atanasius Kircher. La teoría sobre el origen de las cavernas

Técnica de exploración con escalas en 1973.

Sima de los Horcajuelos. Sierra de las Nieves (foto: José Luis Tomassetti)



Visita de Miguel Such a la Cueva de Doña Trinidad, Ardales - Málaga (foto: Archivo Museo de Ardales)

la atribuían a los fuegos procedentes del interior de la Tierra. A pesar de lo descabellado, es la primera hipótesis sobre la génesis de las cavidades.

España no estaba al margen de las corrientes naturalistas de la época y así nos encontramos en una publicación del año 1797, de A. J. Cavanillas, con estudios de varias cavidades exploradas en la región valenciana.

Las primeras relaciones de cuevas son las contenidas en obras más amplias como es el caso de las referencias que encontramos en el Diccionario Geográfico de Pascual Madoz o la relación de "cuevas y simas de España" que el sevillano Puig y Larraz incluye en una obra de geología más amplia. En ambas se encuentra una nutrida presencia de cuevas de toda Andalucía.

Un hito singular en la divulgación de la importancia de las cuevas para la comunidad científica es la publicación de la magistral obra "Antigüedades prehistóricas de Andalucía" del almeriense Manuel de Góngora. Entre otras muchas maravillas describe el fabuloso ajuar de la Cueva de los Murciélagos de Albuñol en el que además de cerámicas, vestidos y tejidos de esparto encontró una diadema de oro que se conserva en el Museo Arqueológico Nacional.

El Grupo de Exploraciones Subterráneas del Club Montañés Barcelonés junto al Grupo de Espeleólogos Granadinos fundado apenas dos años antes, explora en 1950 la famosa Cueva del

Agua en Sierra Harana (Granada). En ella se llegan a alcanzar los 215 metros de desnivel, lo que supone la profundidad máxima alcanzada hasta entonces en la península. Esto representa un nuevo impulso para la espeleología en Andalucía. Es por esta época cuando en toda España surgen numerosos grupos de espeleología que acogidos a instituciones (Diputaciones, Ayuntamientos...), o de forma independiente, realizan una actividad exploratoria más o menos continuada.

### LA ESPELEOLOGÍA EN ANDALUCÍA

En nuestra Comunidad Autónoma existían numerosas cuevas conocidas que se mencionan en diversos relatos sobre bandolerismo y en los libros publicados por los viajeros ingleses que frecuentaron Andalucía durante los siglos XVII al XIX. La descripción del interior de la cueva del Gato con restos de castillos y torreones, son sin duda fantásticas, pero evidencian una exploración al menos hasta la Sala Cervantes, o sea unos 600 ó 700 metros de galerías, lo que para la época debió de suponer una verdadera odisea. Otra información concreta sobre cuevas de la Comunidad es la que hace mención a una zona con abundantes cuevas en La Sauceda de Ronda, en donde el personaje Marcos de Obregón protagonista de la novela de Vicente Espinel (1618), pasó varios días encerrado en una de ellas.

No es hasta 1789 en que Cecilio García de la Leña (seudónimo del clérigo Medina Conde) publica en sus "Conversaciones históricas

malagueñas" dos relatos específicos sobre cuevas. El primero de ellos, titulado "Historia de la cueva junto a Málaga, en que se ocultó Marco Craso y motivo de su ocultación", y el segundo, "Noticia de la gran cueva y subterráneo espacioso del Higuerón, en los Cantales de Málaga", en el camino de la ciudad a Vélez-Málaga, en un lugar llamado Los Cantales, y en el que el autor llega a afirmar: "Haciendo combinación de estas señas con las que da Plutarco, hago juicio de ser ésta la cueva donde estuvo escondido M. Craso". No dejan de ser, sin embargo, relatos fantasiosos y recogidos de oído, lejos del concepto moderno de la exploración espeleológica. Sin embargo el relato de Medina Conde hace que las autoridades se interesen por las cuevas y encargan a Cayetano Breciani una exploración de las mismas. Participan además el arquitecto Miguel del Castillo, responsable de la confección del plano de la cueva, un capitán de artillería y el sobrestante de las canteras de las Reales Obras del Puerto de Málaga. Como peones de esta empresa se emplearon a dieciséis presidiarios. La exploración se realizó el 26 de Agosto de 1789 y de la misma se emitió un informe que en nada coincide con los datos de Medina Conde, que al parecer solo habló de referencias. Es seguramente la primera exploración y el primer plano topográfico de una cueva de España.

En la provincia de Granada se tienen referencias escritas sobre la Cueva de las Ventanas en el año 1818, en que se menciona en un informe de propiedades auspiciado por el Gobernador de la provincia, y más tarde ya aparece en otros documentos. El conocimiento que sobre cavernas del territorio se tiene a mediados del siglo XIX, se ve plasmado en dos obras fundamentales. La más antigua es de 1845. En ella, Pascual Madoz en su Diccionario Geográfico dedica más de una página a la enumeración de datos y anécdotas de diferentes cuevas esparcidas por la Comunidad. En la recopilación de Gabriel Puig y Larraz "Cavernas y simas de España", de 1896, se citan un buen número de cuevas, próximo al centenar.

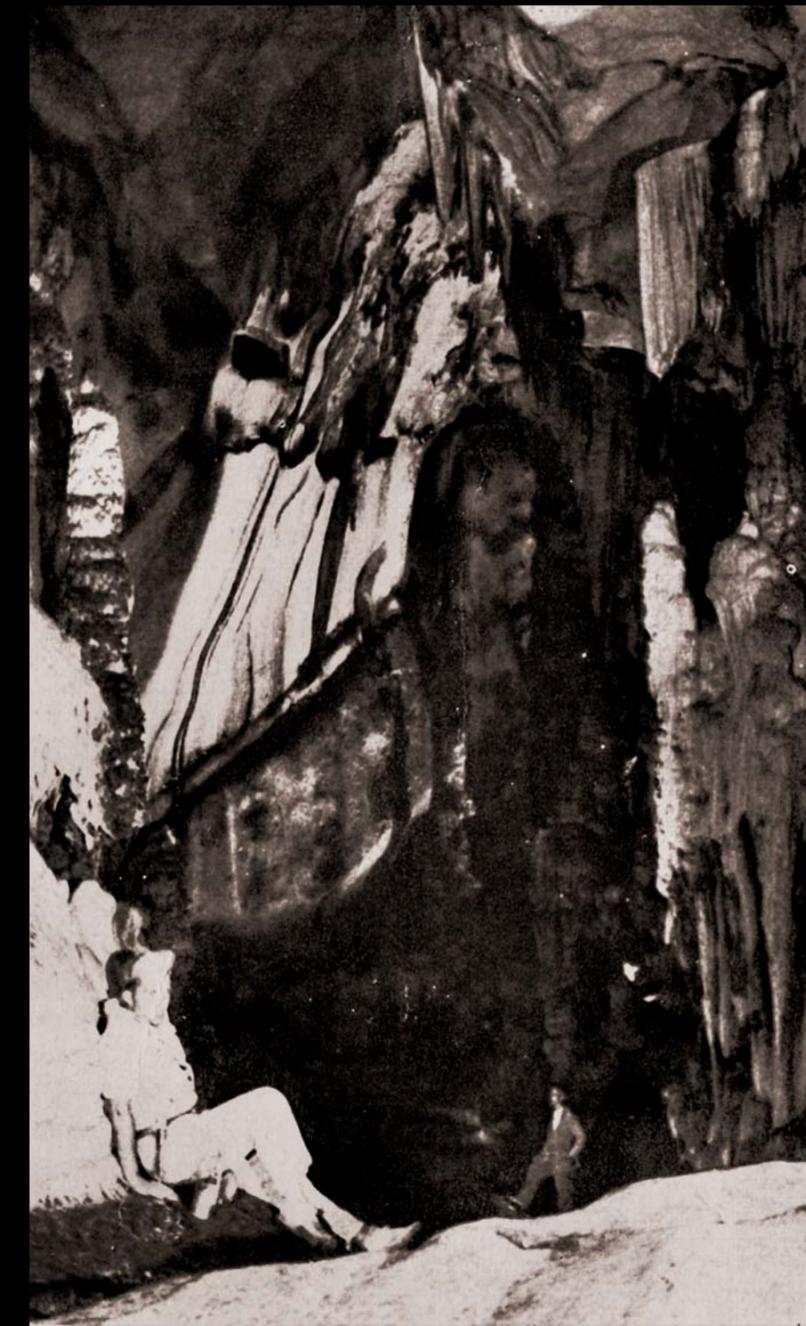
En Málaga se publica en 1884 y de la mano de Eduardo J. Navarro, Presidente de la Sociedad Malagueña de Ciencias, la obra que recoge los trabajos realizados en la Cueva del Tesoro de Torremolinos, un trabajo sin lugar a dudas ejemplar para su época. Por estas fechas el interés fundamental por la exploración de cavidades, estaba muy condicionado de modo casi único por las exploraciones arqueológicas y por prospecciones entomológicas, dado que tanto arqueólogos como naturalistas empezaban a vislumbrar los hallazgos científicos que celosamente había guardado la naturaleza durante milenios.

### HENRI BREUIL Y LA PILETA

Un hito singular en las exploraciones en Andalucía lo fue el descubrimiento de la Cueva de la Pileta, dada a conocer al mundo por Willoughby Vernet en 1911, y que culminó con una brillante monografía en la que se estudiaban sus importantes pinturas rupestres por el eminente prehistoriador Henri Breuil. Estos trabajos animaron a esforzarse en sus exploraciones a otros muchos aficionados locales, de entre los que cabría destacar al primer espeleólogo andaluz del que tenemos noticias y que no es otro que Miguel Such que se dedicó a exploraciones espeleológicas netas desde 1914 "por pura afición a la geología", según manifestó él mismo en una de sus obras. Son pioneros junto a Such, en las exploraciones de la época, sus compañeros Rafael Montañés, José

Fuentes y José Lara, en esos años todos miembros de la Sociedad Malagueña de Ciencias y habituales en las actividades de la Sociedad Excursionista de Málaga. Miguel Such conoció en 1918 a Henri Breuil, a quien le sirvió de guía en la visita a las cuevas de la Cala y la Araña y que le animó a terminar las excavaciones y publicar el yacimiento prehistórico de la Cueva Hoyo de la Mina. En otra ocasión, visitaron la Cueva de Ardales en donde Breuil certificó la existencia de pinturas y grabados. Las exploraciones de Breuil en Málaga fueron conocidas por los eminentes biólogos Jeannel y Racovitza quienes estudiaron las capturas de fauna realizada durante esta visita y que abarca cavidades de toda la provincia, entre otras, de las cuevas de La Cala, Las Motillas, Pileta, del Hoyo de la Mina y de los Órganos. El fruto de estos trabajos se publicó entre los años 1914 y 1929.

Cueva de la Pileta (foto: Archivo Cueva de la Pileta)



## PIONEROS ANDALUCES

**D**urante los años sucesivos numerosos, aficionados exploraron o visitaron cavidades en toda Andalucía. En Málaga, la mayor parte de ellos estuvieron vinculados a las antiguas Sociedad Excursionista de Málaga y a la Sociedad Malagueña de Ciencias, que desarrollaron una meritoria labor durante varias décadas. La guerra civil corta la mayor parte de estas iniciativas e incluso algunos de estos exploradores abandonan Málaga. La dura posguerra no es el mejor ambiente para actividades lúdicas o de investigación, y es necesario esperar hasta 1946 en que Simeón Giménez Reyna, Comisario de Excavaciones Arqueológicas, publica su "Memoria Arqueológica de la provincia de Málaga hasta 1946" como fruto de los trabajos de la Comisaría Provincial de Excavaciones Arqueológicas que se creara en 1939. Aunque de esta época no se conservan datos de exploraciones espeleológicas, el afán por las investigaciones prehistóricas les llevó a visitar innumerables cuevas en toda la provincia.

Después de la labor pionera que hemos visto desarrollaron durante años tanto la Sociedad Excursionista de Málaga como la Sociedad Malagueña de Ciencias, al final de los años 50 y principios de los 60, una serie de jóvenes, más inspirados por la aventura y el deporte que por otra razón, se organizan a modo de grupos para

la práctica colectiva de la espeleología. Un aliciente para la formación de estos grupos es el trabajo, que por estas fechas, realiza Manuel Laza Palacios en la Cueva del Higuero. En efecto, desde hace algunos años, su empeño por descubrir el Tesoro de los Cinco Reyes le lleva cada fin de semana a trabajar en las labores de desobstrucción de la cueva. Para ello se rodea, entre otros, de un grupo de jóvenes entusiastas a los que transmite su pasión investigadora, amén de prometer una participación en el preciado botín buscado. En otros lugares de Andalucía ocurre otro tanto, como es el caso del Grupo de Espeleólogos Granadinos. Pero hablemos por orden de las distintas provincias andaluzas, a pesar de que los datos disponibles no son muy abundantes.

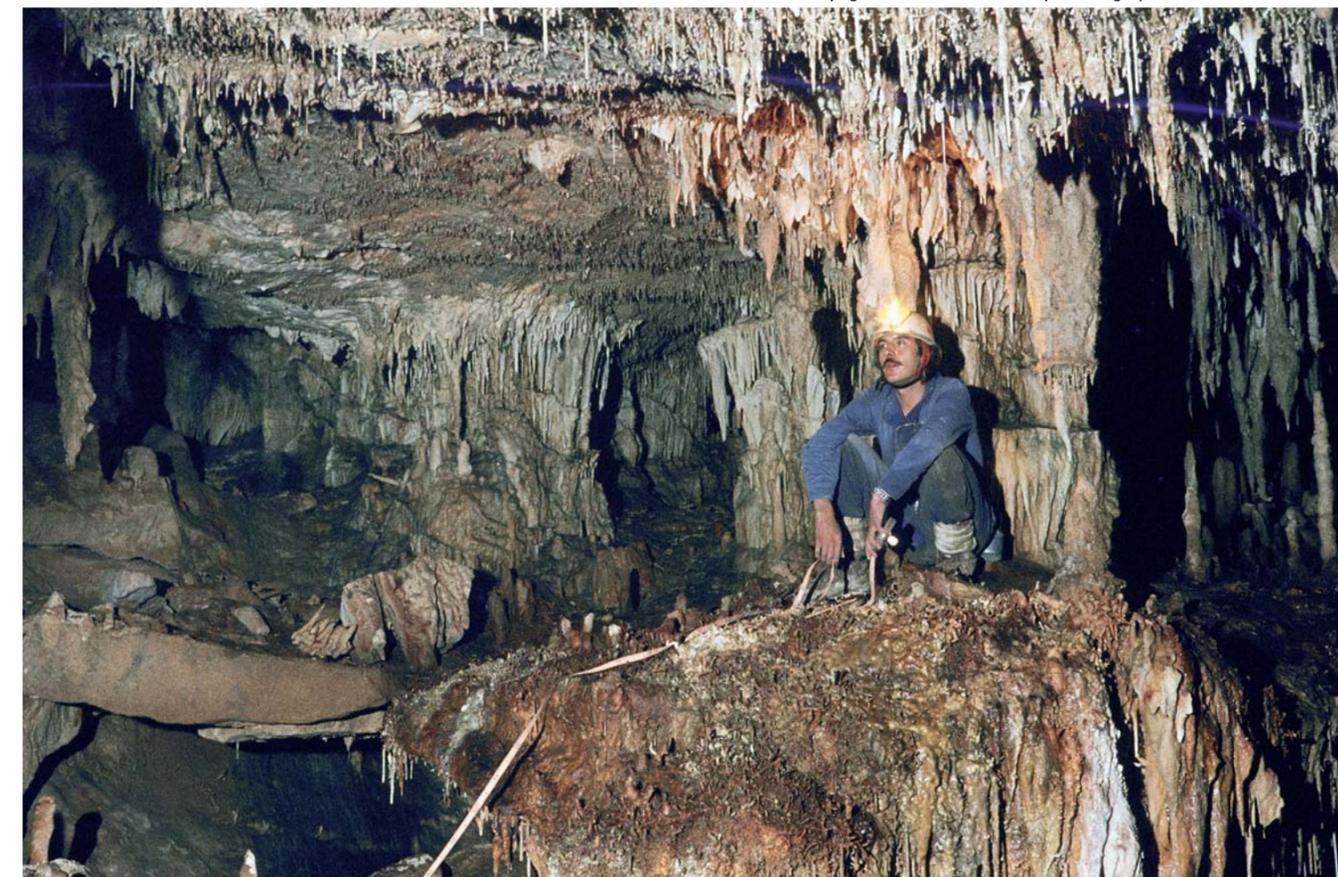
## ALMERÍA: DESIERTO Y CUEVAS EN YESO

La gran tradición de investigación prehistórica de la provincia de Almería, de las que son buenos ejemplos Góngora y Siret entre otros, con ser espléndida no aportaría tanto a la espeleología andaluza como lo ha hecho el descubrimiento del karst en yesos de Sorbas, único por su extensión y proliferación de cavidades y uno de los más importantes del mundo. Los trabajos en este área se inician en 1972, y en el año 1988 fue declarado Paraje Natural por la Junta de Andalucía. El catálogo de cuevas de este paraje se acerca al millar y algunas de ellas, como la Cueva del Tesoro, Covadura, o la del Agua son de particular relevancia.

Topografía en la Cueva de Nerja - Málaga (foto: Archivo GES de la SEM)



Cueva de las Motillas (foto: Francisco Hoyos)



Los datos de la espeleología almeriense están espléndidamente recogidos en multitud de trabajos de entre los que sobresale sin duda el libro de la "Historia de la Espeleología Almeriense" de J. Benavente. En esta historia están recogidos los avatares de trece grupos de los que permanecen en activo en la actualidad al menos seis.

Los datos históricos de esta provincia se remontan a 1714 con la exploración de la Cueva del Toro de Vélez Rubio en busca del posible agua de su interior. Le sigue otra de 1870, y una más de 1905 en la que se pretendía cortar estos bulos anteriores.

La Cueva del Tesoro de Sorbas aparece por primera vez en una obra de geografía en el año 1776. Más tarde, en 1845, menciona en su famoso diccionario algunas cavidades de la provincia y Góngora describe las pinturas de la cueva de los Letreros de Vélez Rubio. A estas citas de exploraciones le siguen otra multitud de ellas, básicamente relacionadas con la actividad arqueológica. Posteriormente en 1954 Llopis Lladó visita algunas cuevas y publica sus resultados. Un año más tarde comienzan las actividades del primer grupo de espeleología en el seno del Frente de Juventudes y así se inicia una fructífera actividad que continúa hasta la actualidad. Uno de los impulsores de varios de los grupos fue el "Maestro Granados" que desde el GESA, en el seno del Instituto de Formación Profesional, sirvió de cantera en una época de escasez de materiales y grandes dosis de imaginación y perseverancia. Baste recordar que en la época se tenían que fabricar las escalas en base a cuerdas de 35 mm de diámetro y peldaños de madera confeccionados por ellos mismos.

Hoy, los siete grupos que continúan en activo están altamente cualificados y las casi dos mil cuevas exploradas en estos años son buena muestra de ello.

Algunos grupos provinciales, como la Asociación de Espeleólogos Velezanos, ha recogido en su comarca la tradición de sus pioneros que allá por los años 70 comenzaron sus andanzas con la exploración de las cuevas de la comarca.

El ECA (Espeleoclub Almería) es el club conocedor y descubridor de gran parte de las cavidades en yeso de Sorbas. Su trabajo hace posible que se lleven catalogadas más de 700 cavidades en este entorno.

No podemos olvidar al Espeleosur, otro grupo pionero en las exploraciones almerienses donde llevan años prospectando y explorando el Complejo GEP. El Tesoro, GEA y ASLA completan el panorama de clubes en Almería.

### CÁDIZ, LO LIDERA JEREZ

El Grupo Espeleológico GIEX aporta la continuidad histórica a una provincia espeleológica de las más ricas de nuestro panorama andaluz. Sin embargo, el primer grupo organizado de la localidad fue el Grupo Montesinos cuya acta fundacional data del año 1953. Para el año 1954 ya se atrevieron con el descenso de la Sima de Villaluenga. En los 60 el grupo se disgrega y comienza su actividad el Grupo Espeleológico Xeres. A principios de los 70 comenzó la actividad del Grupo GIE, legalizado en 1975, formado inicialmente por algunos miembros del Club Montañero Sierra del Pinar. Hacia 1979 se produjo la fusión de los grupos GEX y GIE en lo que hoy es el GIEX.

En Jerez funciona también la Sección de Espeleología del Club Alta Ruta, de una intensa actividad en toda la Comunidad Andaluza.

La cueva de Las Motillas es uno de los complejos históricos por los que paso H. Breuil. Hoy es un referente cultural importante

Cueva del Tesoro, Karst de Yesos en Sorbas, Almería (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)



tanto por la arqueología como por la fauna. La primera referencia sobre ella es de 1770 y se debe a la pluma de Francisco Xavier Espinosa. Desde entonces figura en todos los repertorios y catálogos. En 1914 vio la luz un trabajo sobre fauna de la cueva debido a Jannel y Racovitza a partir de la fauna que recogiera Breuil. Las exploraciones sucesivas han puesto de relieve una extensa red de galerías con siete accesos y casi nueve kilómetros de recorrido.

La sima de los Republicanos, que recolecta el agua de los llanos del mismo nombre fue explorada en los años 1970 y 71. A una primera incursión del ERE le sigue otra del GEOS de Sevilla y GESM de Málaga que confirman la profundidad, exploran nuevas zonas y levantan la topografía.

Desde entonces los grupos provinciales, como el de Ubrique, también han aportado sus esfuerzos al conocimiento del más del millar de cuevas conocidas.

### CÓRDOBA, PIONERA EN EL COMITÉ SUR

Y en otras muchas cosas. Tal es el caso de la escueta nota que nos ha llegado acerca de un vecino llamado Fernando Muñoz Romero y que en el año 1683 se hizo descolar con una cuerda de 120 metros en la Sima de Cabra. Noticia escueta pero que se adelanta a las más tempranas de las aventuras subterráneas en este territorio. Sin embargo, un dato más antiguo debido a Juan de Padilla "El Cartujo" (1467-1520) nos habla de la Sima de Cabra como "una de las doce entradas del infierno" y se atreve a aventurar que desde su boca se pueden ver a los condenados, en este caso judíos, y que el apóstol Santiago es el encargado de taparla. Además esta sima quedó reflejada en las cartografías desde el siglo XVIII.

Nos consta que uno de los primeros grupos de la provincia fue el GULMON, que se formó en la Universidad Laboral, a instancias de Pedro Planas un burgalés del Grupo Edelweis que vino a estudiar a la Universidad Laboral.

Las primeras responsabilidades de representación organizativa en la espeleología andaluza recayeron en compañeros del Grupo GULMON y del GES de Priego de Córdoba. Mientras el primero tuvo una vida efímera, el segundo ha realizado notables aportaciones y aún hoy continúa con una importante actividad. Los descubrimientos de restos prehistóricos en cuevas de la comarca de este activo grupo han propiciado la creación de un Museo Arqueológico en Priego.

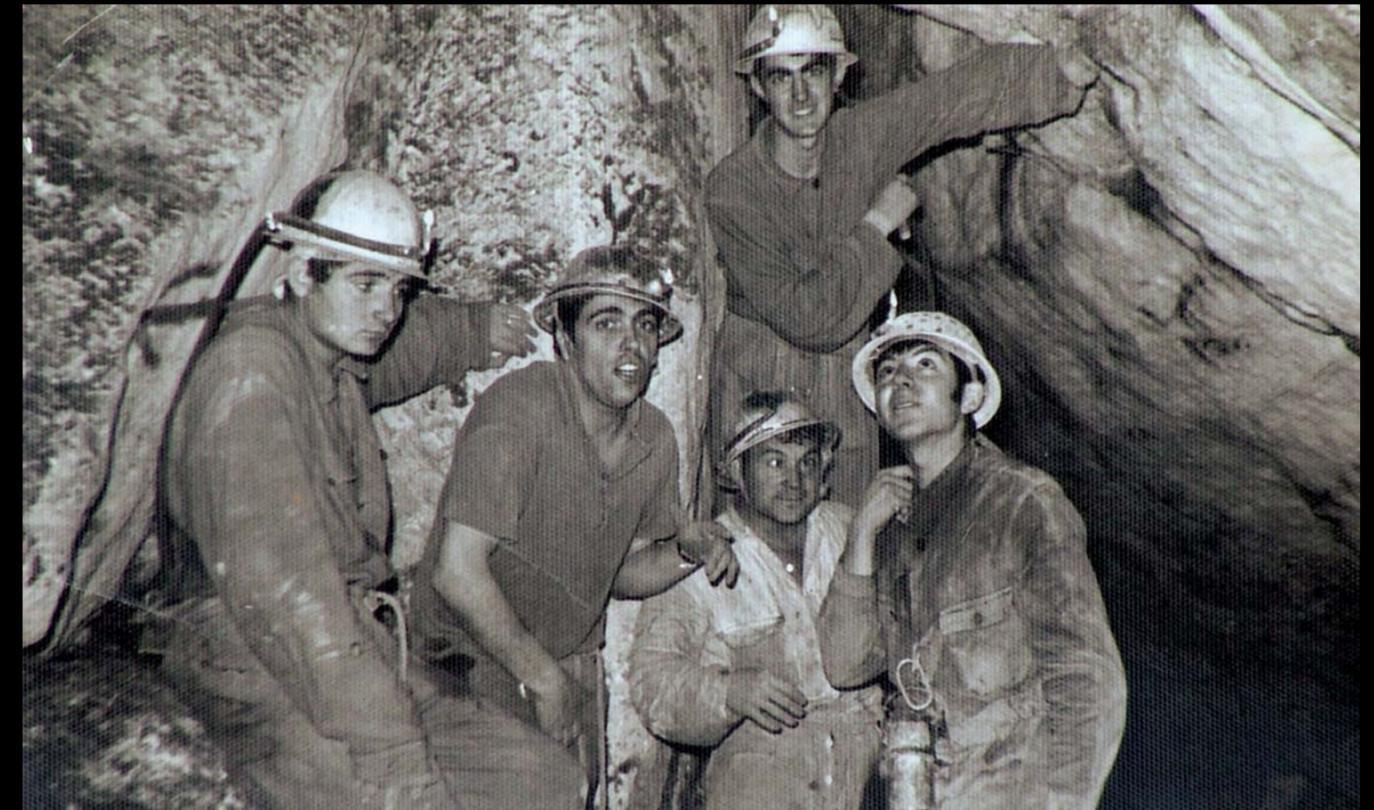
Fue importante en su época la exploración de la Cueva de los Yesos de Baena, en donde el GEA escribió singulares páginas en las exploraciones provinciales. Hoy además, trabaja el G40 que ha realizado el catálogo de cavidades de la Subbética con importantes descubrimientos de restos arqueológicos y pinturas rupestres.

### GRANADA, ATRACCIÓN NACIONAL

La cueva del Agua de Iznalloz fue visitada en 1885 por un grupo de vecinos. Después Breuil la visita buscando pinturas rupestres en 1918, dentro de un viaje más amplio que realizó por Andalucía.

La Cueva del Agua, la de la Carihuela, las de las Ventanas y tantas otras con importantes yacimientos arqueológicos están en la historia de las primeras exploraciones llevadas a cabo en Andalucía. El GES del Club Montañés Barcelonés realiza en la Cueva del Agua una exploración que deja huella en la ciudad y propicia la consolidación del Grupo de Espeleólogos Granadinos.

Grupo de exploradores en los años 60 en la Cueva de la Murcielaguina en Priego de Córdoba (foto: Antonio Moreno)



Pronto se exploran importantes cavidades como es el caso de Raja Santa y la Cueva del Agua.

El potencial espeleológico de la provincia de Granada ha dado unos estupendos resultados en la zona de la Venta de Zafarraya y de la Sierra de Loja.

En la provincia se crean también algunos grupos como es el caso de Motril que ha publicado una monografía sobre el karst de Calahonda. En la actualidad el Grupo de Espeleólogos Granadinos explora el Complejo del Arroyo de la Rambla, un núcleo de varias cavidades que están destinadas a ser de las más importantes de Andalucía.

### ARACENA, BUQUE INSIGNIA DE HUELVA

Una de las más bellas cavernas del sur peninsular es sin duda la Gruta de Aracena. Los fantásticos colores de sus formaciones la hacen casi única en España. Los datos más antiguos que se conservan de ella corresponden a la descripción que realizó Gonzalo Tarín en 1886.

Abierta al turismo en 1914, la cueva fue visitada por el Rey Alfonso XIII en 1915.

En 1987 el GES de la SEM realiza la tercera y más completa de las topografías de toda la caverna.

La creación de la Sociedad Excursionista de Huelva y su correspondiente Sección de Espeleología ha propiciado un auge hasta ahora no conocido en esta provincia.

Existen además dos clubes de espeleología, el O80, de los Bomberos de Huelva que cuenta entre sus especialidades con el espeleobuceo y el Grupo Persefone.

### JAÉN, HISTORIA Y POTENCIAL FUTURO

Cazorla y demás Sierras de Jaén han estado siempre en el punto de mira no solo de Andalucía sino de todo el estado como potencia espeleológica.

En los años 1964 y 65 los grupos ERE, SIRE, y GRS exploran la Sima de Pinar Negro en donde descienden 150 metros. En los inicios de los 80, el grupo madrileño Standar explora el sifón del nacimiento del Río Segura. El Grupo Accatuci, de Huelma, descubre Hoyo Hundido en donde alcanzan los 170 metros de desnivel. En 1987 se descubre en Quesada el Complejo LC-15 / LC-28 en donde se alcanzan 185 metros de desnivel. El grupo de Valdepeñas viene trabajando los últimos años en la zona conocida como Loma de Cagasebo en donde han explorado casi doscientas cavidades, algunas de las cuales sobrepasa los cien metros de desnivel.

El Grupo Espeleológico de Villacarrillo, por su parte, viene desarrollando una buena labor con cientos de cavidades exploradas, lo que pone de manifiesto la enorme potencialidad del territorio.

Cueva Secreta Poyo Manquillo, Cazorla (foto: Manuel J. González Ríos)



Principios del Siglo XX, Miguel Such excava la Cueva Hoyo de la Mina (foto: Archivo Sociedad Excursionista de Málaga)

Muchos de los abrigos con arte levantino de la Sierra de Segura, declarados Patrimonio de la Humanidad, fueron encontrados por espeleólogos durante sus exploraciones por la zona.

Sin duda las exploraciones más importantes en estos momentos están centradas en la Cueva del Arroyo de la Rambla que con casi diez kilómetros de galerías topografiadas promete ser una de las grandes cavernas de Andalucía. Fue descubierta en 1998 por el Grupo de Espeleólogos Granadinos y en la actualidad se realizan las exploraciones por un interclub de varias provincias.

### EL PRIMER MENOS MIL, EN MÁLAGA

La espeleología andaluza da el salto a la palestra internacional de la mano de la primera exploración de una sima de más de 1000 metros de profundidad en la Sierra de las Nieves. Para ello hubo de recorrerse un largo camino.

La primitiva Sociedad Excursionista de Málaga, fundada en 1906, acogió en su seno a un nutrido grupo de entusiastas que frecuentaban la zona de Los Cantales para explorar sus cuevas. Entre ellos estaba al que podíamos considerar el primer espeleólogo andaluz, Miguel Such, que exploraba "por puro afán geológico". Publicó en 1920 el estudio de la Cueva de Hoyo de la Mina. Antes ya se había interesado por la Cueva de Doña Trinidad en Ardales, como muestran los testimonios gráficos de la época. Un importante vacío se genera tras la Guerra Civil que no se llena hasta la mitad de la década de los cincuenta.

En un principio los grupos están formados por gente muy joven y realizan visitas a diversas cavidades de las cercanías de Málaga capital, que les va sirviendo de formación y entrenamiento. Un caso particular fue el Grupo de Espeleología del Instituto de

Formación Profesional "Francisco Franco", ahora I.E.S. La Rosaleda. Hacia el año 1958 y bajo el liderazgo de Antonio Gálvez y de Manuel Flores, un nutrido grupo de jóvenes se iniciaron en la práctica de la espeleología y pasaron después a engrosar las filas de los demás grupos o formaron otros para continuar sus actividades una vez concluida su etapa de estudiante, y sobre todo, para la práctica en los periodos de vacaciones. Tal es el caso del Grupo Geo-Espeleológico de la O.J.E. así como otros que trabajan de forma independiente.

Con la constitución en 1969 de un Comité Regional de Espeleología en el seno de la Federación Andaluza de Montañismo, estos clubes se consolidan y aparecen auténticos grupos de exploraciones subterráneas, cuya labor a lo largo de las últimas décadas ha sido altamente meritoria. Fruto de esta ingente labor ha sido la exploración en la Sierra de Ronda de la Sima G.E.S.M. con un desnivel total de -1.101 metros y primera cavidad de mil metros explorada íntegramente por un equipo español. Igualmente son de destacar los trabajos en la Costa Oriental, culminados con el descubrimiento de la Cueva de Navarro IV, importante estación del arte rupestre paleolítico. Otra importante contribución ha sido el estudio pormenorizado del karst en yesos del norte de la provincia. En la actualidad continúan las exploraciones en la Sierra de las Nieves donde se ha vuelto a marcar otro hito en la historia de las exploraciones al haberse alcanzado los casi 700 metros de desnivel en la Sima del Aire, cuya exploración continúa, y la recientemente descubierta Sima Prestá con casi 470 metros topografiados va camino de las más profundas de Andalucía. Estas tres cavidades tal vez puedan estar relacionadas con la surgencia de Zarzalones (Yunquera) que se comenzó a explorar en los inicios de los años 80 y que en la actualidad alcanza un recorrido de 1670 metros con un desnivel de 74, lo que lo sitúa entre los sifones españoles más importantes de los explorados.



Travesía en bote de la Cueva Hundidero-Gato en el año 1973 (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)

Son asimismo notables las aportaciones, en sus respectivas zonas comarcales, de entidades como el Grupo Espeleológico Marbellí, que también cuenta con Escuela Deportiva, el Grupo Arqueológico y Espeleológico de Campillos, el Grupo Athenea de Cañete la Real y el Grupo Espeleológico de Villanueva del Rosario. Destaca sin duda el Grupo Espeleológico Rondeño, pionero en la provincia y que fue constituido en 1969. A éstos se incorporaron en su día el activo grupo Tupécaras de Antequera, la Sección de Espeleología de la Sociedad Excursionista Antequerana, el GES de Yunquera y el dinámico Grupo de Exploraciones Subterráneas de Pizarra.

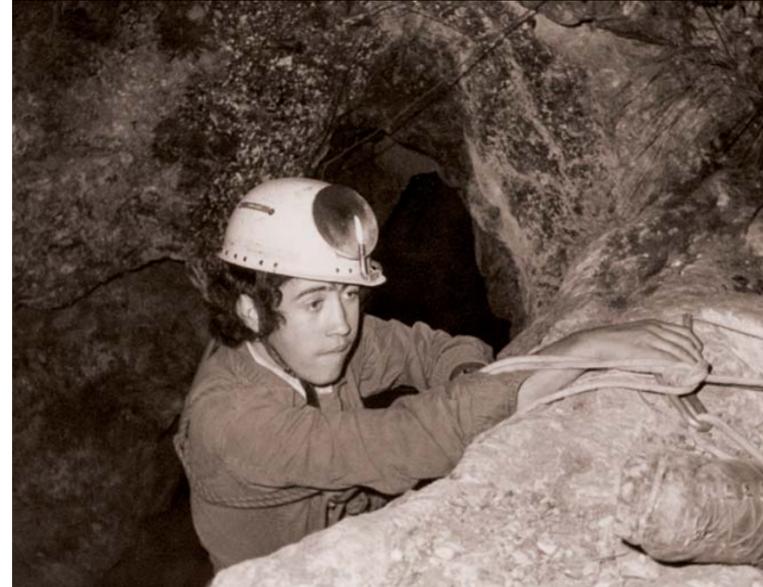
### SEVILLA, SE INICIA EN GATO

A pesar de contar con pocas cuevas en su provincia, los espeleólogos sevillanos han estado siempre, y en la actualidad, entre los más dinámicos de la Comunidad Autónoma. Muy pronto descubren la magnitud y el reto que supone la Cueva del Gato y después de varios intentos logran culminar la travesía de Hundidero - Gato en 1965. Son precursores Pedro Romero Zarco, Enrique Arias, Juan Madrazo Osuna y Javier Andrade Alsina, del

Grupo GEOS entre otros. En realidad eran los mejores conocedores del Sistema y su participación en el IV Campamento Nacional "Operación España 71" fue decisiva para el buen éxito de la misma. Hoy son, además, dignos representantes el Grupo Plutón, que insiste en las exploraciones de la zona de Benaolán hasta publicar una monografía sobre las cuevas de la comarca en donde se recogen más de 70 cavidades, y el Espeleo Club Kart, vivo ejemplo de la constancia y tenacidad en las duras exploraciones del Polje de Líbar en donde alcanzaron la notable profundidad de 320 metros en la Sima de Manuel Pérez y cuya contribución a la desobstrucción de la sima del Aire (- 645 metros) fue asimismo decisiva. Este grupo continúa además hoy trabajando en la exploración de Republicanos-Cabito con notable éxito. Otro grupo importante para la divulgación de la Espeleología en Sevilla ha sido el Equipo Troglos.

### EXPEDICIONES INTERNACIONALES

Federico Ruiz Ortiz y José Enrique Sánchez Pérez del GES de Málaga con una visita a cavidades del sur de Francia, en el año 1972, son los primeros andaluces en salir al extranjero. Años



Cavidades al Sur de Francia, año 1972 (foto: Federico Ruiz Ortiz)

después, en 1978, espeleólogos de la S. E. Marbellí viajan a Yugoslavia e Italia. A partir de estos años un sin fin de expediciones se suceden por todo el mundo. Argelia, Marruecos, Cuba, Turquía, Austria y un largo etcétera. Entre las actividades notables de los espeleólogos andaluces está la exploración de Wittandoum (Marruecos) con la que se consigue el récord de longitud de África. También se ha participado, entre otras muchas, en las duras exploraciones de la sima austríaca de Brettschacht. En los últimos años se han explorado cavidades en Cuba y en Iraq.

Sobresale sin duda en los últimos años la participación de Sergio Garcia-Dils en la expedición a la sima de Voronya en donde se alcanza la mayor profundidad del mundo con un desnivel de dos mil ciento sesenta y cuatro metros. Es sin duda una gesta deportiva que sitúa a un espeleólogo andaluz en lo más alto del podio mundial de la espeleología. Este equipo alcanza a finales del verano de 2004 la cota de -2080 metros en lo que supone la primera sima de la Tierra que supera los 2000 metros de desnivel, y unos meses después logran añadir una nueva galería más al sistema, que ya alcanza los 2164 metros de profundidad.

### LA FEDERACIÓN ANDALUZA DE ESPELEOLOGÍA

La Federación Andaluza de Espeleología se creó en 1982. Actualmente está formada por sesenta y tres clubes que abarcan todas las provincias de nuestra comunidad y en los que se integran ochocientos cincuenta y nueve afiliados. La doble vertiente de esta actividad, a caballo entre el deporte y la ciencia, hace de este colectivo un importante activo para la investigación de la geología y otras ciencias relacionadas con el karst y la naturaleza en Andalucía gracias a sus constantes descubrimientos y exploraciones que difunde, además, a través de su propia revista "Andalucía Subterránea". La comunicación institucional se ha mejorado con la web [www.espeleo.com](http://www.espeleo.com) a través de la que se informa a la comunidad espeleológica de las novedades en espeleología y las actividades de la propia federación.



Expedición Sima GESM 75 (foto: Archivo Sociedad Excursionista de Málaga)



Exploración Sima GESM 73 (foto: José Enrique Sánchez Pérez)

RESUMEN CRONOLÓGICO DE LA HISTORIA DE LA ESPELEOLOGÍA EN ANDALUCÍA		
FECHA	QUIÉN	QUÉ
1683	Fernando Muñoz Romero	Bajada a la Sima de Cabra para rescatar el cadáver de Pedro Ochoa
1772	Richard Twiss	Describe por primera vez la Cueva del Gato
1789	Cecilio García de la Leña	Publicación de "Conversaciones históricas malagueñas" con las exploraciones de la cueva del Higuero
1821	Por la acción de un terremoto	Se descubre la cueva de Doña Trinidad
1841	Fernando de Monte	Nueva bajada a la sima de Cabra y estudio de su naturaleza
1845	Pascual Madoz	Diccionario Geográfico y estadístico de España y sus posesiones de Ultramar
1868	Manuel de Góngora y Martínez	Publicación de "Antigüedades prehistóricas de Andalucía"
1869	Casiano del Prado	Primer repertorio de cuevas y simas de España
1884	Eduardo J. Navarro	Publicación del libro "La cueva del Tesoro"
1885	Vecinos de Iznalloz (Granada)	Realizan una primera visita a la Cueva del Agua
1896	Gonzalo Tarin	Primera descripción la Gruta de Aracena
1896	Puig y Larraz	Primer catálogo con más de 45 cuevas andaluzas
1911	Willoughbit Verner	Primera publicación sobre la Cueva de la Pileta
1906	Sociedad Excursionista de Málaga	Se funda en Málaga para el conocimiento de la provincia
1914	Gruta de Aracena	Apertura al público y visita de Alfonso XIII
1915	Henry Breuil	Monografía "La Pileta a Benaolan"
1918	Henry Breuil	Visita a la cueva del Agua y recolecta fauna
1920	Miguel Such	Cueva del Hoyo de la Mina
1920	Cia. Sevillana de Electricidad	Comienza la construcción de la Presa de los Caballeros en Montejaque
1947	Grupo de Espeleólogos Granadinos	Primer grupo andaluz
1950	Grupo de Espeleólogos Granadinos	Exploración de la Cueva del Agua junto al GES del CMB. Hasta 215 metros
1950	Moral Vilches	Primera exploración de Raja Santa (Atarfe, Granada) hasta -90 metros
1954	Antonio Moral Vilches	Primer intento de exploración en la Sima de Villaluenga
1958	Frente de Juventudes	Primer Curso de Ramales al que van los andaluces
1967	G.E.P. Almería	Localización de la Cueva del Yeso e inicio de su exploración
1968	G.E.O.J.E. de Sevilla	Primera travesía espeleológica de Hundiadero Gato
1971	C.R.S.E.	Campamento Operación España 71- Cueva del Gato
1972	GES de Málaga	Descubrimiento de Sima GESM
1976	C.R.S.E.	IV Congreso Nacional de Espeleología
1977	GES de Málaga / E.R.E. C.E.C.	Empleo de técnica alpina en Sima GESM
1978	GES de Málaga / E.R.E. C.E.C.	Se alcanzan -1074 metros en Sima GESM
1979	GES de Málaga	Se alcanzan los -1098 de profundidad en Sima GESM
1990	Sima GESM	Buceo lago ERE la sitúa en -1101 metros
2000	Federación Andaluza Espeleología	I Congreso Andaluz de Espeleología en Ronda.
2001	Federación Andaluza Espeleología	Creación del C.T.D.E.
2001	Federación Andaluza Espeleología	Primera Competición del Calendario Oficial de la FAE
2001	Federación Andaluza Espeleología	Primeras Escuelas Deportivas
2002	Federación Andaluza Espeleología	I Curso de Técnico Deportivo
2002	GES de la SEM	Sima del Aire: se alcanzan los -645 metros
2003	Ínter club Sierra de las Nieves	Sima GESM: exploración Vía Lateral
2004	GES de la SEM	Sifón de Zarzalones: se alcanzan los -72 metros
2005	GES de la SEM	Sima Prestá: se alcanzan los -470 metros
2006	Francisco Alcoholado (GES de la SEM)	Primera digitalización y recorrido virtual 3D del Complejo Hundiadero Gato

Dentro de la Federación existen diversos departamentos que abordan otros tantos aspectos de la actividad. La Escuela Andaluza se ocupa de todo lo relativo a la formación de los nuevos exploradores y de la divulgación en todas sus facetas. El Catálogo recopila la información de las cuevas andaluzas. El Espeleosocorro Andaluz es un grupo de expertos en salvamento en simas y cuevas preparados para intervenir en un eventual rescate. Otras áreas deportivas y administrativas son similares al resto de las federaciones deportivas de nuestro país.

A lo largo de estos años se han realizado diferentes eventos de trascendencia. Siendo aun Comité Regional Sur de Espeleología

fue designado para la organización del Campamento Nacional de Espeleología que se celebró en Montejaque y Benaolan en el verano de 1971 y al que acudieron espeleólogos de todo el estado. Entre otros trabajos importantes se inicio la topografía del Complejo Hundiadero-Gato.

En el año 1982 se le encargó a Andalucía la organización del IV Congreso Nacional de Espeleología, que se celebró con notable éxito en Marbella.

Y finalmente, en el año 2000 los espeleólogos andaluces celebraron en la ciudad de Ronda su I Congreso Andaluz de Espeleología.



Exploración en el Sifón de Zarzalones, Sierra de las Nieves por equipos del GES de la Sociedad Excursionista de Málaga (foto: David Pérez Gutiérrez)

#### REFERENCIAS

- [1] BERROCAL PEREZ, J.A.; WALLACE MORENO, L. (2002) "Guía de las cuevas de Málaga". Ed. CEDMA-Diputación de Málaga. Pág. 198
- [2] PUIG Y LARRAZ, G. (1896) "Cavernas y simas de España". Madrid.
- [3] BERROCAL PEREZ J.A. Y WALLACE MORENO, L. (2002) "Guía de las cuevas de Málaga"
- [4] GONZALEZ RIOS, M.J. et al. (2004) "La cueva de las Ventanas y otras cavidades del termino municipal de Piñar (Granada)" Ed. S.G.E.G., Granada. 93 paginas.
- [5] Era conocida desde 1.905 por el guarda de la finca, José Bullón Lobato, que sirvió de guía, primero a Vernet y más tarde a Breuil.
- [6] BREUIL, H., OBERMAIER, H., VERNET, W. Y CABRE, J. (1919) "La Pileta a Benaolan" Ed. Fundación Príncipe Alberto de Mónaco. Mónaco.
- [7] SUCH, M. (1920) "Estudio de la caverna del Hoyo de la Mina" Ed. Sociedad Malagueña de Ciencias. Málaga. Pág. 126
- [8] GÓNGORA Y MARTINEZ, M. (1868) "Antigüedades prehistóricas de Andalucía" Imprenta C. Moro. Madrid.

## CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LAS CAVIDADES ANDALUZAS

JUAN MAYORAL VALSERA  
FEDERACIÓN ANDALUZA DE ESPELEOLOGÍA

Las cavidades son ecosistemas extremadamente sensibles, además de singulares y de gran valor en su interrelación con el exterior. Por ello es necesario impedir la alteración o destrucción de este medio, sabiendo de antemano que cualquier actuación directa o indirecta sobre el ecosistema subterráneo provocará en mayor o menor medida una alteración del mismo. Es un ecosistema tan complejo como el exterior, frecuentemente catalogado como un "mosaico de microhábitats", un auténtico entramado del que sólo conocemos una pequeña parte accesible.

### EL MEDIO SUBTERRÁNEO, UN ENTORNO FRÁGIL

El medio subterráneo presenta una serie de "anomalías y dificultades" si lo comparamos con el superficial, tanto desde el punto de vista geoespeleológico como bioespeleológico, tales como falta de luz, escasos y dispersos recursos tróficos, territorio laberíntico y tridimensional, humedad absoluta alta, temperatura relativamente estable y, en ocasiones, ambiente de radiactividad superior, saturación de gases no respirables [33] y falta de oxígeno. Estas condiciones son alteradas principalmente por la contaminación y por la presencia humana en las cavidades.

#### Fauna y flora

Numerosos autores establecen una zonación de las cavidades de acuerdo con su estabilidad y condiciones ambientales: (1) superficie y zona de transición; (2) zona de penumbra; (3) zona de ventilación y (4) zona profunda de aire en calma. El equilibrio entre luz, temperatura y humedad, que se da de forma especial en la entrada a las cavidades, hace que allí se hayan conservado especies vegetales que en el exterior no han podido perdurar [20].

Encontraremos en las zonas más externas animales troglóxenos, troglófilos e invertebrados higrófilos y lucífugos a más profundidad, y finalmente troglobios en las galerías y zonas más profundas. Del origen, los procesos evolutivos y las adaptaciones de la fauna cavernícola existen diversas hipótesis, en muchas ocasiones contrapuestas.

La ausencia de luz condiciona la existencia de organismos que no realizan la fotosíntesis (bacterias y hongos), y además la cantidad de nutrientes es muy escasa y está desigualmente repartida, lo que

implicará una notable especialización y unas características propias de los animales cavernícolas. Serán invertebrados dotados de quimiorreceptores o vertebrados dotados de ecolocalización los que puedan superar esta barrera de oscuridad.

También puede ser no sólo nociva, sino letal, la exposición a la luz para algunas especies cavernícolas, lo cual también evidencia la fragilidad del ecosistema subterráneo, adaptado a unas condiciones que han permanecido inalteradas durante milenios o incluso millones de años [28].

La cadena trófica que tiene lugar en la cavidad depende generalmente de la materia orgánica procedente del exterior, y que es aportada por los quirópteros y las corrientes de agua y de aire. Pero también existen cavidades en las que esta cadena está más desconectada del exterior, permaneciendo casi aislada en su desarrollo evolutivo, como por ejemplo la Cueva de la Movile, en Rumanía. En estas cavidades los procesos tróficos son muy distintos a los del exterior, pues no existen aportes orgánicos de la superficie [37]. En este tipo de cavidades hipogénicas es posible encontrar concentraciones inusuales de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), SH<sub>2</sub> (sulfuro de hidrógeno), Rn (radón) y CH<sub>4</sub> (metano).

Se ha comprobado, por ejemplo, el nocivo efecto que la modificación de la entrada o de alguna galería de una cavidad produce en las condiciones térmicas de la misma, y a su vez el efecto sobre las colonias de murciélagos, que sienten en su masa corporal unas condiciones anómalas o infrecuentes que aumentan su mortalidad durante los periodos de hibernación [43]. Todas las especies de murciélagos existentes en Andalucía están incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas; además, las especies cavernícolas figuran en el Anexo II de la Directiva Hábitats

de la Unión Europea. Más de la mitad de las colonias importantes de murciélagos en nuestra Comunidad Autónoma están amenazadas, y una de las muchas amenazas es precisamente la realización de visitas a sus refugios, que en algunos casos pueden desaparecer como tales. Y de la disponibilidad de esos refugios depende la abundancia o supervivencia de los quirópteros [34].

Existen muchas "ventanas" de conexión que interrelacionan interior y exterior, y casi el único elemento en común que existe en este aspecto entre las diversas cavidades y las zonas de una misma cavidad es la oscuridad total. En esta cadena trófica, la producción primaria la llevan a cabo las bacterias quimioautótrofas. El concepto de medio subterráneo como un ecosistema aislado, estático, uniforme y relicto, está superado [12]. Además, los grupos animales del exterior están representados de alguna manera en los cavernícolas: moluscos, anfibios, crustáceos, insectos, etc., aunque a veces en proporciones ínfimas en cuanto a número de sujetos, que ocupan un espacio habitable tridimensional enormemente complejo y variado en sus condiciones. Es relativamente frecuente que los espeleólogos encuentren en sus visitas a las cuevas ejemplares de arañas, sapos, salamandras cavernícolas, etc., así como pequeños crustáceos despigmentados en zonas profundas. Estos animales tienen una gran importancia en el mantenimiento del equilibrio ecológico, y hay que tratar de molestarlos lo menos posible [14].

Otro condicionante del ecosistema subterráneo es la relativa falta de oxígeno y concentración de dióxido de carbono y otros gases procedentes de la descomposición orgánica y de la disolución y concreción de las rocas. Por otro lado, la saturación de

Rotura de espeleotemas en la Cueva de la Excéntrica, Igualeja, Málaga.  
(foto: Juan Mayoral)



humedad (100% de humedad relativa) y la condensación, lleva a los troglobios a desarrollar un sistema de equilibrio hídrico e intercambio gaseoso similar al de los animales acuáticos, sistema que también ha de adaptarse a la desecación que producen las corrientes de aire; pequeñas variaciones higrométricas pueden llegar a provocar la muerte por deshidratación de estos animales [45].

De la flora que se desarrolla en los ambientes más externos de la cavidad, donde llega la luz en mayor o menor grado, hay que decir que representa una importante reserva ecológica porque muchas veces incluye especies ya desaparecidas en el entorno exterior, sobre todo en regiones de poca humedad ambiental (como el clima mediterráneo). En estas zonas externas de las cavidades, la presencia de luz y la abundante humedad propician la supervivencia de plantas que presentan algunas adaptaciones a este especial medio: fototropismo positivo (crecimiento en dirección a la luz) y enanismo (simplificación del aparato vegetativo). El equilibrio entre luz, temperatura y humedad que se da de forma especial en la entrada a las cavidades, hace que allí se hayan conservado especies vegetales que en el exterior no han podido perdurar [20].

#### Espeleotemas

Dependiendo de las características fisicoquímicas de cada cavidad se producirá la precipitación de espeleotemas de tipologías muy distintas, con unos procesos variables en velocidad, volumen, mineralogía y hábito cristalino. Por otro lado, los procesos de disolución, erosión, hundimientos y colmatación de sedimentos irán, a su vez, configurando la cavidad en un proceso tremendamente complejo en el que intervienen muchísimos factores. En los procesos de disolución y precipitación pueden llegar a participar, además, bacterias, enzimas y aerosoles autóctonos y alóctonos.

Los espeleotemas que encontramos en las cavidades pueden ser indicadores paleoclimáticos indirectos, pues la velocidad de crecimiento -que está en función de las condiciones climáticas de cada época- queda reflejada en los anillos y las coladas estalagmíticas. Esto aporta una importante información científica, pues permite datar mediante sistemas diversos (análisis Uranio-Torio de espectrometría de masas o Carbono-14 en determinados casos) una cronología de los eventos en la génesis y formación de las cavidades, así como informar sobre el paleoclima [17].

#### Arqueología

No es raro que los espeleólogos, en el transcurso de sus exploraciones, encuentren restos arqueológicos: industria lítica, cerámica, pinturas, grabados, inscripciones, enterramientos, etc. Las especiales condiciones de las cuevas favorecen estos hallazgos, y es bien conocido el papel de los espeleólogos en hallazgos importantes durante las últimas décadas.

Las condiciones que se dan en las cavidades han propiciado diversos usos por parte del hombre desde la más remota antigüedad: lugares de refugio, de enterramiento y de culto. Por eso no es raro encontrar en ellas utensilios de sílex o de hueso, ajuares funerarios, etc. Ya en épocas históricas, casi desaparece el uso de esas cavidades por parte del hombre, que se organiza en sociedades muy distintas y con hábitos culturales también



Restos de excavaciones clandestinas en la Sima del Berrueco (foto: Juan Mayoral)

diferentes. Se abandonan las "cuevas-santuario", se olvidan los antiguos cultos y rituales mágicos, y también dejan de ser lugar de habitación, siendo más bien refugios esporádicos o lugares para la guarda del ganado.

En Andalucía, destacan entre las cuevas con importantes restos arqueológicos: Cueva de La Pileta (Benaolán, Málaga), Cueva Ambrosio (Vélez Blanco, Almería), Cuevas de Parralejo y Motillas (Jerez de la Frontera - Cortes de la Frontera, Cádiz y Málaga), Cuevas de Santiago (Cazalla de la Sierra, Sevilla), Cueva de los Murciélagos (Zuheros, Córdoba), Complejo de la Carigüela (Piñar, Granada), Cueva de Nerja (Nerja, Málaga), etc. Pero hay muchísimas otras cavidades con restos arqueológicos en mayor o menor grado, y que no siempre están protegidas debidamente. Muchas veces, la mejor protección es -hay que confesarlo- su desconocimiento.

También son las cuevas una extraordinaria fuente de datos sobre paleobiología, pues en sus sedimentos y fisuras es posible encontrar fósiles de vertebrados en excelente grado de conservación [48]. Entre otros muchos ejemplos, podríamos citar la cueva de La Sima, en la Sierra Norte de Sevilla, en la que aparecieron restos óseos de hiena manchada (*Crocota* cf. *Crocota*) y abundantes coprolitos [44].

#### El turismo en cavidades

La entrada del hombre en las cavidades altera su equilibrio ecológico, especialmente las condiciones de temperatura y humedad, modificando el hábitat de los animales cavernícolas, condiciones espeleogénéticas y la conservación de pinturas rupestres. Numerosas cuevas que estuvieron abiertas al turismo, debieron ser cerradas imperiosamente, ya que se ha comprobado que en unos pocos años se estaban provocando alteraciones irreparables. Buen ejemplo de ello son Altamira ([41][47]) o Lascaux, y probablemente la prudencia llevará a cerrar muchas otras que reciben miles de visitantes diarios y que están degradándose a pasos agigantados. Pero el interés económico suele prevalecer sobre otros en la sociedad actual. Numerosos estudios demuestran el impacto ambiental que producen las visitas más o menos masivas a las cavidades, pues cada visita es una energía extra que produce alteraciones bióticas y climáticas.

Se hace necesario en estos casos identificar el nivel de desestabilización, para arbitrar unos límites en cuanto a número de visitas, iluminación, etc. que permitan mantener los parámetros correspondientes dentro de un rango aceptable [29]. Es preciso limitar el número de personas que periódicamente visitan una cavidad. El número de grupos y el número de integrantes de cada grupo debe ser evaluado por especialistas en la materia.

Está demostrado que éste es uno de los factores que más influye en la degradación de las cavidades, por la alteración de temperatura, humedad y nivel de CO<sub>2</sub>.

Desde hace años se vienen realizando estudios previos para conocer los parámetros ambientales de diversas cuevas andaluzas, sobre todo para controlar posibles cambios en este aspecto ante una posible antropización debida al uso turístico o espeleoturístico de las mismas. Tal es el caso de las cuevas en yesos de Sorbas (Almería), que ha contado con un equipo de investigadores dedicados a detectar las limitaciones ambientales en el uso turístico de las mismas. También en la Cueva del Agua (Iznalloz, Granada), se han realizado experiencias con visitas controladas, para evaluar el impacto ambiental de las mismas y un posible uso como cavidad turística, analizando tanto la alteración térmica como su recuperación tras las visitas ([7][11][46]).

El tipo y la intensidad de la iluminación que se usa en cavidades turísticas es también un factor a tener en cuenta. La "enfermedad verde" producida por la iluminación eléctrica en cuevas turísticas y otra serie de alteraciones de origen antrópico deben evitarse en la medida de lo posible. Actualmente muchos estudios en las cavidades turísticas se centran en aspectos microbiológicos relacionados con este problema o con la alteración de pinturas rupestres ([4][5]).



La llama de acetileno, producido por el carburo, tiene sus inconvenientes medioambientales (foto: Juan Mayoral)

Asimismo, la existencia de iluminación más o menos permanente en estas cuevas afecta a los ritmos circadianos (reguladores de la actividad diurna y nocturna) que sincronizan la actividad de las colonias de murciélagos, y probablemente también a otros animales dependientes de estos ritmos en su actividad, como la Salamandra cavernícola [30]. También existen interesantes estudios y clasificaciones tipológicas de las cavidades turísticas en función de los flujos de energía recibidos por la actividad antrópica y la capacidad de absorberla o regenerarse, o bien romper el equilibrio de los parámetros clásicos de humedad, temperatura, nivel de CO<sub>2</sub>, etc. [13].

### La actividad espeleológica

La propia actividad espeleológica debe conciliar los intereses de la exploración, la seguridad propia y del grupo, y la protección de los valores ecológicos y de posibles o evidentes restos arqueológicos. Debe observar cuidadosamente el medio subterráneo, apreciar lo que encuentra a su paso, prever las consecuencias de sus movimientos. No basta con limitarse a tomar fotos y no romper las formaciones; debe esforzarse en dejar el mínimo posible de huellas a su paso, y ya que no es posible anular el daño que la presencia humana produce en el ecosistema subterráneo, al menos hay que tratar de minimizarlo.

La teoría del riesgo asumible, que lleva a explorar nuevas cavidades y descubrir espacios que nunca han sido hollados por el pie humano, no se contradice con una actitud de respeto y protección a los ecosistemas subterráneos, pero necesita implementarse de una actitud y unos conocimientos básicos para llegar a ese mínimo impacto ambiental. La actitud de los primeros espeleólogos, a finales del siglo XIX, es bien distinta de la presente; hoy suele existir en el colectivo espeleológico una actitud de respeto al medio que rara vez se encontraba en el pasado. Por suerte, el desconocimiento de las técnicas, los materiales y de la propia actividad espeleológica, ha mantenido un régimen de visitas relativamente bajo a estas zonas kársticas; incluso -hasta no hace mucho tiempo- se llegó a tildar de "locos" a los modernos espeleólogos, que compaginan la faceta deportiva con la de exploradores y de auténticos ecologistas prácticos.

Por otro lado, las cuevas, simas y barrancos no deben ser un "parque de atracciones" para la diversión de los clientes de las "empresas de aventura"; ya es hora de regular esta actividad de forma que se priorice la conservación y protección del medio kárstico, marcando claramente el ámbito y límite de actuación de estas empresas que legítimamente tienen derecho a realizar sus actividades lucrativas, pero sin por ello tener que dañar los ecosistemas kársticos en general y subterráneos en particular. El énfasis en los aspectos deportivos a veces minimiza los otros, causando un desequilibrio que puede abocar en daños irreparables. Sólo una formación integral adecuada de los espeleólogos puede suplir las carencias que nunca llenarán suficientemente los aspectos técnicos y deportivos de la espeleología.

### Otras actividades antrópicas

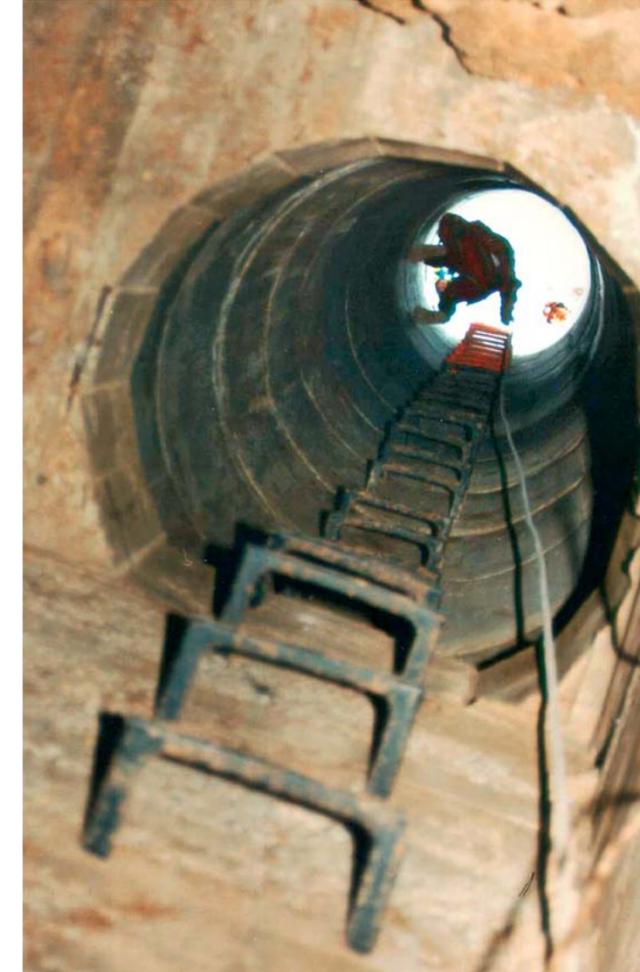
Los contaminantes de las cavidades son los abonos, hidrocarburos, residuos industriales y urbanos, plaguicidas, aguas fecales y en general cualquier sustancia extraña al medio subterráneo. De forma especial, encontramos en las cuevas restos de carburo, pilas, plásticos, papeles y latas ([38][39][40]). Pensemos que tres pilas pueden contener 1 g de mercurio, suficiente para contaminar un millón de litros de agua potable.

También las filtraciones de las redes de alcantarillado son una fuente de contaminación en las poblaciones asentadas sobre zonas kársticas. En las zonas kársticas la comunicación entre las aguas superficiales y subterráneas es rápida (a veces inmediata), con lo que aumenta el riesgo de contaminación de los manantiales y el acuífero ([27][50]). De esta forma, la infiltración y conducción es mucho más rápida en el karst que en los terrenos detríticos, por lo

que la forma de controlar la calidad de las aguas en las surgencias de estas zonas es mediante una monitorización continua, pues la imprevisibilidad de las precipitaciones y/o vertidos contaminantes hace que las fluctuaciones de los parámetros de potabilidad de las aguas varíen de forma instantánea. En los terrenos kársticos debieran limitarse todas aquellas actividades que puedan contaminar los acuíferos kársticos (mantenimiento de concentraciones de ganado en poljes o junto a sumideros, cultivos "no ecológicos" en zonas elevadas respecto a surgencias relacionadas con ellas, etc.), así como realizar campañas de concienciación al respecto en aquellas poblaciones asentadas en medios kársticos [24].

Las particularidades de la hidrogeología en el medio kárstico provocan una serie de dificultades para su conocimiento, requiriendo métodos de estudio distintos a los tradicionales para la identificación de los elementos del sistema, su caracterización, funcionamiento y evaluación. Se utilizan trazadores,

Entrada actual a la Sima del Águila, tras las obras de sellado del barranco y la entrada natural. Antequera, Málaga (foto: Juan Mayoral)



quimiogramas, ensayos de bombeo, estudio de curvas de recesión, etc., detectando la vulnerabilidad intrínseca y específica de las aguas subterráneas ante los contaminantes. Un ecosistema tan complejo como el subterráneo requiere el mayor esfuerzo en su conocimiento antes de realizar cualquier actuación sobre su cauces o reservas hidrológicas tales como la regulación de sus aguas superficiales y la captación de aguas subterráneas [2].

Asimismo, las zonas kársticas son en conjunto sensibles a los cambios introducidos por el ser humano, y antes de cualquier actuación de cierta envergadura en el medio kárstico (canteras, túneles, carreteras, presas, construcciones, pozos, caminos, etc.) es preciso que los especialistas evalúen sus posibles efectos sobre el conjunto [49]. Ejemplos de estas situaciones hay muchos, como el caso de la Sima de los Órganos (Atarfe, Granada), de la que sólo nos quedan algunas fotografías y el estudio arqueológico-topográfico; o las canteras que amenazan la cavidad termal "Raja Santa" (-163 m), en Sierra Elvira (Atarfe, Granada) [18] o el mismo Karst en yeso de Sorbas, donde expertos en el tema señalan la necesidad de un cambio de mentalidad, arbitrando progresivamente la explotación minera para permitir el uso turístico y ambiental de las maravillosas cavidades allí existentes [10].

Otro agente a tener en cuenta por sus nocivos efectos sobre el endokarst son los incendios forestales, que afectan negativamente en el estado de conservación de las cavidades, a su equilibrio biológico y climático. Las zonas quemadas pierden capacidad de absorción del agua, modificando completamente el quimismo y cantidad de infiltración hacia las cavidades.

### LA PROTECCIÓN DEL MEDIO SUBTERRÁNEO

La protección y conservación de las cavidades es un tema que apenas suele ocupar algunas páginas -si lo hace- al final de la mayoría de las publicaciones espeleológicas. Y son pocas las Administraciones públicas que dedican verdadero interés y esfuerzo a este aspecto, pues su repercusión no se hace patente ni a corto plazo ni de forma espectacular. Más bien, los esfuerzos de protección y conservación del medio subterráneo son anónimos, nutridos del trabajo de voluntarios que saben que sólo la naturaleza agradecerá su labor. Algunos grupos espeleológicos y algunas Administraciones pioneras en este aspecto, son la punta de lanza que quiere detener el proceso acelerado de degradación de las cuevas y simas. Hace falta dar a este tema la importancia que tiene, dedicar a la protección y conservación de cavidades todo el esfuerzo y todos los recursos que sean necesarios, pues la mayoría de los procesos de degradación son irreversibles, y el valor científico, ecológico, arqueológico, etc. que se llega a perder, en el futuro ya no se podrá recuperar. Ni la contaminación de los acuíferos kársticos, ni el expolio de un yacimiento arqueológico, ni la esquilmación de una especie cavernícola o troglófila, podrán ya solucionarse de forma plena, sino tan sólo tratar de paliar sus efectos.

Se han elaborado diversos "códigos" de comportamiento para los espeleólogos y visitantes de las cavidades, tanto a fin de hacer de la actividad una práctica segura, como respetuosa con el medio ([6][15][21][23][36]). Nosotros hemos recogido algunas de las recomendaciones a tener en cuenta para lograr este objetivo desde el punto de vista arqueológico, geológico, biológico y de la actividad espeleológica.

**Presencia de restos arqueológicos:**

- No tocar las paredes donde aparezcan signos de grabados, "grafitti" o pinturas. No acercarse demasiado, y sobre todo no acercar la llama de carburo a la pared.
- No realizar excavaciones, si no es con los permisos correspondientes y guiados por arqueólogos profesionales. Sacar un resto arqueológico de su contexto, es hacer que pierda gran parte de su valor científico.
- Tener en cuenta que todo resto arqueológico es Patrimonio Histórico y bien común, y por tanto no debe ser considerado propiedad personal de quien lo encuentra. Es obligación dar cuenta del hallazgo y/o entregarlo a las autoridades, comúnmente la Delegación Provincial de Cultura.
- No alterar los sedimentos que puedan ser "fértilmente" arqueológicamente, marcando caminos específicos que impidan un pisoteo indiscriminado de los suelos de la cavidad.

Se aconseja siempre realizar una fotografía del hallazgo (restos faunísticos, evidencias etnográficas, arte rupestre, restos arqueológicos o improntas humanas), volver sobre los propios pasos con cuidado de no modificar nada y comunicarlo urgentemente a los especialistas, guardando gran discreción sobre el hallazgo, aunque se piense que no es muy importante. Esto lo decidirán los especialistas, tras el estudio pertinente [3]. Los descubridores no deben llevar a cabo iniciativas que alteren el estado original del yacimiento. En todo caso, de la colaboración entre el arqueólogo y el espeleólogo no debe deducirse una pérdida del mérito y el reconocimiento debido a los autores del hallazgo [35].

Afortunadamente, una cada vez mayor integración de los espeleólogos en los equipos de investigación arqueológica en cavidades, está dando magníficos frutos de colaboración. Este es el camino que marcamos para el futuro, y buena prueba de ello son los resultados obtenidos por la colaboración de espeleólogos andaluces en las excavaciones de Atapuerca (Burgos), Gibraltar, Zuheros (Córdoba), etc.

Momento del descubrimiento en una cavidad de un hueso tallado (foto: Juan Mayoral)

**Presencia de espeleotemas:**

- No manchar las formaciones; sólo admirarlas desde una distancia prudencial.
- No tocar las formaciones. La grasa de la piel, el sudor y el barro manchan irremediablemente estas "obras maestras" de la naturaleza..
- El material de exploración introducido en una cavidad (sacas, cuerdas, mosquetones, monos, etc.) debe estar limpio para evitar introducir elementos externos pertenecientes a otros ambientes.
- No fumar dentro de las cuevas.
- No arrastrarse entre formaciones ni caminar sobre suelos concrecionados con el mono o las botas llenas de barro.
- No utilizar las concreciones como presas para progresar.
- La ropa de exploración, las manos, los pies, deben estar limpios para progresar entre las concreciones sin dejar manchas. No dejar huellas de nuestro paso por una cueva.
- Si es necesario, quitarse las botas o/y el mono para progresar sin manchar las zonas concrecionadas. En caso necesario, usar monos desechables y una muda de calzado limpio, transportando la ropa y las botas embarradas en una saca limpia.
- Balizar convenientemente las zonas delicadas o frágiles, con cinta o -preferiblemente- con cordino de nylon, a nivel de las rodillas y de forma que no esté atado a formaciones frágiles.
- No caminar sobre zonas donde puedan quedar las marcas de nuestras pisadas (depósitos de guano, sedimento arcilloso, etc.).
- Señalizar con pictogramas de advertencia aquellas zonas de la cavidad especialmente frágiles o en las que se hace necesario evitar la progresión con ropa manchada.

**Presencia de fauna:**

- No molestar a los animales cavernícolas con ruidos, olores, voces o iluminaciones violentas. No tocarlos ni realizar recolecciones si no existe un específico interés científico.
- Tener cuidado con las colonias de murciélagos. Informarse de sus ciclos de hibernación, cría y reproducción, para provocarles las mínimas molestias. Generalmente, durante los meses fríos están hibernando, y disponen de las reservas de energía justas para sobrevivir hasta épocas más cálidas. Despertarlos, puede suponerles la muerte. La esquilmación o desaparición de una colonia de murciélagos también implica la desaparición de infinidad de guanófilos y pequeños invertebrados que aprovechan los excrementos de los murciélagos para sobrevivir.

**Actividad espeleológica respetuosa:**

- El descubridor de una cueva tiene la responsabilidad de tomar todas las medidas de protección y conservación que sean necesarias: balizamiento, cerramiento, etc.
- No colocar ni más ni menos anclajes (spits o parabolts) de los necesarios para progresar con seguridad. Preferiblemente, que sean de gran calidad (inoxidables) para no tener que reinstalar la cavidad en un corto plazo de tiempo.
- La principal preocupación ha de ser siempre la protección de la cavidad, y no la posibilidad de la práctica espeleodeportiva o espeleoturística.
- Respetar las puertas y los cierres existentes en las cavidades. Siempre hay una razón para su existencia: protección de los

murciélagos, de yacimientos arqueológicos, de fenómenos geológicos, etc. Si se quiere penetrar, siempre habrá formas de obtener permiso y accesos de manera que no se dañe aquello que el cierre protege. Es preferible esperar a los permisos o/y al acompañamiento de personas cualificadas, antes que forzar un cierre que permanecerá -tal vez- durante meses o años destrozado y a expensas de que personas sin preparación o actitud adecuada entren en la cavidad. No realizar ningún tipo de inscripción, pintada o "grafitti" en las cavidades. Ya pasó la época en que se consideraba "normal" escribir al final de la cavidad el nombre de los visitantes y la fecha de tal "proeza". Tampoco pintar "flechas"



Pintadas en la Cueva de Hundiadero antes de su limpieza, Montejaque, Málaga (foto: Juan Mayoral)

para marcar el recorrido o el camino de regreso. Siempre que sea posible, utilizar iluminación eléctrica en lugar de carburo. De forma especial, no utilizar el carburo en una cueva concrecionada. En ningún caso realizar descarbonadas dentro de las cuevas; tampoco en su entorno. Estos restos, que contienen diversas concentraciones de sulfuros, bario y nitritos, hay que depositarlos en bolsas que luego serán llevadas a un contenedor adecuado. Un ejemplo: ya en junio de 2002 un grupo de espeleólogos llegaron al fondo de la Sima GESM(-1.098 m), en la Sierra de las Nieves, utilizando únicamente iluminación LED, y en las recientes campañas de exploración de esta gran cavidad, únicamente se usa este tipo de iluminación.

- Recoge siempre la basura encontrada en las cavidades, y retírala al exterior. De forma especial, no dejar abandonadas pilas de ningún tipo, ya que su potencial contaminante es muy alto.
- No realices vivacs en las cavidades, de no ser imprescindibles para una exploración. En ellos se produce una inevitable

alteración medioambiental y acumulación de residuos de carburo, excrementos y orina.

- Limitar el tamaño de los grupos en función de la cavidad a visitar. Es mejor ir en pequeños grupos, donde es fácil estar pendientes de los compañeros, cuidando todos los aspectos mencionados.
- No utilizar explosivos ni medios químicos o mecánicos para desobstruir las cavidades, y en todo caso cercar y proteger la boca de las simas abiertas ante el peligro de que caigan personas o ganado a su interior.
- Realizar el siglado de cavidades siguiendo las normas actuales, sin utilizar pinturas y de la forma más discreta posible.
- Educar a los "visitantes" esporádicos del mundo subterráneo, tanto con el ejemplo como proporcionando la información adecuada.



El siglado de cavidades debe ser algo más discreto... (foto: Juan Mayoral)

Sin duda, los mejores protectores de las cuevas deben ser los espeleólogos. Afortunadamente, también la Administración dispone de instrumentos -aunque no de suficientes medios- para llevar a cabo una protección eficaz, especialmente en los Espacios Naturales Protegidos. Esto ha frenado la degradación de numerosas cavidades, aunque todavía es mucha (muchísima) la labor por realizar [42].

### LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y EL MEDIO SUBTERRÁNEO

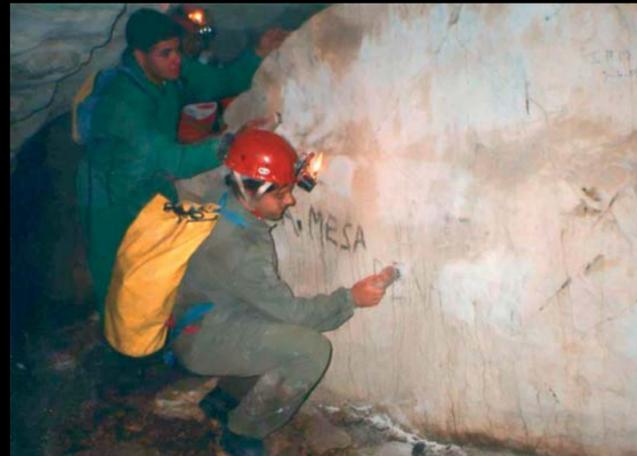
Un aspecto añadido que sin duda está minimizando progresivamente la degradación del medio subterráneo es todo lo relacionado con la educación ambiental. En Andalucía se vienen realizando Campañas de Limpieza en algunas cuevas y en el entorno de las mismas desde hace décadas por parte de grupos espeleológicos de todas las provincias de esta Comunidad. Destacan, entre otras, las realizadas en el Sistema Húndidero-Gato (Montejaque-Benaolán, Málaga) [31], donde se han completado numerosas campañas de limpieza organizadas por el Club Plutón (Sevilla), con la participación de cientos de

espeleólogos de toda Andalucía y también de numerosos vecinos de las localidades cercanas, así como de voluntarios procedentes de varias provincias, y las efectuadas en la Cueva de las Motillas (Parque Natural de los Alcornocales), organizadas por el Grupo GIEX (Jerez de la Frontera, Cádiz) [19]. También se han realizado campañas de limpieza de otras cavidades, como las organizadas por el G.E.S. de Pizarra (Málaga) durante varios años y en diversas cavidades de esta provincia. De la colaboración de grupos ecologistas de Granada y espeleólogos de Sevilla, se logró una magnífica limpieza de la zona de entrada de la Cueva de las Ventanas (Piñar, Granada), años antes de que fuera acondicionada para las visitas turísticas. El grupo GEOS de Sevilla realizó poco antes del año 2000 una minuciosa limpieza en la Cueva de los Covachos (Almadén de la Plata, Sevilla), inventariando los materiales retirados según su tipología [1]. Muchos otros grupos espeleológicos de toda Andalucía han organizado o colaborado en campañas de limpieza de diversas cavidades, desde la Sima GESM hasta muchas otras de medianas o pequeñas dimensiones.

Es una actividad que cada vez más aplican los clubes espeleológicos en relación con el voluntariado. Como bien expresa González Ríos: "...se vislumbra una pequeñísima luz de esperanza para aquellas cavidades por descubrir; los espeleólogos cada vez se preocupan más por la conservación del medio subterráneo, y ya no es raro ver equipos de expedicionarios que sacan al exterior de la cavidad todo lo que encuentran ajeno a la misma, inculcando a las nuevas generaciones el cariño, el respeto y el saber vivir en armonía dentro de las cavidades, permitiendo como mucho la toma de fotografías, fieles testigos de las bellezas creadas por la naturaleza".

En este mismo sentido, la Federación Andaluza de Espeleología durante las I Jornadas de Voluntariado Ambiental (Mollina, Málaga) propuso la creación de un Centro Andaluz de Protección de Cavidades, sobre todo como reacción a la destrucción de las cuevas en yesos de Gobantes, cerca de Antequera (Málaga) [9]. En aquellas mismas jornadas, se llegó a manifestar en una comunicación: "... Impotencia... tal es el común denominador del sentimiento de los espeleólogos que a veces nos encontramos solos

Limpieza e pintadas en una cavidad (foto: Juan Mayoral)



ante toneladas de basura arrojadas a una cueva... basura que es "lavada" por aguas que van a parar al acuífero de donde se surte una población humana... que a su vez arroja sus basuras al subsuelo. Es un ciclo enfermo que hay que romper por algún lugar. Hay que recuperar la salud de nuestros acuíferos, el nivel de higiene y limpieza que requiere un medio ambiente que no puede seguir degradándose.

Voluntarios dispuestos a colaborar en la limpieza de cavidades, a denunciar las agresiones al medio subterráneo, a integrarse en los equipos de apoyo a los grupos espeleológicos... una propuesta positiva que -estamos seguros- será acogida con entusiasmo por cientos de jóvenes andaluces" ([31][32]).

Por fortuna, cada vez son más las organizaciones implicadas en la protección de las cuevas y del medio ambiente subterráneo, así como las leyes que reflejan la voluntad de esta protección de

cavidades ([23][25]). Algunos estudios vinculan claramente la protección de los recursos kársticos a la conciencia pública, los conocimientos técnicos, la estructura socio-cultural, las leyes y la eficacia de la Administración, optimizando la protección en una adecuada combinación de todos estos elementos ([16][23]).

En nuestra comunidad autónoma, además del esfuerzo realizado por la Federación Andaluza de Espeleología y por la propia Administración, el colectivo espeleológico está cada vez más motivado y concienciado de los aspectos medioambientales. Prueba de ello es la creación del "Centro Andaluz de Protección de Cavidades y su Entorno", que colabora en la labor de protección y conocimiento del karst andaluz y su estado de conservación. Esperemos que el futuro de la conservación de cavidades siga y mejore este rumbo inicialmente trazado.

Campaña de Limpieza del Sistema Húndidero-Gato. Imágenes de la basura retirada de la cavidad y su entorno por los espeleólogos (foto: Juan Mayoral)





Sala de los Bloques, Sima GESM (foto: Victor Ferrer)

## REFERENCIAS

- [1] ÁLVAREZ-GARCÍA, G.; MOLINA, J.; MILLÁN, M.; GONZÁLEZ-CEBRIÁN, M. y AYALA, S. (2000). "Recuperación ambiental, recogida sistemática y estudio de los residuos extraídos de la Cueva de los Covachos (Almadén de la Plata, Sevilla)". *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología* (Santiago Pérez, Martínez García y Mayoral Valseira, eds.): 93-97.
- [2] ANTIGÜEDAD, I. (2000). "El acuífero kárstico: Metodología de investigación y protección de sus recursos". *Bol. Soc. Esp. Espeleol. y Ciencias del Karst (Sedeck)*, 1: 16-22.
- [3] ARRIZABALAGA, A. (1992). "Algunos apuntes sobre la toma de datos de interés arqueológico en la actividad del espeleólogo". *Karaitza*, 3: 15-22.
- [4] ARROYO, G.; ARROYO, I. y ARROYO, E. (1997). "Microbiological analysis of Maltravieso Cave (Caceres, Spain)". *Int. Biodeterioration & Biodegradation*, 40 (2-4): 131-139.
- [5] BARTON, H.A.; TAYLOR, M.R. y PACE, N.R. (2004). "Molecular Phylogenetic Analysis of a Bacterial Community in a Oligotrophic Cave Environment". *Geomicrobiology Journal*, 21: 11-20.
- [6] BRITISH COLUMBIA SPELEOLOGICAL SOCIETY (2000). "Caves Codes of Conduct". [Cancaver.ca](http://Cancaver.ca).
- [7] BRUNET, J. (2005). "Equilibre climatique dans les grottes". *Laboratoire de recherche des monuments historiques. Ministère de la Culture*.
- [8] BURNEY, D.A.; JAMES, H.F.; GRADY, F.V.; RAFAMANTANANTSOA, J.G.; RAMILISONINA; WRIGHT, H.T. y COWART, J.B. (1997). "Environmental change, extinction and human activity: evidence from caves in NW Madagascar". *Journal of Biogeography* n° 24. pp. 755-767.
- [9] CALAFORRA, J.M. (1997). "Informe geológico en contra del sellado de cavidades realizado por la Confederación Hidrográfica del Sur en el área de Gobantes Meliones (Málaga)". *Especus*, 44. Federación Andaluza de Espeleología.
- [10] CALAFORRA, J.M. (2003). "El karst en yeso de Sorbas". *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 83 p.
- [11] CALAFORRA, J.M.; BARRANCO, P.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; GÁZQUEZ, J.A.; LÓPEZ-CHICANO, M.; MARTÍN-ROSALES, W.; MOLINA, L.; PULIDO-BOSCH, A.; RUÍZ-PORTERO, M.A.; SÁNCHEZ-MARTOS, F.; TINAUT, A.; VALLEJO, A. y VERGER, J. (2000). "El Proyecto Feder-Sorbas: estudio de las limitaciones ambientales en el uso turístico de cavidades (Karst en yeso de Sorbas, Almería)". *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología* (Santiago Pérez, Martínez García y Mayoral Valseira, eds.), 81-85. Ronda.
- [12] CAMACHO, A.I. (1998). "La vida animal en el Mundo Subterráneo: Habitantes de las Grandes Cuevas y Simas de España". En "Grandes Cuevas y Simas de España" (Puch, C. ed., Espeleo Club de Gràcia. Barcelona, 19-46.
- [13] CIGNA A.A. (1993). "Environmental management of tourist caves. The examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy". *Environmental Geology*, 21(3): 173-180.
- [14] DAVIC, R.D. y WELSH JR., H.H. (2004). "On the ecological roles of Salamanders". *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 35: 405-434.
- [15] DE BIE, P. (2004). "Protección de las cuevas y respeto al medio subterráneo: algunas ideas y sugerencias". Presentación PDF publicada en Internet. Federación Flamenca de Espeleología.
- [16] EKMEKÇI, M. y GÜNAY, G. (1997). "Role of public awareness in groundwater protection". *Environmental Geology*, 30 (1/2). pp. 81-87.
- [17] GENTY, D. et al. (2004). "Datation U/Th et 14C (AMS) des stalagmites de la grotte Chauvet (Ardèche, France). intérêt pour la chronologie des événements naturels et anthropiques de la grotte" *C.R. Palevol* 3: 629-642.
- [18] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y MARÍN, J.C. (1994). "La Cueva del Agua. Iznalloz - Granada". *Diputación Provincial de Granada*, 100 p.
- [19] GRUPO DE INVESTIGACIONES ESPELEOLÓGICAS DE JEREZ (GIEX) (1999). "Limpieza de la Cueva de las Motillas. Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz-Málaga)". *Andalucía Subterránea*, 13: 28-35.
- [20] HERRERO-BORGOÑÓN, J.J. (2003). "Importancia de las cavidades subterráneas para la conservación de la flora en ambientes mediterráneos". *Bol. Soc. Esp. Espeleol. y Ciencias del Karst (Sedeck)*, 4: 6-11.
- [21] HILDRETH, V. (2005). "Minimum impact caving code". [www.caves.org](http://www.caves.org).
- [22] HOYOS, M.; SOLER, V.; CANAVERAS, J.C.; SANCHEZ-MORAL, S. y SANZ-RUBIO, E. (1998). "Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo Cave, northern Spain)". *Environmental Geology* n° 33 (4). pp. 231-242.
- [23] HUPPERT, G.N. (1995). "Legal protection for caves in the United States". *Springer-Verlag GmbH*. Vol. 26, n° 2. pp. 121-123.
- [24] KAÇAROĞLU, F. (1999). "Review of groundwater pollution and protection in karst areas". *Rev. Water, Air and Soil Pollution* n° 113. pp. 337-356.
- [25] LAMOREAUX, P.E.; POWELL, W.J. y LEGRAND, H.E. (1997). "Environmental and legal aspects of karst areas". *Environmental Geology* n° 29 (1/2). pp. 23-36.
- [26] LERA, T. (2001). "The ultimate International Cave and Bat Environmental Law Website". *UIS Cave Mineralogy Commission Speleothem Protection and Conservation Working Group*.
- [27] MADERO, A. (2002). "Las aguas subterráneas como valor ecológico". *IGME. Madrid*, 233-237.
- [28] MAGUIRE, B. (1960). "Lethal Effect of Visible Light on Cavernicolous Ostracods". *Science*, 3421: 226-227.
- [29] MANGIN, A.; BOURGES F. y D'HULST D. (1999). "La conservation des grottes ornées: un problème de stabilité d'un système naturel (l'exemple de la grotte préhistorique de Gargas, Pyrénées françaises)". *C.R. Acad. Sci. Paris. Sciences de la Terre et des Planètes*, 328 : 295-301.
- [30] MARIMUTHU, G. y CHANDRASHEKARAN, M.K. (1983). "Continuous light inside a cave abolishes the social synchronization of the circadian rhythm in a bat". *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 12 (4): 321-323.
- [31] MAYORAL-VALSERA, J. (1997). "Campañas de limpieza en el Complejo Hundidero-Gato". *Boletín del CPCE*: 6-7.
- [32] MAYORAL-VALSERA, J. (1998). "Voluntariado medioambiental en la espeleología andaluza". En "Voluntariado Ambiental. Participación y conservación del Medio Ambiente" (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía., ed.), 133-139.
- [33] MELGAR, J. (1991). "Otro peligro de la espeleo: los gases tóxicos". *Andalucía Subterránea*, 10: 85-88.
- [34] MIGENS, E.; QUETGLAS, J. y IBÁÑEZ, C. (2000). "Los murciélagos cavernícolas en Andalucía Occidental y sus problemas de conservación". *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología*. (Santiago Pérez, Martínez García y Mayoral Valseira, eds.), 47-52. Ronda.
- [35] MORENO-ROSA, A. (1996). "Espeleología versus Arqueología". *Andalucía Subterránea*, 12: 31-39.
- [36] NATIONAL SPELEOLOGICAL SOCIETY, INC. (2005). "Fragile underground". [www.caves.org](http://www.caves.org).
- [37] NORTHUP, D.E.; LAVOIE, K.H. (2001). "Geomicrobiology of Caves: A Review". *Geomicrobiology Journal*, 18: 199-222.
- [38] ORTIZ-COMERMA, J. (1997). "Incidencia de los elementos de iluminación en la oscuridad". *Actas del 7º Congreso Español de Espeleología* (Federació Catalana d'Espeleologia, G.I.R.E.S. Sesrovires, eds.), 43-56.
- [39] ORTIZ-COMERMA, J. y FRAGA, J. (1992). "Desperdicios en la oscuridad". *Actas del VI Congreso Español de Espeleología*, 241-250. La Coruña.
- [40] ORTIZ-COMERMA, J. (1990). "Alteraciones en la oscuridad". *Actas del V Congreso Español de Espeleología*, 173-178. Camargo (Santander).
- [41] QUINDÓS, L.S.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, N.; FERNÁNDEZ, P.L.; GUTIÉRREZ, I.; SOLANA, J.R.; SOTO, J. y VILLAR, E. (1987). "Study of the environmental variables affecting the natural preservation of the Altamira Cave paintings located at Santillana del Mar, Spain". *Atmospheric Environment*, 21(3): 551-560.
- [42] RAMÍREZ-TRILLO, F. (1992). "Espacios Naturales Protegidos y karst en Andalucía. Estado de la cuestión". *Actas del VI Congreso Español de Espeleología*, 257-270. La Coruña.
- [43] RICHTER, A.R.; HUMPHREY, S.R.; COPE, J.B. y BRACK V. (1993). "Modified cave entrances: thermal effect on body mass and resulting decline of endangered Indiana Bats (*Myotis sodalis*)". *Conservation Biology*, 7(2): 407-415.
- [44] RODRÍGUEZ-VIDAL, J.; ALVAREZ, G.; CÁCERES, L.M.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, A.; ALCARAZ, J.M.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; RIQUELME, J.A.; RECIO, J.M.; NÚÑEZ-GRANADOS, M.A.; RODRIGO, J.M.; MOLINA, J. y MORENO, A.B. (2003). "Registro sedimentario del cuaternario reciente en la cueva de La Sima, Sierra Norte de Sevilla". *Bol. Soc. Esp. Espeleol. y Ciencias del Karst (Sedeck)*, 4: 80-87.
- [45] SANAHUJA, E. (2002). "Artropofauna de las cavidades subterráneas". *Berig*, 6: 62-64.
- [46] SÁNCHEZ-MARTOS, F.; CALAFORRA CHORDI, J.M.; GONZÁLEZ RÍOS, M.J. (2000). "Experiencias con visitas controladas en el laboratorio subterráneo de la Cueva del Agua (Iznalloz, Granada)". *Actas del I Congreso Andaluz de Espeleología*. Santiago Pérez, Martínez García y Mayoral Valseira, eds.), 87-92. Ronda.
- [47] SCHABEREITER-GURTNER, C.; SAIZ-JIMENEZ, C.; PINAR, G.; LUBITZ, W. y ROLLEKE, S. (2002). "Altamira cave Paleolithic paintings harbor partly unknown bacterial communities". *FEMS Microbiology Letters*, 211: 7-11.
- [48] SIMMS, M.J. (1994). "Emplacement and preservation of vertebrates in caves and fissures". *Zoological Journal of Linnean Society*, 112: 261-283.
- [49] VENI, G. (1999). "A geomorphological strategy for conducting environmental impact assessments in karst areas". *Geomorphology*, 31: 151-180.
- [50] VESELIC, M. (2003). "Protection of groundwater in classical karst systems". *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 33 (4): 327-332.
- [51] ZAPATER, V. (1992). "Impacto ambiental de las vías de circulación en las zonas kársticas". *Actas del VI Congreso Español de Espeleología*, 251-256. La Coruña.

LAS CAVIDADES MÁS LARGAS DE ANDALUCÍA

DESARROLLO SUPERIOR A 1500 m				(metros)
1	SISTEMA CUEVA DEL AGUA	Sorbas	Almería	8681 (*)
2	COMPLEJO HUNDIDERO-GATO	Montejaque-Benaolán	Málaga	7818
3	CUEVA ARROYO DE LA RAMBLA	Peal de Becerro	Jaén	7500 (*)
4	SIMA DEL AIRE	Tolox	Málaga	6485 (*)
5	SIMA GESM	Tolox	Málaga	5934 (*)
6	CUEVA DE NERJA	Nerja	Málaga	4823
7	COMPLEJO MOTILLAS	Cortes y Jerez de Frontera	Cádiz-Málaga	4751
8	SISTEMA COVADURA	Sorbas	Almería	4245
9	CUEVA DE D. FERNANDO	Castril	Granada	2833 (*)
10	COMPLEJO DE LA ARAÑA	Málaga	Málaga	2342
11	GRUTA DE LAS MARAVILLAS	Aracena	Huelva	2130
12	CUEVA DE LA PILETA	Montejaque	Málaga	2000
13	SIMA DE LA BEATA	Valdepeñas de Jaén	Jaén	1903
14	CUEVA DEL TESORO	Sorbas	Almería	1890
15	COMPLEJO DE LA CUERDA	Málaga	Málaga	1864
16	CUEVA DEL YESO	Baena	Córdoba	1843
17	CUEVA FUENTE DEL PERAL	Sorbas	Almería	1800
4	SIMA PRESTA	Tolox	Málaga	1720 (*)
19	CUEVA DE LOS ORGANOS	Mollina	Málaga	1600
20	SISTEMA REPUBLICANO-CABITO	Villaluenga del Rosario	Málaga	1600
21	CUEVA DE DOÑA TRINIDAD	Ardales	Málaga	1577
22	CUEVA DEL TESORO	Rincón de la Victoria	Málaga	1513
23	CUEVA DE LOS APAS	Sorbas	Almería	1500 (*)

LAS CAVIDADES MÁS PROFUNDAS DE ANDALUCÍA

DESNIVEL SUPERIOR A 150 m				(metros)
1	SIMA GESM	Tolox	Málaga	-1110 (*)
3	SIMA PRESTA	Tolox	Málaga	-805 (*)
2	SIMA DEL AIRE	Tolox	Málaga	-655 (*)
4	SIMA DE MANOLO PEREZ	Montejaque	Málaga	-311
5	SIMA DEL POZUELO I	Montejaque	Málaga	-284
6	SIMA REPUBLICANO-CABITO	Villaluenga del Rosario	Cádiz	-256
7	CUEVA DE DON FERNANDO	Castril	Granada	-241 (*)
8	SIMA RASCA	Antequera	Málaga	-225
9	SIMA DE LA NAVA	Parauta	Málaga	-220
10	SIMA DE LEMUS	Valdepeñas de Jaén	Jaén	-216
11	SIMA LC-15-LC-28	Quesada	Jaén	-213
12	COMPLEJO HUNDIDERO-GATO	Montejaque-Benaolán	Málaga	210
13	SIMA DE VILLALUENGA	Villaluenga del Rosario	Cádiz	-194
14	HOYO HUNDIDO	Huelma	Jaén	-186 (*)
15	SIMA DEL HORNILLO	Ronda	Málaga	-184
16	CUEVA DEL AGUA	Iznalloz	Granada	-180
17	SIMA DEL TESORO O CAMORRA	Cabra	Córdoba	-173
18	SIMA MAJA BLANQUILLA	Larva	Jaén	-172
19	SIMA LA CAÑADA DE LA SALA	Igualeja	Málaga	-170 (*)
20	SIMA DE ALCOJONA	Parauta	Málaga	-170
21	SIMA DE LAS GRAJAS	El Gastor	Cádiz	-164
22	SIMA DE RAJA SANTA	Atarfe	Granada	-163
23	SIMA DE LA BEATA	Valdepeñas de Jaén	Jaén	-162
24	SIMA NUEVA DEL POZUELO	Montejaque	Málaga	-162
25	COMPLEJO MOTILLAS	Cortes y Jerez de Frontera	Cádiz-Málaga	-157
26	SIMA DE FUENTE ALHAMA	Luque	Córdoba	-155
27	SIMA CES-5	Villaluenga del Rosario	Cádiz	-155
28	SIMA DEL PINAR NEGRO	Santiago de la Espada	Jaén	-155
29	SIMA MANOLO CUATRO PICOS	Siles	Jaén	-152
30	SIMA KARST	Montejaque	Málaga	-152 (*)

(\*) en exploración

Desarrollo

Profundidad

IV. KARST Y CAVIDADES DE ANDALUCÍA

Introducción al Karst y Cavidades de Andalucía

(Manuel J. González Ríos, José M. Calaforra)

En el presente Capítulo se han seleccionado 12 áreas kársticas andaluzas de especial relevancia desde el punto de vista de la conservación de nuestro Patrimonio Kárstico. No son todas las posibles, pero sí pueden suministrar al lector una idea clara de la gran importancia que las cavidades y el karst tienen en nuestro paisaje. La mayor parte de ellas, se incluyen bajo alguna figura de protección declarada por la Junta de Andalucía, lo cual también da idea de la gran importancia ambiental que se le concede a las cavidades y sus contenidos geológicos y biológicos en el ámbito de la conservación del medio ambiente. Esta protección ha sido realmente posible gracias al tesón de muchos grupos espeleológicos que, desinteresadamente, han explorado y dado a conocer el gran patrimonio natural que Andalucía conserva en su subsuelo.

Reflejo de la incesante labor espeleológica andaluza son las 30 cavidades exploradas que ya superan los 150 m de profundidad y los 24 sistemas kársticos que tienen más de 1.5 km de galerías topografiadas. Todo un mundo subterráneo de intrincados pasadizos y grandes pozos que permanece oculto a la mayor parte de nosotros. Desde Sima GESM -la cavidad más profunda de Andalucía con -1.101 m de desnivel- situada en el Parque Natural de la Sierra de las Nieves, hasta la Cueva del Agua en el Paraje Natural del Karst en yeso de Sorbas -con cerca de 9 km de laberínticas galerías- se expande un inmenso mundo subterráneo todavía por explorar.

Sin duda alguna, la continuación de las investigaciones espeleológicas en todo el territorio aportará nuevos e interesantísimos datos para el conocimiento integral de las grandes cavidades andaluzas.



Figura IV. 1 Situación de las cavidades y entornos kársticos más significativos de Andalucía





12

## CAVIDADES DE LA SIERRA DE LAS NIEVES

JOSÉ A. BERROCAL PÉREZ

ROGELIO FERRER MARTÍN

GRUPO DE EXPLORACIONES SUBTERRÁNEAS DE LA SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MÁLAGA

MANUEL JESÚS GUERRERO SÁNCHEZ

SECCIÓN ESPELEOLÓGICA MARBELLÍ

**D**urante los últimos treinta y cinco años más de un centenar de cuevas y simas han sido exploradas, a día de hoy, en la Sierra de la Nieves por un nutrido grupo de espeleólogos andaluces, principalmente. Con todo, esto es solo un inicio de las potencialidades de esta Reserva de la Biosfera y el trabajo debe continuar.

Nos tenemos que remontar a mayo de 1971 cuando se plantea la primera actividad de prospección con la intención de localizar la misteriosa sima Honda de la que los lugareños de los pueblos circundantes a la sierra hablaban como una sima "que no tiene fondo" [1]. Sin embargo, sus apenas 135 metros de desnivel han sido superados con creces por otras simas descubiertas posteriormente y de entre las que destacan Sima GESM con una profundidad de 1.101 metros, Sima del Aire con 645 y casi 7.000 metros de galerías y la prometedora Sima Prestá que ya ronda los quinientos metros de desnivel. En todas ellas continúan las exploraciones.

### SIMA GESM, PRIMER 1000 ESPAÑOL

**A**sí ha pasado a la historia de las exploraciones esta singular cavidad, como la primera sima de -1000 metros explorada íntegramente por un equipo español, hazaña nunca antes conseguida. Pero como toda gran cavidad aún conserva misterios por desvelar.

En septiembre de 1972, mientras se exploraba sima Honda un grupo de los más jóvenes del GESM se dedicó a "patear" el entorno en busca de otras cavidades. Una sima de apenas cinco metros con una estrecha gatera en su fondo ocupó su tiempo. Estos espeleólogos eran: Federico Ruiz, Francisco Gutiérrez y José María Verdugo. Después, en la campaña de 1973, simultáneamente a la exploración de sima Honda, un nuevo equipo abordó la continuación de esta sima. Eran, en este caso, Federico Ruiz, Loreto Wallace y José María Verdugo.

#### Historia de las exploraciones

La historia de esta sima va muy unida a la Sima Honda, gracias a la dificultad que ofreció su localización y al empecinamiento de los

socios del Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga. He aquí una breve cronología de su descubrimiento:

**1971.** En mayo, los espeleólogos José Luis Bellido y José Antonio Berrocal pertenecientes al G.E.S. de Málaga, junto a Juan Checa, amigo montañero, organizaron una travesía de la sierra para localizar la legendaria Sima Honda. Conocen a Pedro Flores Gil, hijo del famoso bandolero Pedro Flores Arocha, que servirá de guía en las sucesivas visitas a la zona.

En octubre de este año, otros miembros exploraron en la sierra la Sima de las Grajas, pasando muy cerca de Sima Honda, pero sin ser descubierta.

**1972.** El día 1 de junio, cinco componentes del G.E.S.M. guiados por Pedro Flores Gil, guarda de las antenas de Radio Ronda, cercanas al Cortijo de los Quejigales, anduvieron por las inmediaciones del Pico Torrecilla buscando de nuevo Sima Honda, pero sin resultado alguno. Se efectuó la exploración de la Sima de la Nieve, -30 m de profundidad, llamada así por contener hielo en su fondo.

Sima GESM, red lateral inferior (foto: Víctor Ferrer)

Los días 8 y 9 de septiembre, acompañados por el mismo guarda, se exploraron cavidades como Las Turquillas, -32 m, y la Sima de Pedro Flores. Por fin se consigue localizar Sima Honda.

Quince días más tarde se vuelve a Sima Honda para su exploración descendiendo hasta la cota de -40 m. También se localiza alrededor de ésta Sima Bambi, -5 m; Torca del Pirata, -15 m; Sima de la Piedras, -8 m; y, en el fondo de una dolina, un pequeño pozo al que se le calculó -6 m y se le denominó Sima G.E.S.M. sin prestarle más importancia.

**1973.** El 30 de abril, miembros del GESM con la colaboración de los GEOS de Sevilla, Estándar Eléctrica de Madrid y la Sección Espeleológica Marbellí, intentaron continuar la exploración de Sima Honda, pero sin lograr superar la cota de -40 m anteriormente conseguida debido a la gran caída de piedras procedentes de la acumulación en la primera rampa. Paralelamente se comenzaron en Sima GESM los trabajos de desobstrucción hasta alcanzaron las cotas -60 y posteriormente -140 metros.

Del 8 al 15 de septiembre, el Grupo de Exploraciones Subterráneas de Málaga organizó una expedición, participando la S.E. Marbellí

Descanso en el transporte de material, Sima GESM 75 (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)



y el Círculo Gibralfaro de la OJE, con un total de 29 miembros de la expedición y subvencionados por la Diputación de Málaga. La exploración de Sima Honda se realizó con el empleo de un torno mecánico y se tocó fondo a la cota de -132 m, sin solución de continuidad, al estar obstruido por rocas encajadas. Esta cavidad representó en su tiempo la mayor caída libre de Andalucía.

En esta campaña se estudiaron un total de 15 cavidades. Mientras otro grupo penetró en Sima GESM alcanzando la cota de -280 m, y en un segundo intento alcanzaron la cota de -315 m.

**1974.** La II Campaña de Sima GESM se realizó entre los días 8 y 18 de agosto. Al igual que las anteriores, fue organizada por el GESM y participaron la S.E. Marbellí, el GEOS de Sevilla, Grupo de Priego de Córdoba, Grupo Espeleológico de la OJE y Espeleo-Club de Málaga y, como en campañas anteriores, fue patrocinada por la Diputación Provincial. Continuaron explorando a partir de la cota -315 m; en dicha cota se montó un vivac, se descendió el pozo de 60 m y se alcanzó la cota de -420, en lo que hoy en día se conoce como la Vía Lateral; al regreso se descubrió una pequeña ventana que daba a un pozo de -40 m en la que penetraron 3 espeleólogos y llegaron a la cota de -520 m y, sin tocar fondo, regresaron al vivac de -300 m; tras descansar, se retornó a la superficie.

**1975.** Se organizó lo que se conoce como III Expedición a Sima GESM, subvencionada al igual que la anterior por la Diputación de Málaga, realizándose entre los días 6 y 12 de julio, bajo la organización del GESM y ayudados por el Espeleo-Club de Málaga.

Los 15 miembros participantes de la tercera expedición se dividieron en tres equipos, uno compuesto por tres espeleólogos que constituían el grupo de punta y se dedicarían a la exploración e instalación de pozos. Los otros dos equipos restantes estarían de apoyo y encargados de montar la línea telefónica interna, topografiar y fotografiar. En superficie quedaba otro equipo de cuatro componentes que haría labores de intendencia y comunicaría partes diarios a los familiares de los miembros a través de la valiosa colaboración de Radio ICONA.

A pesar de que el material era voluminoso y pesado, por lo que la progresión era lenta, el tercer día se consiguió la cota del año anterior. La exploración se detiene ante una asombrosa vertical que sondeada se le estima un desnivel de más de 150 m y se le denomina a este pozo Paco de la Torre. A los seis días y diez horas sale el primer espeleólogo del grupo a la superficie, habiendo alcanzado la cota de -646 m.

Paralelamente la S.E. Marbellí, GEAR de Ronda, GEPF de Fuengirola y SEOF de Fuengirola realizan una campaña topográfica, entre los días 15 y 29 de agosto. Se topografía hasta la cota de -500, y también se hace levantamiento topográfico de las simas y cuevas encontradas en esos días como Raja de las Cántaras, Tubo del Humo, Cueva de la Mariposa, Sima Rufus, etc.

**1976.** En este año, entre los días 7 y 22 de agosto, se organiza la IV Expedición, estableciendo la Diputación de Málaga, que era la patrocinadora, una nueva norma: que cualquier grupo de la provincia podía participar. Esta imposición fue establecida a última hora, con lo que originó una falta de organización y coordinación. Finalmente se contó con la S.E. Marbellí, GEAR y Polideportivo de



Ascenso por escalas del Pozo 115 (foto: J. Enrique Sánchez)

Equipo de exploración Sima GESM 75 (foto: GES de la Sociedad Excursionista de Málaga)



# Sima GESM

TO-2 Tolox (Málaga)  
Alzado desarrollado

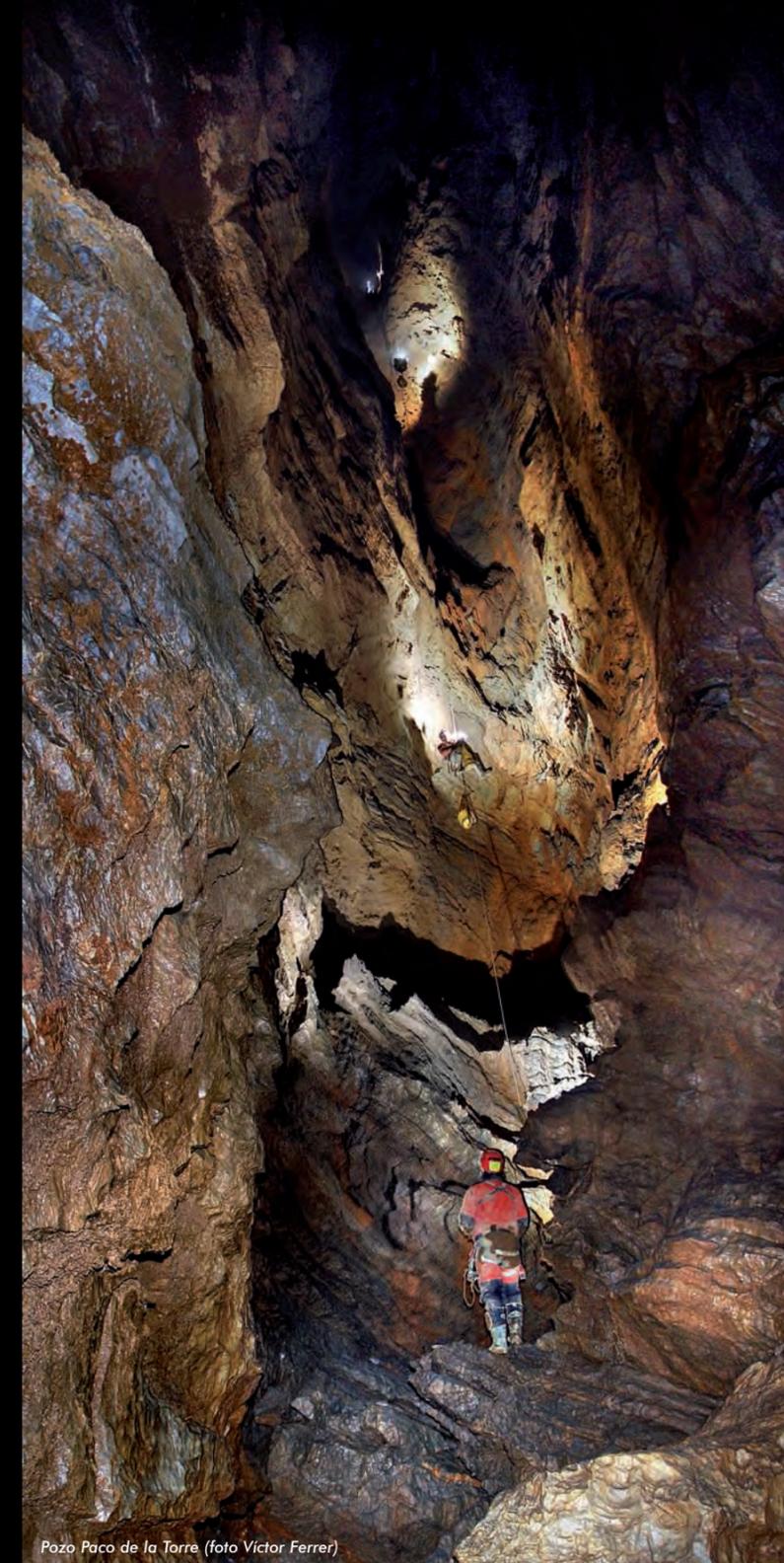
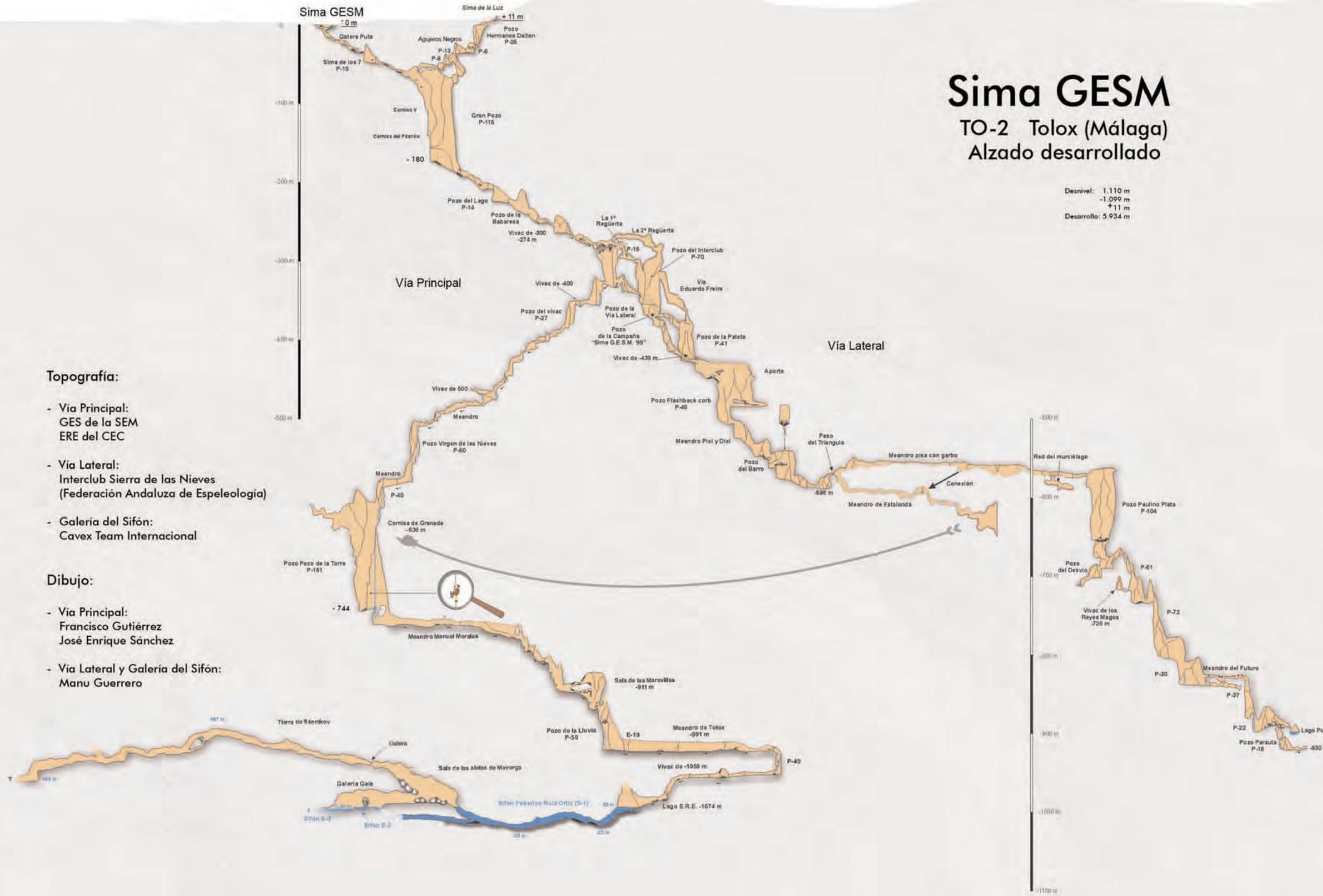
Desnivel: 1.110 m  
-1.009 m  
+11 m  
Desarrollo: 5.934 m

**Topografía:**

- Via Principal:  
GES de la SEM  
ERE del CEC
- Via Lateral:  
Interclub Sierra de las Nieves  
(Federación Andaluza de Espeleología)
- Galería del Sifón:  
Cavex Team Internacional

**Dibujo:**

- Via Principal:  
Francisco Gutiérrez  
José Enrique Sánchez
- Via Lateral y Galería del Sifón:  
Manu Guerrero



Pozo Paco de la Torre (foto Victor Ferrer)



Descanso en la exploración de Sima GESM 73 (foto: GES de la Sociedad Excursionista de Málaga)

Sima GESM, cabecera Pozo 115 (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)



Fuengirola, con un total de 20 personas, suspendiéndose la expedición en la cota de -300 m, por problemas físicos y psíquicos de los componentes de la misma, causados por la improvisación y la falta de compenetración. A pesar del fracaso, la experiencia sirvió para la campaña del 77 en los aspectos de organización y exploración de grandes cavidades.

**1977.** Al igual que en el año 1975, se realizaron dos campañas totalmente independientes. La primera, denominada "Expedición Topográfica Sima GESM 77", se realizó entre los días 30 de Julio al 13 de Agosto y contó con la participación del Grupo SUEL de Fuengirola, Grupo de Campillos, Unión Excursionista de Elche, Grupo Espeleológico Iliberis y Grupo Espeleológico Granadino. Se continúa con la topografía de la cavidad, retomado la cota de -409, (que fue el final de la campaña Topográfica 75) hasta la cabecera del Pozo Paco de la Torre que se intenta bajar hasta la Cornisa Granada, pero una vez más se detiene la exploración ante la falta de material y la enorme profundidad del pozo.

La V Campaña del Grupo de Exploraciones Subterránea de la Sociedad Excursionista de Málaga (antiguo GESM), se realizó entre el 1 y 11 de septiembre y en ella participaron, el ERE del Centro Excursionista de Cataluña y el Centro Excursionista de Alicante, aunque estos últimos tan sólo estuvieron presentes los primeros días. Para este descenso se pasó del método tradicional a la llamada técnica alpina de exploración, es decir, de la escalerilla metálica al uso de una sola cuerda. Esta nueva técnica dio sus frutos positivos al alcanzar en tan sólo tres jornadas la cabecera del Pozo Paco de la Torre a pesar de haber tenido que cambiar todos los anclajes, aunque la inexperiencia de este nuevo método provocó el accidente de uno de los miembros a -40 m, con fisura de la pelvis. Aún así se logra descender el impresionante pozo de -158 m en caída libre, continuándose en su base 200 m más por un sinuoso meandro al que llamaron Manuel Morales; no obstante, no se completó el recorrido, llegando la punta de exploración, hasta la cota de -827 metros.

En esta expedición se levanta el plano topográfico que da un desnivel de -820 m, por lo que Sima GESM adquiere importancia mundial, ya que existe probabilidad de alcanzar un desnivel de -1000 m.

Equipo que hizo punta en el lago ERE, Sima GESM 78 (foto: GES de la SEM)



Entre tanto existen enfrentamientos entre las diferentes expediciones, a causa de una corrección de datos que situaba la cota explorada en -940 metros comprobándose después que su cota real era de -709.

**1978.** Entre los días 15 y 28 de Julio, se realiza un campaña de exploración, en la que participan miembros del GAEA de Baena, GEA Campillos, GES Cartagena, GES Elche, GE Iliberis Granada, Espeleo-club Valencia, SEE Mainake y GE Suel Fuengirola.

Durante la campaña se exploró desde la cota de -827 m hasta la Sala de las Maravillas situada en la cota de -939 m, donde abandonaron la exploración por falta de cuerda.

Por otra parte, la VI Campaña a Sima GESM es organiza por el GES de la SEM de una forma escrupulosa y metódica, desde la alimentación del exterior y del interior de la sima, hasta la puesta a punto de los equipos participantes con preparación física y salidas a otras simas para mayor compenetración. En esta precampaña que se realiza en el mes de agosto se instala Sima GESM hasta la cota de -900 m.

En septiembre del mismo año, entre los días 2 y 10, con la participación de 9 miembros del GES de la SEM y otros 6 del ERE del CEC, penetran en la cavidad instalando un vivac en la base Paco de la Torre -807 para desde aquí atacar con mejores garantías la sima.

La función de estos equipos era de seguir explorando y a la vuelta topografiando como principal objetivo. También realizaron labores de reparación de la línea telefónica, topografía de vías laterales y mediante trazadores, averiguación cuál era la surgencia de Sima GESM.

Por fin se descubre el Lago ERE y el sifón, comprobándose que era imposible la continuidad. Se coloca una placa conmemorativa y se regresa al vivac para preparar el ascenso al exterior.

Se redacta la siguiente nota de prensa:

"A las 2:45 horas de hoy, día 6 de septiembre de 1978, los miembros de la VI Campaña Sima GESM 78 han escrito una página memorable en el libro de oro en la espeleología mundial. A dicha hora, el equipo de punta de esta expedición, alcanzó el denominado Lago ERE, lugar en el que acaba el recorrido de la Sima GESM.

En dicho lago se establece la cota de 1.074 metros, con lo que la cavidad se coloca en la primera nacional y la cuarta mundial en lo que se refiere a profundidad.

Hay que hacer constar, que si bien esta cota ha sido alcanzada materialmente por seis espeleólogos, hay que tener en cuenta igualmente a todos los que de una forma u otra han contribuido en esta o en anteriores campañas a los logros conseguidos.

La jornada de trabajo para alcanzar esta profundidad comenzó a las 21:00 horas de ayer día 5, culminando el regreso al campamento base de -800 m a las 11:30 horas del día 6. El trabajo ha sido duro y sobre todo agotador debido a las características tan peculiares de la cavidad, a base de meandros muy estrechos y de pozos con cascadas que caen sobre los espeleólogos.

En resumidas cuentas, se puede hablar de un completo éxito de la expedición, pues por primera vez un equipo de espeleólogos españoles exclusivamente, alcanza los 1.000 m de profundidad en primera exploración.

Igualmente, se ha confeccionado la topografía completa y un reportaje fotográfico, así como toma de otros datos. A las 14:00 horas del día 6, los componentes del equipo de punta descansan en perfectas condiciones en el campamento de -800 m antes citado, recuperando energías para la salida que se tiene prevista para el viernes día 8 al mediodía o primera hora de la tarde.

Queremos poner en conocimiento de los habitantes de Yunquera y Tolox, que siendo una de las pruebas científicas realizadas el coloreado del lago que impide la progresión por la cavidad, pudiera ocurrir que uno de los manantiales de las zonas antes indicadas tomaran una tonalidad verde, por lo que rogamos a quien pudiera apreciar este fenómeno, lo comunique al puesto del ICONA más cercano, indicando lugar, fecha y hora, para que éste lo transmita a nuestro poder, recalando que dicho color verde es totalmente inofensivo, no impidiendo su utilización normal".

**1979.** Después del rotundo éxito obtenido, se preparó la VII Campaña Sima GESM 79, que se realizó entre los días 6 y 13 de

Buceo del sifón final de Sima GESM (foto: GES de la Sociedad Excursionista de Málaga)



septiembre. Los objetivos fueron confirmar la profundidad de la sima y explorar el sifón. Para ello el GES de la SEM contó por primera vez con la colaboración internacional de miembros de la Federación Francesa y de la Federación Belga de Espeleología. También participaron miembros del G.E. Granadinos.

Entre los belgas y españoles se instaló hasta el fondo y posteriormente hizo la entrada un último equipo con los dos buceadores y un malagueño. El resultado de la inmersión fue la exploración de 200 m de sifón alcanzando los 24 m de desnivel, con lo que se coloca la sima en -1.098 m [2].

El equipo submarinista francés estuvo a punto de sufrir un mortal accidente. Mientras avanzaban por el sifón, muy arcilloso y con poca visibilidad, uno de ellos se detuvo a instalar el hilo guía. El segundo tropezó con el primero y con su mano le arrancó el regulador. Éste soltó inmediatamente el hilo guía para colocarse el regulador. Durante varios minutos estuvieron buscando el hilo guía entre el agua perturbada y en una sección de galería de 3 x 1 metros.

**1986.** Se celebra en Barcelona el 9º Congreso Internacional de Espeleología y dentro de las actividades postcongreso se celebraron diferentes visitas a cavidades españolas y entre ellas a Sima GESM.



Sima GESM, punta de exploración en la vía lateral a -850 m (foto: Manu Guerrero)

En la década de los 80, la sima es visitada por distintos grupos, pero sin aportar nuevas exploraciones.

**1989.** El GES de la SEM organiza una nueva expedición con el objetivo de superar el sifón terminal. Cuando ya se encontraba todo listo y después de tres intensos meses de duro trabajo, donde participaron unos ochenta espeleólogos de todo el estado, una fuerte tormenta lleva al traste con la expedición. Los espeleólogos abandonan todo el material y sufren una penosa ascensión hacia la superficie.

**1990.** Se retoman los trabajos de la expedición del año anterior, con el inconveniente de que gran parte del material ha sido destruido por el intenso año de lluvias. Esto obliga volver a instalar pozos, recuperar botellas para cargarlas de aire e introducirlas de nuevo en la sima. Para esto se necesitan seis meses de expedición continua. Estos objetivos son abordados por un colectivo de cuarenta espeleólogos. El resultado fue la exploración de parte del sifón, descendiendo 27 m de profundidad y 200 m de recorrido, desde el lago ERE, con lo cual situaba la cota de -1.098 m de la VII campaña a -1.101 m. Se logró superar el sifón, alcanzándose nuevas galerías, lo que supuso bucear un sifón a más de -1000 m por un equipo español. Lo anecdótico es que tal trabajo queda reflejado en el Libro Guinness de los Récord de aquel año. La expedición finalizó en el mes de noviembre con la recogida de material y la limpieza de la cavidad. Se extrajeron un total de cuatrocientos sesenta kilos de basuras, recogida principalmente desde -500 metros [3].

**1994.** Otra expedición organizada por el GES de la SEM escaló buscando la cabecera del Gran Pozo (P-115), con la intención de

comunicar con el exterior. El resultado fue la exploración de los llamados Agujeros Negros, diversos conductos y galerías fósiles, alcanzando un desarrollo de más de 200 m.

**1998.** En abril, la S. E. Marbellí comienza la reinstalación de la sima y coincide con la expedición del Interclub Sima GESM que se organiza para la ocasión, formada por un rosario de grupos tanto andaluces como nacionales. Tenía como objetivo reinstalar la sima, crear una ficha técnica totalmente fiable, recogida de las basuras abandonadas por las anteriores exploraciones y buscar nuevas galerías. La S.E. Marbellí instaló hasta -400.

**1999.** Se desarrolló la segunda fase de la campaña del Interclub, donde se sacaron 150 kilos de material de desecho; se termina de reinstalar y completar la ficha técnica.

**2002.** En mayo, la Asociación Internacional de Exploraciones Subterráneas (Cavex) intenta franquear el sifón del lago ERE buceando más de 400 metros de sifón sin lograr encontrar la galería que años antes explorara Gutierrez Mayorga. Se bate de nuevo el récord del mundo de buceo a esa profundidad. Al mismo tiempo se realizan varias escaladas y se encuentran nuevas galerías.

Pozo de los 7, Sima GESM (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)



# SIMA DEL AIRE (TO-61)

## Sierra de las Nieves ( Tolox - Málaga )

### GES de la SEM



#### Topógrafos:

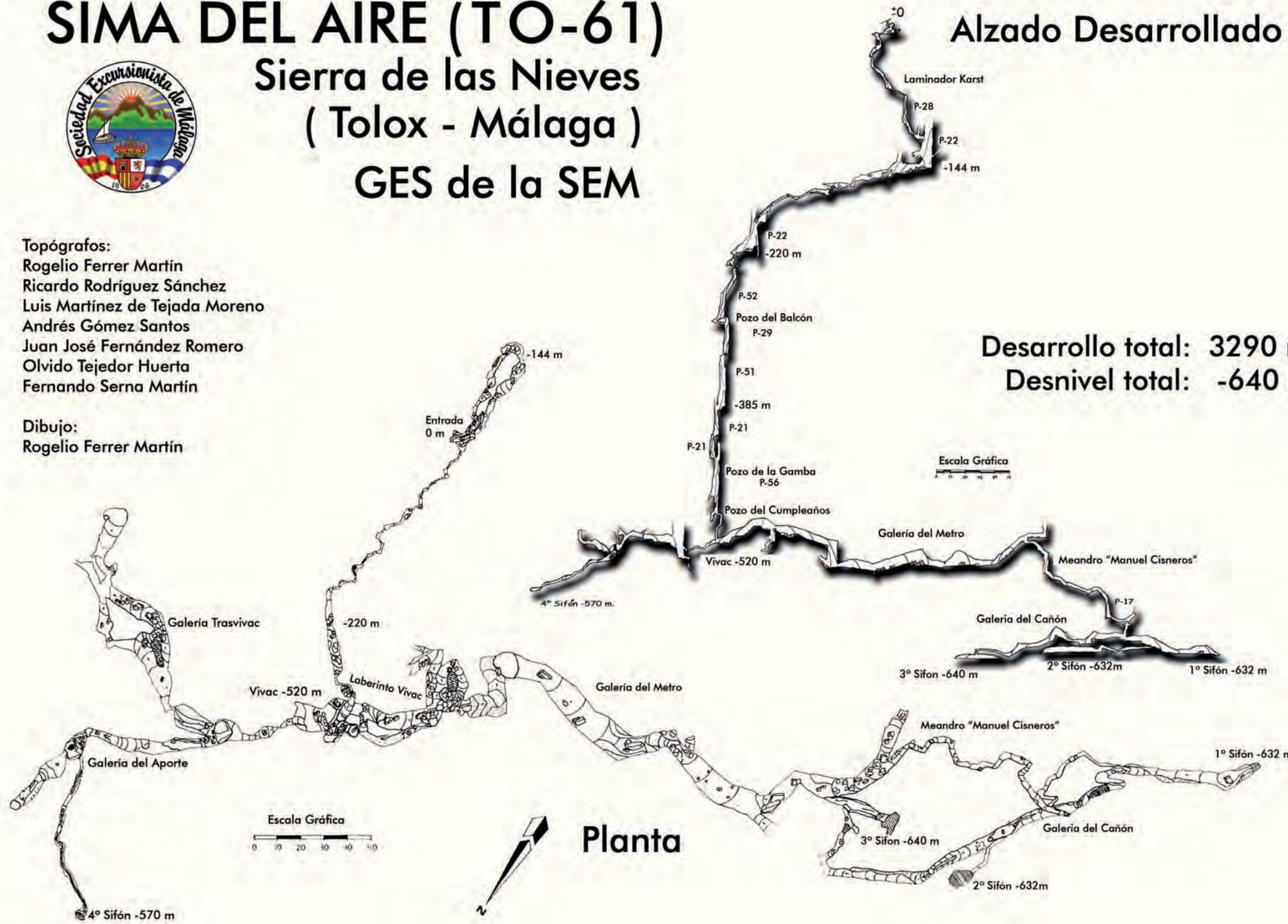
- Rogelio Ferrer Martín
- Ricardo Rodríguez Sánchez
- Luis Martínez de Tejada Moreno
- Andrés Gómez Santos
- Juan José Fernández Romero
- Olvido Tejedor Huerta
- Fernando Serna Martín

#### Dibujo:

Rogelio Ferrer Martín

### Alzado Desarrollado

**Desarrollo total: 3290 m**  
**Desnivel total: -640 m**



Un mes más tarde una expedición belga, en la que la S. E. Marbellí también participó, baja a 1.074 solamente con iluminación eléctrica basándose en diodos "leds". Aunque hace tiempo que se utiliza por los espeleólogos la luz eléctrica (sobre todo por los ingleses), es la primera expedición que toca fondo, única y exclusivamente, con este tipo de luz.

En septiembre, la S. E. Marbellí y el Grupo Espeleológico Alhaurín el Grande, siguiendo el ejemplo del Grupo Cavex, retoma los trabajos de limpieza de la cavidad, recogiendo la basura que faltaba desde la cota de -612 hasta la calle y limpiando el Vivac de -400. El resultado fue de 78 kilos de basura, cantidad insignificante para lo que queda desde -600 hasta el fondo.

#### Una segunda vía

**2003.** La Sección Espeleológica Marbellí junto con el Grupo Espeleológico Alhaurín el Grande organiza una nueva campaña en el mes de agosto. Con el fin de revisar unas cuantas incógnitas encontradas en la campaña anterior, el día 2 de agosto se decide penetrar por la Vía Lateral, en la cual, tras superar un paso, se descubren nuevos pozos.

Se crea el Interclub Sierra de las Nieves que cuenta con la participación de varios clubes andaluces que ayudan en la expedición y se desciende hasta la cota de -622 m donde un impenetrable paso detiene la exploración. Tras una escalada de 15 m se desobstruye un estrecho paso llamado Paso del Triángulo.

**2004.** Una nueva campaña de exploración es organizada por el Interclub Sierra de las Nieves, se lleva a cabo entre los días 23 de julio al 5 de agosto. Se explora nuevas vías descubiertas en el año anterior, dando como resultado La Vía Colateral, la Regüerta 1 y 2. Por su parte La Vía Lateral sigue su vertiginoso descenso después de superar el Meandro de Fatalandá hasta conectar con el pozo Paco de la Torre. Sobre este discurre un meandro bautizado como Meandro Pisa con Garbo, por su inestable suelo de piedras sueltas, que conecta con otro gran pozo que se queda a falta de explorar [4].

**2005.** Una nueva campaña, bajo el patrocinio de la Consejería de Turismo Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía, continúa la exploración por un conjunto de pozos y meandros hasta la nueva cota de 898 metros de profundidad quedando nuevamente detenidas las exploraciones ante un pozo que no se puede bajar por falta de material y ser ya final de campaña. Se han añadido por esta vía casi dos mil metros más de nuevas galerías.

#### SIMA EL AIRE

La prospección sistemática llevada a cabo durante años por Rogelio Ferrer dio un buen día con un "agujero soplador". Lo único malo es que apenas cabía la mano por él y fueron necesarias cientos de horas de agotadoras tareas de desobstrucción antes de que este espeleólogo pudiera explorar sus primeros metros [5].

La historia de las exploraciones en la Sima del Aire se inicia en el año 1993, como consecuencia directa de los trabajos de prospección que se llevaron a cabo en la Sierra de las Nieves a comienzos de la década de los años 90. Los planteamientos que impulsaron esta nueva estrategia en las prospecciones de

superficie y por tanto de este nuevo descubrimiento, provienen de los resultados aportados por las expediciones y actividades de exploración que se llevaron a cabo en Sima G.E.S.M. en el periodo comprendido entre los años 1980 a 1990.

La información obtenida durante esta década fue determinante, ya que nos hizo cambiar y adoptar nuevos planteamientos, respecto de los que se barajaban hasta ese momento, en especial los relacionados con los puntos de surgencia de Sima G.E.S.M., como podían ser el caso de la Surgencia del Duende o la de Río Verde.

La rectificación de la proyección de la planta de Sima G.E.S.M. publicada por nosotros en la revista "Monografías Subterráneas" nº 3, obligó a plantearnos la posibilidad de conexión entre Sima G.E.S.M. y otro fenómeno espeleológico que estaba cobrando gran interés en otro punto lejano de la sierra, como era el caso del Sifón de los Zarzalones, y no hacia los puntos de emisión que tradicionalmente se barajaban y que estaban mucho más próximos, como lo eran las surgencias anteriormente mencionadas.

Ante esta nueva posibilidad donde se vislumbraba un complejo de mayor desarrollo y mucho más profundo, decidimos en colaboración con el Instituto Geominero de España realizar un

trazado químico en el año 1.989 para confirmar esta nueva teoría de conexión entre Sima G.E.S.M. y el Sifón de Zarzalones, dando resultados positivos la conexión.

Fue entre los años 1989 y 1990 y basándonos en la información obtenida de los trazados, cuando el Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga, abordó dos complejas y potentes expediciones pioneras en nuestro país, donde se intentaría explorar más allá de lo conocido tanto en Sima G.E.S.M. como en Zarzalones. Los resultados de aquellas expediciones donde colaboraron un importante colectivo de espeleólogos venidos de diferentes partes del estado, fueron por un lado y en el caso del Sifón de Zarzalones, el aumento del desarrollo y profundidad hasta el límite de los equipos convencionales de buceo entorno a los -62 metros (récord andaluz de profundidad y segundo nacional). Y en el caso de la Sima G.E.S.M. buceo del Sifón del Lago E.R.E. a - 1.098 metros (primer equipo español que realizaba una inmersión de este tipo), descubriendo que tras el sifón (el mayor del mundo a esta profundidad) aparecían nuevas galerías de amplias dimensiones, que confirmaban la continuidad de la sima.

Fue en ese mismo año y con toda la información obtenida, cuando decidimos cambiar las direcciones de búsqueda sobre la superficie de la sierra, para centrarlas en el eje Sima G.E.S.M. - Sifón de



Sima del Aire (foto: Francisco Aguilar)

Zarzalones, al tiempo que se adoptaban nuevas técnicas para organizar una prospección eficiente y sistemática. El objetivo principal de esta nueva mecánica en las prospecciones era el de intentar localizar en esa parcela de terreno que existe entre el sifón y la sima, una nueva entrada que nos permitiese interceptar el teórico circuito subterráneo existente entre ambos.

El hecho de apostar por una prospección sistemática y a largo plazo, estaba condicionada por las grandes limitaciones que aparecieron tras las expediciones del año 89-90, donde el coste económico, técnico y humano para explorar tanto en Sima G.E.S.M. como en Zarzalones, redujo drásticamente nuestras opciones de exploración una vez respondidas a las cuestiones sobre la continuidad en ambos sistemas.

En el año 1991 dio comienzo la prospección de las zonas seleccionadas bajo nuevos criterios y planteamientos de búsqueda, iniciándose una nueva época cargada de incertidumbre pero a la vez ilusionante y esperanzadora.

La Sima del Aire fue localizada a mediados de 1993 en la zona que denominamos como zona 3 (Cañada de las Carnicerías), y situada entre el eje Sima G.E.S.M.-Zarzalones. Su exploración resultó ser

laboriosa y tremendamente compleja por la cantidad de pasos estrechos y dificultades que se vencieron. Aunque la sima aún está en exploración y es pronto para asegurar que estemos ante la conexión deseada entre Sima G.E.S.M. y Zarzalones, nos podemos permitir el ser moderadamente optimistas ante los resultados positivos obtenidos tras el vertido químico realizado en colaboración con el departamento de Geología de la Universidad de Málaga.

Los resultados que aporta en la actualidad la Sima del Aire tras un largo período de exploraciones es un desnivel máximo de -648 metros y un desarrollo que supera los 6.500 metros, situándola en la segunda y tercera de nuestra comunidad en las respectivas categorías, presentando además una morfología única donde se unen un desnivel y un desarrollo importantes. El censo de galerías que en la actualidad se han explorado es de unas 80 galerías, 34 de las cuales presentan incógnitas.

Durante la campaña de 2005 se ha explorado el sifón de la Campana a -650 metros y se ha unido al sifón Negro en un intento de buscar nuevas galerías en ese camino soñado hacia Zarzalones. Todos estos datos, evidencian el gran potencial espeleológico que presenta este nuevo descubrimiento a medida que avanzan las exploraciones.

Galería en Sima del Aire (foto: Rogelio Ferrer)



**SIMA PRESTÁ**

La insistencia en las prospecciones, por parte del GES de la SEM, llevó nuevamente en la Semana Santa de 2004, a topar con un pequeño agujero soplador que una vez ampliada su boca se manifestó como una gran cavidad vertical de morfología similar a sima GESM. Su enorme verticalidad hizo albergar esperanzas sobre su profundidad.

Una dificultad, por estrechamiento, detuvo la exploración a -110 metros en el Meandro Sondeín. Una vez superado este y en apenas tres exploraciones se alcanzaron los 320 metros de profundidad. Sin embargo una zona denominada "Crítica" fue muy difícil de explorar ya que se trata de una acumulación de bloques inestables que ponen en grave peligro a los espeleólogos que transitan la zona. Fue necesario buscar una instalación alternativa que no toque estos bloques. En la actualidad se está en los 470 metros de profundidad, aunque la topografía solo alcanza hasta - 375 metros [6].

Estamos ante la tercera sima por desnivel de Andalucía y que añade el valor de encontrarse situada entre sima GESM y sima del Aire, las tres grandes simas de Andalucía además del mayor y más profundo sifón de nuestra comunidad, lo que ayuda al conocimiento de la espeleología de esta parte de la Sierra de Ronda y la peculiaridad de su abundante cavernamiento.



Meandro -250 m Sima Prestá (foto: Rogelio Ferrer)



Pozo Irene en Sima Prestá (foto: Rogelio Ferrer)

**REFERENCIAS**

- [1] BERROCAL, J. A. y WALLACE, L. (2002). "Guía de las cuevas de Málaga". Ed. CEDMA, Málaga. 279 pp.
- [2] GES de la SEM, (1983). "La sima GESM (-1098 m)". Monografías Espeleológicas, 4, (GES de la SEM ed.). Málaga.
- [3] GUTIÉRREZ-MAYORGA, J. A. (2003). "Sima GESM 1990. Buceo a -1000 del sifón final". Rev. Monografías Espeleológicas, 5: 55-58, CEDMA, Málaga.
- [4] GUERRERO-SÁNCHEZ, M. J. (2004). "Cuevas, simas y barrancos de la Sierra de las Nieves". Ed. La Serranía. Málaga. 300 pp.
- [5] FERRER, R. (2003). "La Sima del Aire (Tolox, Sierra de las Nieves)". Monografías Espeleológicas, 5: 59-68, CEDMA, Málaga.
- [6] FERRER, R. (2006). "Memoria de las exploraciones en la Sierra de las Nieves" Inédito.

FRANCISCO CARRASCO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA - CONSEJO CIENTÍFICO ASESOR DE LA FUNDACIÓN CUEVA DE NERJA

CRISTINA LIÑÁN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CUEVA DE NERJA

BARTOLOMÉ ANDREO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

JUAN JOSÉ DURÁN

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

La Cueva de Nerja es una de las cavidades kársticas más singulares de Andalucía. Sus características geológicas y arqueológicas la sitúan como un punto de interés de gran valor patrimonial en el contexto andaluz, debido a la espectacularidad de sus salas, con abundantes y variados espeleotemas, su yacimiento arqueológico y pinturas rupestres [3]. Todo ello, junto con la situación geográfica, en un enclave turístico por excelencia, hace que sea uno de los lugares más visitados de la Costa del Sol y, al mismo tiempo, una importante fuente de riqueza para la comarca.

### EL ENTORNO DE LA CUEVA DE NERJA

La Cueva de Nerja se encuentra en la estribación meridional de la sierra Almijara, que presenta un relieve abrupto, muy escarpado, con altas montañas cercanas al mar surcadas por profundos barrancos perpendiculares a la línea de costas. Pertenecen al Parque Natural de las Sierras Tejeda-Almijara-Alhama.

En el lugar donde la sierra Almijara conecta con el mar Mediterráneo se ha originado una costa acantilada, con pequeñas playas y calas de reducidas dimensiones, que constituye un enclave privilegiado de gran belleza paisajística: el Paraje Natural de los acantilados de Maro-Cerro Gordo [2].

La región está situada en la Zona Interna de la Cordillera Bética. En ella afloran materiales metamórficos pertenecientes al complejo Alpujarride y sedimentos detríticos postorogénicos continentales y marinos ([1][7]). La cueva está ubicada en mármoles dolomíticos alpujarrides del manto de Almijara. Los mármoles son de edad Trías medio, de color blanco o gris, presentan un tamaño de grano medio a grueso, están muy diaclasados y a veces tienen textura sacaroidea, por lo que se disgregan con facilidad y originan "arenales".

En el sector de la Cueva de Nerja, los mármoles presentan una estructura sencilla, casi tabular, buzando unos 20° hacia el Sur.

Esta estructura queda limitada al sur por fallas de dirección WNW-ESE y NW-SE, que han jugado un papel muy importante en la estructuración de la región y que son las responsables del levantamiento de la sierra Almijara durante el Plioceno y el Cuaternario.

Los materiales alpujarrides están cubiertos, discordantemente, por depósitos pliocénicos y cuaternarios en los que también se han dejado notar los efectos de la actividad neotectónica. La acumulación de brechas y conglomerados en los abanicos aluviales del sector costero está en consonancia con el levantamiento que ha experimentado el borde Sur de la sierra Almijara desde el Mioceno a la actualidad [1].

La fracturación del macizo se ha formado con posterioridad a la estructuración en mantos de los materiales alpujarrides. Su edad está comprendida entre el Mioceno inferior y la actualidad, con posibles máximos en el Mioceno medio y superior. Las familias de diaclasas de direcciones NE-SW a NNE-SSW y NW-SE a NNW-SSE han facilitado la circulación del agua y la disolución de la roca, lo que explica que la mayor parte de las galerías de la cueva tengan aproximadamente esas direcciones [1].

Los mármoles alpujarrides son permeables por fisuración y karstificación y constituyen un acuífero, cuya alimentación se produce por la infiltración del agua de lluvia caída directamente sobre el afloramiento de los materiales permeables y, en menor

Acantilados de Maro-Cerro Gordo. En el escarpe de la carretera se observa una falla del borde meridional de sierra Almijara (foto: Francisco Carrasco Cantos)

# PERSPECTIVA TRIDIMENSIONAL INFOGRÁFICA



Recorrido de la zona visitable:.....	209,55 m
Altura de la gran columna de la Sala del Cataclismo:.....	32,00 m
Desarrollo topográfico de la cavidad:.....	4.823,00 m
Superficie total:.....	35.484,00 m <sup>2</sup>
Volumen total:.....	264.379,33 m <sup>3</sup>
Desnivel:.....	67,95 m -32,99 y + 34,96

TOPOGRAFÍA: G.E.S. de la S.E.M.  
 INFOGRAFÍA: ÁNGEL JIMÉNEZ



medida, por la infiltración de la escorrentía superficial, en el curso medio de los ríos que la atraviesan. La descarga se produce en el borde meridional, de modo visible a través de manantiales -entre los que destaca el de Maro-, de surgencias difusas en el curso bajo de los ríos y, de forma oculta, hacia los materiales detríticos neógeno-cuaternarios y hacia el mar. También se producen bombeos en las perforaciones existentes [8][12]).

La Cueva de Nerja está situada actualmente en la zona no saturada del acuífero, por encima del nivel piezométrico, debido a la actividad neotectónica y a las variaciones del nivel del mar. Los espeleotemas epiacuáticos indican que la cueva estuvo parcialmente inundada y ponen de manifiesto el descenso relativo sufrido por el nivel freático como consecuencia de la elevación de la sierra Almijara.

de grandes dimensiones, ocupan un volumen de unos 300.000 m<sup>3</sup> y siguen una orientación aproximada Norte-Sur, adaptadas a las principales direcciones de fracturación.

El conjunto de la cavidad se divide, a efectos prácticos, en dos zonas bien diferenciadas:

- **Sector habilitado al turismo**, denominado Galerías Bajas o Galerías Turísticas, que corresponde al tercio más meridional de la cueva. Las galerías están orientadas en sentido N 35° E, con un eje principal de unos 250 metros de longitud y se encuentran constituidas por una sucesión de salas y divertículos, separados por edificios de espeleotemas.
- **Resto de la cavidad**, denominado Galerías Altas y Galerías Nuevas, que constituye los dos tercios más internos de la cueva. Es el sector no habilitado al turismo, de orientación general Norte-Sur aunque, en el detalle, muestra un trazado laberíntico y constituye una sucesión de grandes salas, separadas por pequeñas porciones de mármoles, caos de bloques o grandes volúmenes de reconstrucciones litoquímicas.

En la zona visitable, desde la entrada, se suceden las siguientes salas:

- **Sala del Vestíbulo**, en la que se han llevado a cabo excavaciones que han permitido conocer el registro estratigráfico y arqueológico de los últimos 20.000 años, es decir, desde el Paleolítico Superior [9]. En el estrecho pasadizo excavado para facilitar el acceso a la cueva se observan los mármoles alpujarrides y depósitos de carbonatos de espeleotemas en capas horizontales.
- **Sala del Belén**, en la que destaca una cornisa con gran profusión de coladas, columnas, estalagmitas y estalactitas. En el camino hacia zonas más internas de la cueva existe un bloque de mármol dolomítico blanco bastante recristalizado, de tamaño de grano medio-grueso, muy diaclasado, con las fracturas cerradas.
- **Sala del Ballet o de la Cascada** El centro de la sala está ocupado por una columna de más de 15 metros de altura y el techo está ornamentado con múltiples estalactitas, algunas de ellas de grandes dimensiones, así como cornisas en las que se inician diferentes coladas. Es el decorado natural del escenario de los Festivales de la Cueva de Nerja. En esta sala existen una serie de gours en forma de cascada. También se puede observar el mármol sobre el que se ha desarrollado la cavidad, que presenta un estado avanzado de disgregación intergranular.
- **Sala de los Fantasmas**. En el techo existen varias fracturas que delimitan un bloque de dimensiones métricas. Al final de la sala hay un estrangulamiento ocasionado por la existencia de un caos de bloques, sobre los que se ha formado un edificio estalagmítico, denominado El Castillo.
- **Sala del Cataclismo**. Se caracteriza por sus dimensiones, con una gran columna central de 32 metros de altura y un volumen de casi 3000 m<sup>3</sup>. En esta sala es particularmente destacable la existencia de columnas, estalactitas y

## DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

La entrada a la Cueva de Nerja está situada a 158 m de altitud y a 800 m de distancia de la línea de costa actual. Es una cueva de desarrollo horizontal, con unos 750 metros de longitud y un desnivel máximo de 68 m, de manera que se encuentra situada entre las cotas 127 y 195 m s.n.m. Tiene tres bocas de entrada, dos torcas naturales subcirculares y, próxima a ellas, una entrada artificial habilitada en 1960, un año después del descubrimiento, para el acceso de las visitas. Sus salas y galerías,



Galerías Altas. Sala de las Columnas de Hércules. Al fondo, las dos grandes formaciones que le dan nombre a la sala (foto: Manuel Ferrer)

estalagmitas tumbadas, algunas de ellas de grandes dimensiones, sobre las que crecen otras en posición vertical. Dataciones absolutas han permitido obtener la edad de unos 800.000 años para un evento sismotectónico que pudo originar la caída de los espeleotemas [6]. En esta sala se encuentra la formación del Órgano, constituida por banderas parietales paralelas, de grandes dimensiones, decoradas con diversos motivos (animales y signos) de arte rupestre [10].

El sector no habilitado al turismo comienza con pequeñas salas y galerías (Sala de la Cocina, de los Peces, Laberintos), la mayoría con excelentes muestras de arte rupestre paleolítico. Posteriormente se suceden cuatro grandes salas:

- **Sala de las Columnas de Hércules** adyacente a la del Cataclismo, conocida por las sociedades pleistocenas, como muestra la existencia de pinturas rupestres.

- **Sala de la Inmensidad**, de grandes dimensiones. En su parte inferior se encuentra la Galería de los Niveles, cuyo nombre responde a la existencia de cristalizaciones epiacuáticas que marcan las antiguas variaciones del nivel del agua en el interior de la cavidad.

- **Sala de la Lanza**, en la que destaca la gran estalactita caída del techo y clavada en el suelo, así como una impresionante columna y la presencia de extensiones importantes de arenas dolomíticas procedentes de la disgregación intergranular de los mármoles dolomíticos.

- **Sala de la Montaña**, también de grandes dimensiones, con un gran caos de bloques en su zona central.

## GÉNESIS DE LA CUEVA DE NERJA

La génesis de la cueva se inició con posterioridad a la estructuración de la Cordillera Bética. A lo largo del Mioceno medio y superior fueron erosionados los materiales que recubrían al manto de Almijara, hasta que los mármoles quedaron expuestos a los procesos de disolución por el agua de infiltración que circulaba a través de las numerosas diaclasas y superficies de estratificación del macizo rocoso. El ensanchamiento progresivo de estas discontinuidades originó las grandes salas de la cueva.

En el Plioceno, la cueva se encontraba próxima a los puntos de descarga natural del acuífero y pudo permanecer parcialmente inundada. En el Pleistoceno, la región estuvo sometida a frecuentes e importantes variaciones climáticas. Se han determinado varios periodos de mayor importancia en el crecimiento de los espeleotemas [5], que coinciden básicamente con los últimos estadios isotópicos de carácter cálido (9, 7, parte del 6, 5 y 1).

Durante el tránsito Pleistoceno-Holoceno se inició el relleno de la entrada actual de la cueva, con materiales procedentes del exterior. En el Holoceno continuó la sedimentación química en el interior de la cueva y la detrítica en las proximidades de su entrada.

## EL TURISMO EN LA CUEVA DE NERJA. PARÁMETROS AMBIENTALES

Desde su apertura al turismo, en el año 1960, es una de las cuevas turísticas más visitadas de España, con una media aproximada de 500.000 visitantes por año. La distribución mensual de visitantes presenta valores mínimos en los primeros y últimos meses del año (entre 11.000 y 20.000 personas/mes) y

máximos en el mes de Agosto (entre 90.000 y 120.000 personas/mes). En las Galerías Altas y Nuevas sólo se realizan visitas esporádicas de investigadores y grupos guiados de espeleoturistas.

Para el estudio de los parámetros ambientales de la Cueva de Nerja y el conocimiento de las modificaciones producidas por las visitas existe una red de sensores [4], cuyo registro se inició en el año 1986. Se controla la temperatura y humedad relativa del aire, temperatura de la roca, presión atmosférica, velocidad del viento, concentración de CO<sub>2</sub> y concentración de Radón. Además se determina la cantidad de polen y el número de visitantes en el interior de la cueva. En el exterior existe una estación meteorológica completa.

La evolución de las temperaturas medias diarias del aire de las diferentes salas de la cueva es muy similar a la de la temperatura exterior (Figura 13.1), con los máximos y mínimos desplazados aproximadamente un mes y con menores rangos y coeficientes de variación. La temperatura del aire en la zona visitable de la cueva, durante casi todo el año, aumenta desde la sala más externa (Sala del Belén) hasta la más interna (Sala del Cataclismo). Los coeficientes de variación de la temperatura son bajos y decrecen hacia las salas más interiores. La mayor diferencia de temperaturas entre las salas se produce durante la primavera. En los meses de verano, en los que la temperatura exterior es mayor que la temperatura del aire de la cueva, se produce la inversión del gradiente térmico y disminuyen las temperaturas medias hacia las salas más internas.

El valor medio diario de la humedad relativa del aire es muy similar en todas las salas de la zona visitable de la cueva. Los valores más

Figura de Ciervo en las Galerías Altas (foto: M<sup>a</sup> Dolores Simón)





Panorámica de la Gran Columna de la Sala del Cataclismo (foto: Agapito Sanchidrián)

altos corresponden a la sala más externa, en la que también son mayores los valores del coeficiente de variación. La evolución temporal pone de manifiesto un periodo seco en los meses de otoño-invierno y un periodo húmedo, con máximos en el verano, en el que casi se alcanza la saturación del vapor del agua en la sala más externa.

Las concentraciones medias diarias de CO<sub>2</sub> en el interior de la zona visitable de la cueva tienen un amplio coeficiente de variación. Los valores mínimos se registran en el periodo de otoño-invierno, de menor visitabilidad, mayor índice de ventilación y menor caudal de goteo, y los máximos en verano, coincidiendo con la época de mayor visitabilidad, menor índice de ventilación y mayor caudal de goteo.

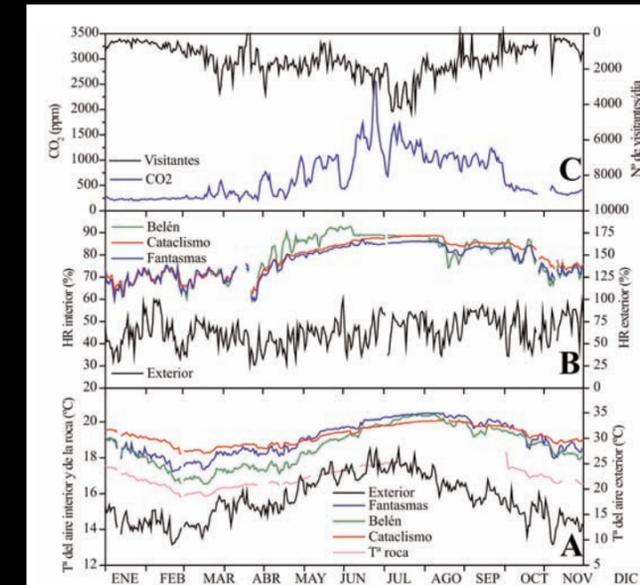


Figura 13.1. Evolución anual de los parámetros ambientales medidos en la Cueva de Nerja. (A) temperatura del aire y de la roca, (B) humedad relativa del aire, (C) concentración de CO<sub>2</sub> del aire en el interior de la cueva y número de visitantes.



Cristalizaciones epikarsticas en la Sala de la Montaña (foto: Manuel Ferrer)

#### REFERENCIAS

- [1] ANDREO, B., CARRASCO, F. y SANZ DE GALDEANO, C. (1993). "Estudio geológico del entorno de la Cueva de Nerja". En: *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 3. Geología de la Cueva de Nerja (F. Carrasco, Ed.), 25-50.
- [2] CARRASCO, F. (1999). "Acantilados de Maro y Cerro Gordo". En: *Patrimonio Geológico de Andalucía*, (J.J. Durán y R. Nucho, Eds.). Enresa, 279-281.
- [3] CARRASCO, F., ANDREO, B., DURÁN, J.J., VADILLO, I. y LINÁN, C. (1998). "La Cueva de Nerja como elemento geológico del patrimonio natural andaluz". IV Reunión Nacional de Patrimonio Geológico (J.J. Durán y M. Vallejo, Eds.), 51-55.
- [4] CARRASCO, F., ANDREO, B., VADILLO, I., DURÁN, J.J. y LINÁN, C. (1999). "El medio ambiente subterráneo en la Cueva de Nerja. Modificaciones antrópicas". En: *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico* (B. Andreo, F. Carrasco y J.J. Durán, Eds.), 323-334.
- [5] DURÁN, J.J. (1996). "Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: Contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental". Tesis doctoral. Univ. Complutense. 409 p.
- [6] DURÁN, J.J., GRÜN, R. y FORD, D. (1993). "Dataciones geocronológicas (métodos ESR y series de uranio) en la Cueva de Nerja. Implicaciones evolutivas, paleoclimáticas y geotectónicas". En: *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 3. Geología de la Cueva de Nerja (F. Carrasco, Ed.), 233-248.
- [7] IGME (1980). "Mapa geológico a escala 1:50.000, Hojas nº 1054 (Vélez-Málaga) y nº 1055 (Motril)". (Instituto Geológico y Minero de España, Ed.), Cartografía geológica Serie Magna. Madrid.
- [8] IGME (1983). "Sistema Acuífero nº 41, calizas y dolomías triásicas de la Sierra Almijara-Sierra de Lújar: Informe técnico nº 10".
- [9] JORDA-PARDO, J.F. (1986). "Estratigrafía y sedimentología de la Cueva de Nerja (Salas de la Mina y del Vestíbulo)". *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 1. La Prehistoria de la Cueva de Nerja (Málaga) (J.F. Jordá, Ed.), 41-97.
- [10] SANCHIDRIÁN, J.L. (1994). "Arte Rupestre de la Cueva de Nerja". *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 4, 332 p.
- [11] SANZ DE GALDEANO, C. (1993). "La fracturación en el entorno de la Cueva de Nerja". En: *Trabajos sobre la Cueva de Nerja*, 3. Geología de la Cueva de Nerja (F. Carrasco, Ed.), 95-114.
- [12] SGOP (1991). "Estudio hidrogeológico de las Sierras Tejada, Almijara y Guájares (Málaga y Granada)". Servicio Geológico de Obras Públicas.



## 14

## EL PALEOKARST DEL CERRO DEL HIERRO

GENARO ÁLVAREZ-GARCÍA  
FERNANDO DÍAZ DEL OLMO  
JOSÉ MOLINA-RODRÍGUEZ

SOCIEDAD ESPELEOLÓGICA GEOS (EXPLORACIONES E INVESTIGACIONES SUBTERRÁNEAS), SEVILLA

**E**l karst de Sierra Morena en el Macizo Hespérico meridional, franja Norte de Andalucía, es uno de los grandes desconocidos de la comunidad autónoma. Sea porque su presencia no es generalizada en el paisaje, sino que se vincula a los afloramientos de dirección NW-SE de las calizas del Cámbrico de la zona de Ossa-Morena o a los retazos dispersos de las formaciones carbonatadas del Devónico; o bien, porque insertos en un paisaje geomorfológico aplanado, no cuentan con la espectacularidad de la montaña de las Cordilleras Béticas. El caso es, que frente a otros karsts de Andalucía, el de las Sierras de Aracena, Norte de Sevilla y de Córdoba, acumulan un cierto retraso en su exploración, reconocimiento e investigación respecto de los demás.

Desde 1989 el Cerro del Hierro forma parte del Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla, con categoría de Zona de Reserva en su Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), y específicamente Monumento Natural de carácter Mixto desde el año 2003, bajo la responsabilidad de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA). Una vez más el geosistema kárstico constituye un elemento fundamental de la conservación de la naturaleza, que rinde servicios ambientales en las diferentes manifestaciones del ecoturismo de los espacios protegidos de la Comunidad Autónoma.

#### BREVE HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

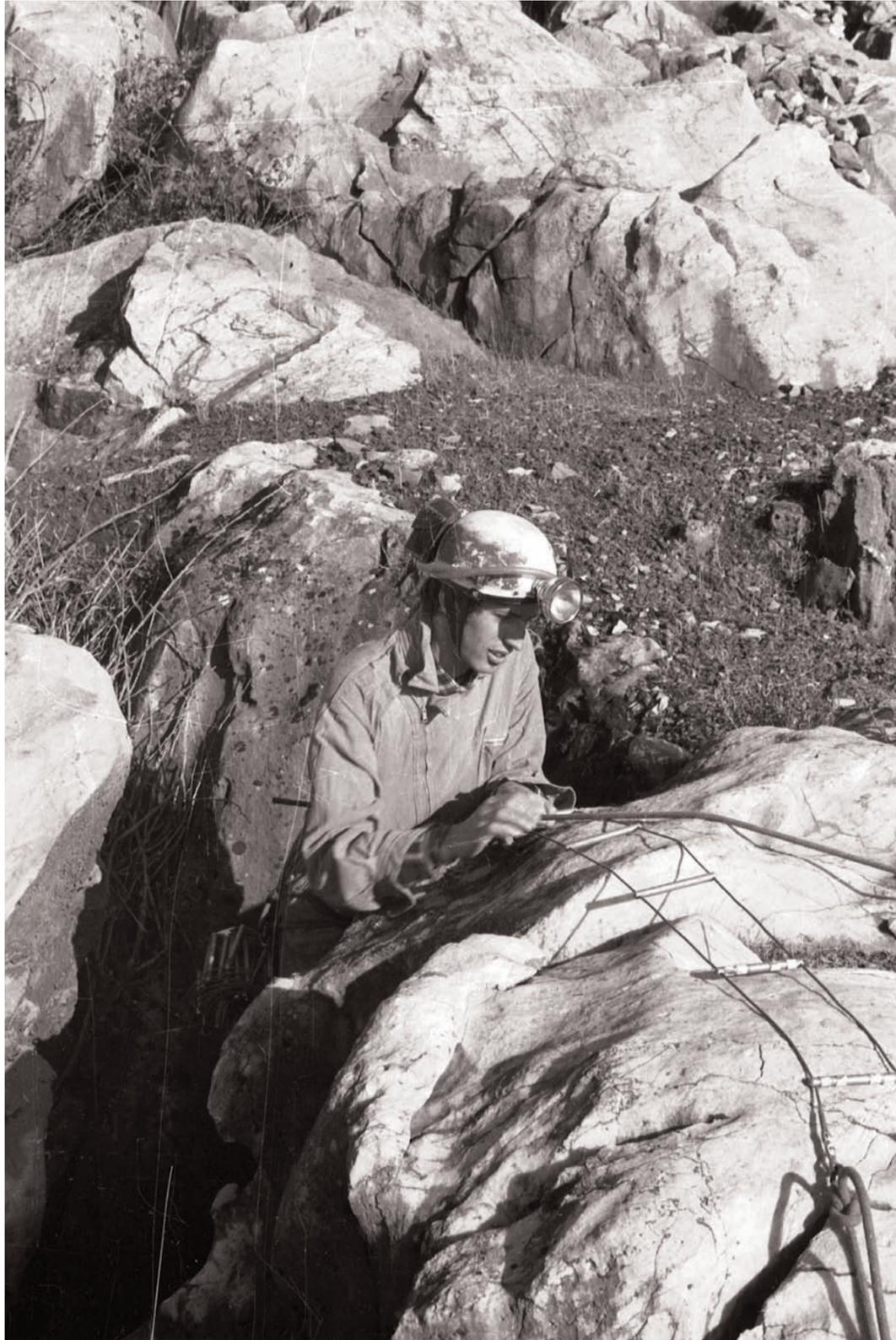
**A** finales del siglo XIX, Gabriel Puig y Larraz [11] ya recogía en su inventario referencias de algunas de las cavidades de Sierra Morena. Son los casos muy conocidos de la Gruta de las Maravillas (Aracena) o de la Peña (Alájar) en Huelva; o la cueva de Santiago (Cazalla de la Sierra) y de San Francisco (Guadalcanal) en Sevilla. Con este exiguo pero significativo bagaje se inicia el conocimiento del karst de Sierra Morena, que, como podemos comprobar por las referencias citadas, tuvo en las grandes cavidades, con salas y galerías algunas inundadas, el foco de atención de los pioneros de la exploración.

Una vez constituida la Sociedad Espeleológica Geos (1962), las primeras exploraciones se dirigirán entre otros macizos, a la Sierra Norte de Sevilla, y lógicamente a la transversal kárstica de

Constantina-Cazalla de la Sierra, ámbito donde la actividad minera asociada al karst de las calizas del Cámbrico ostenta un gran protagonismo geomorfológico. La explotación del Cerro del Hierro, compartido entre los municipios de San Nicolás del Puerto y Constantina, constituirá desde entonces un objetivo de estudio espeleológico. Fruto de estas exploraciones destaca la Sima del Hierro, descubierta en 1974 por miembros de S.E. Geos.

A partir de los años 80 se inicia un lento pero progresivo acercamiento sistemático a este paisaje kárstico, que inmediatamente resaltarán frente a otros por su fuerte carácter paleokárstico, espectacularidad de formas ligadas a la explotación de la mina y sus depósitos minerales asociados. De manera resumida podemos decir que el interés karstológico del Cerro del Hierro se ha

Interior de pozo en la Sima del Hierro a -40 m de profundidad, con paredes erosionadas y abundantes espeleotemas (foto: Sociedad Espeleológica Geos)



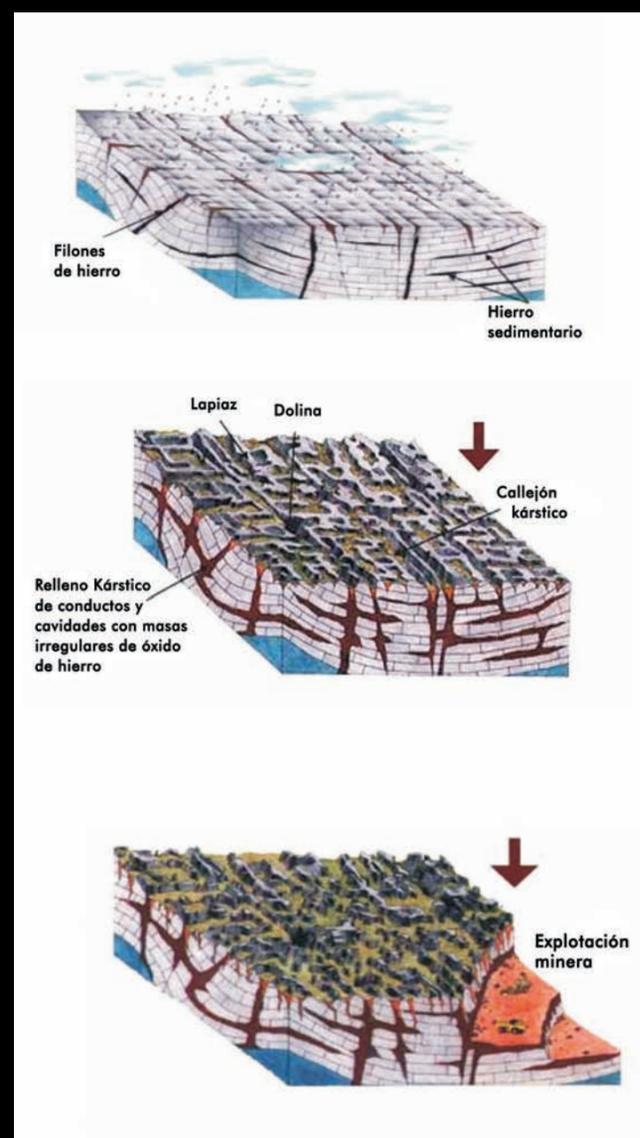
Primeras exploraciones de la Sociedad Espeleológica Geos en la recién descubierta Sima del Hierro (-52 m) en 1974; Inicio del descenso en la misma sima de la fotografía anterior actualmente en fase de estudio (año 2003). Nótese las diferentes técnicas y materiales de exploración espeleológica: en 1974, con escalas y cuerdas dinámicas; y en 2003, con las habituales técnicas alpinas de sólo cuerda estática y anclajes artificiales (fotos: Sociedad Espeleológica Geos)

acometido desde entonces en diferentes temas, tanto en materia de espeleogénesis y topografía, como de estudios integrales del karst [5], relaciones entre procesos kársticos y mineralizaciones ([8][9][10]), karst y evolución del modelado ([2][4][7]), y karst y conservación de la naturaleza [6].

### EVOLUCIÓN KÁRSTICA DEL CERRO DEL HIERRO

**E**l Cerro del Hierro es un afloramiento carbonatado de calizas masivas y dolomías grises junto con pizarras del Cambriano inferior, plegado en una estructura sinclinal de orientación hercínica NW-SE. Todo él constituye un paleokarst integral en gran

Formación del karst del Cerro del Hierro. Esquema interpretativo. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.



parte dismantelado por la actividad minera, lo que permite admirar un paisaje kárstico singular con más de 1.000.000 de m<sup>2</sup> de extensión. La caracterización como paleokarst le viene dada por tratarse de un modelado cuya génesis y evolución, en su mayor parte, no responde a la dinámica de procesos geológicos y geomorfológicos actuales.

Efectivamente, la interpretación evolutiva del Cerro del Hierro se vincula a los diferentes episodios de evolución geológica regional del dominio de Ossa-Morena, tanto en actividad tectónica como de procesos karstológicos.

En tal sentido dos interpretaciones se han planteado para situar cronológicamente el inicio de la karstificación de esta formación carbonatada. Por un lado, la hipótesis que expone el comienzo de la misma durante el periodo Cámbrico (hace 570 millones de años), al detectarse formas kársticas bajo las capas pizarrosas con trilobites del Marianiense inferior-medio [9]. Por otro lado la hipótesis que sitúa la karstificación inicial con posterioridad a la orogenia herciniana, con una última fase relevante durante el Neógeno y Plio-Pleistoceno que modela fundamentalmente las superficies corrosivas kársticas del Cerro y su entorno regional ([4][5][7]). En cualquiera de las dos interpretaciones, puede constatar que se trata de un paleokarst polifásico en su conjunto, cuya evolución ha aportado una importantísima gama de mineralizaciones (barita, hematites, goethita, limonita, oligisto,...) objeto de la explotación minera desde tiempos remotos.

En superficie se observan fenómenos kársticos de pequeño, mediano y gran tamaño. Entre los primeros se identifican lapiazes de criptocorrosión exhumados, mientras que mogotes, corredores o cañones-callejones kársticos y bocas de simas que conectan con el endokarst, se cuentan entre las manifestaciones de mayor volumen. Probablemente mogotes y endokarst configuran el principal activo del paisaje karstológico del Cerro del Hierro.

Los mogotes kársticos, también conocidos en la literatura karstológica como kuppenkarst, son pináculos o torreones de caliza con la cúspide aplanada, que aparecen más o menos aislados unos de otros, resaltando en el paisaje por su volumen morfológico y altura de hasta varias decenas de metros. Dichos pináculos constituyen formas exhumadas del manto de alteración del karst, por la actividad minera en el proceso de aprovechamiento del mineral de hierro.

La génesis de los mogotes se asocia preferentemente a la profundización vertical de los procesos de disolución, los cuales avanzan en condiciones muy ácidas de criptocorrosión. Junto a esta condición principal, dos factores más concurren en la conformación de estos mogotes :

- En primer lugar la existencia de una intensa red de fracturas longitudinales y transversales. Dicha red provoca la preparación de un desarrollo "poligonal" de formas, y de paso posibilita la génesis de corredores y cañones kársticos.
- El mantenimiento de una potente zona vadosa del acuífero, de varias decenas de metros de profundidad, que permite activar la circulación vertical del agua en el endokarst del Cerro y con ello, la apertura de simas y pozos que facilitan la presencia de los mogotes a través del aislamiento de sus paredes.



Detalle de un potente depósito de espeleotema de calcita rojiza habitual en las concreciones del endokarst del Cerro del Hierro. Estas formaciones en el interior de la Sima del Hierro se activan hídricamente en los periodos de lluvias (foto: Sociedad Espeleológica Geos)

Desde el punto de vista de la evolución del relieve del Cerro del Hierro, los mogotes constituyen relieves residuales de la larga evolución geomorfológica de Sierra Morena, dominada por condiciones morfoclimáticas de carácter tropical, lo que acentúa aun más el carácter de paleokarst de este paisaje.

Finalmente los estudios emprendidos sobre el endokarst del Cerro, muestran un complejo sistema bien desarrollado, con una potente zona vadosa con cavidades escalonadas conectadas entre sí a través de pozos de decenas de metros habitualmente interceptando galerías. Un ejemplo, la ahora conocida Sima del Hierro (-52 m)

cuya referencia fue objeto de discusión en 1989 durante la Reunión Hispano-Francesa de Karsts Mediterráneos [5]. Por último, un variado muestrario de espeleotemas de calcita, principalmente en forma de coladas parietales, colgaduras y excéntricas, decoran las paredes de los cavernamientos existentes en el Cerro del Hierro. La importancia de estas manifestaciones para la interpretación paleoclimática, paleoambiental y de episodios de la karstificación de la historia geológica de Sierra Morena esta aún por evaluar, por lo que se hace muy necesario su declaración como elementos de protección integral dentro de las cavidades, habida cuenta de la programación de uso público de este espacio natural.



Mogotes calizo-dolomíticos de más de una decena de metros de altura, con acanaladuras de lapiaz en la parte superior y cavernamientos en las paredes. Obsérvense los rellenos ferruginosos y al fondo las antiguas escombreras del complejo minero (foto: Sociedad Espeleológica Geos)



Concreción parietal, de carbonato cálcico, constituyendo un depósito de más de 60 cm de espesor, que recubre las paredes del fondo del Pozo de Los Cristales, a -52 metros en el interior de la Sima del Hierro. Su génesis se asocia a las aguas sobresaturadas, que en distintas fases inundaron dicho fondo, alcanzando hasta 6 metros de nivel de agua (-46 a -52 metros). En la parte superior de la concreción se advierten grandes cristales de calcita de estructura cristalina romboédrica (foto: Sociedad Espeleológica Geos, Sevilla)

#### REFERENCIAS

- [1] ÁLVARO, J.J.; VENNIN, E.; PEREJÓN, A. y MORENO-EIRIS, E. (1999). "Cronología de los procesos kársticos en los montículos cámbricos del Cerro del Hierro (Zona de Ossa-Morena, Sevilla, SO de España)". *Boletín Geológico y Minero*, 110: 33-39.
- [2] BAENA, R. y DÍAZ DEL OLMO, F. (1988). "Paleokarst de Sierra Morena (Sector Cazalla-Constantina, Hespérico Meridional): superficies de corrosión y poljes". *Cuaternario y Geomorfología*, 2 (1-4): 13-22.
- [3] CASTRO, H. et al. (2003). "Cerro del Hierro". *Monumentos Naturales de Andalucía. Serie Patrimonio Geológico y Geodiversidad* (Consejería de Medio Ambiente, ed.), 265-270.
- [4] DÍAZ DEL OLMO F. (1982). "Geomorfología de Sierra Morena. Estudio del interfluvio de las cuencas fluviales Viar-Ribera de Hueznar". Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 503 p (inédita).
- [5] DÍAZ DEL OLMO, F. (1989). "Paleokarst de Sierra Morena". Reunión Franco-Española Sur les Karst Méditerranéens D'Andalousie Occidentale. (J.J. Delannoy, F. Díaz del Olmo y A. Pulido-Bosch, eds.), 183-218.
- [6] DÍAZ DEL OLMO, F. (2004). "El Cerro del Hierro". *Patrimonio Geológico de Andalucía* (J.J. Durán y R. Nuche, eds.) ENRESA, 496-501.
- [7] DÍAZ DEL OLMO, F.; BAENA, R. y ÁLVAREZ, G. (1994). "Karst y Paleokarst de Sierra Morena (Sector Ossa-Morena, Hespérico Meridional)". *Espeleotemas*, 4: 15-24.
- [8] GARCÍA-VÉLEZ, A. (1979). "Estudio de las Mineralizaciones de origen hidrotermal en la región de Guadalcanal-Cazalla (Sevilla)". *Boletín Geológico y Minero*, 90 (3): 285-293.
- [9] MIRAS, A. y GALÁN, E. (1992). "Las Mineralizaciones de barita del Cerro del Hierro (Sevilla): características mineralógicas y geoquímicas". *Estudios Geológicos*, 48: 91-99.
- [10] MIRAS, A. y RODRÍGUEZ-VIDAL, J. (1990). "Geología y depósitos de barita del Cerro del Hierro (Sevilla)". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13(1): 66-67.
- [11] PUIG Y LARRAZ, G. (1896). "Cavernas y Simas de España". *Est. Tip. de la Viuda é Hijos de M. Tello, Impresor de Cámara de S.M.* 440 p.

## 15

## EL TORCAL DE ANTEQUERA

ANTONIO PULIDO-BOSCH  
 JOSÉ MARÍA CALAFORRA  
 ÁNGELA VALLEJOS  
 JUAN GISBERT

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL", UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

MANUEL LÓPEZ-CHICANO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL", UNIVERSIDAD DE GRANADA

**E**l Torcal de Antequera, en sentido amplio, ocupa una superficie próxima a 28 km<sup>2</sup>. Está situado al sur de la ciudad de Antequera y a unos pocos kilómetros de distancia. En realidad, el macizo que aquí describimos incluiría las sierras de El Torcal, en sentido estricto, y las sierras Pelada y Chimeneas, en donde se localiza el vértice más alto (1377 m s.n.m.).

La densa fracturación, la estructura, la litología, y una climatología favorable han hecho del Torcal de Antequera un de los lugares más singulares del mundo desde el punto de vista morfológico.

Tan singular belleza hizo que El Torcal de Antequera fuese el primer territorio de Andalucía reconocido como espacio natural protegido al ser declarado "Sitio Natural de Interés Nacional" en el año 1929. En 1978 fue calificado como Parque Natural, de acuerdo con la Ley de Espacios Naturales Protegidos aprobada por el Parlamento Español. Actualmente está considerado como Paraje Natural (ley 2/1989, de 18 de julio, del Parlamento de la Comunidad Autónoma Andaluza).

### MATERIALES Y ESTRUCTURA

**E**l macizo está constituido esencialmente por calizas oolíticas, esparíticas y micríticas, con dolomías en la base y una potencia conjunta superior a 600 m. Se trata de materiales jurásicos pertenecientes al Penibético (Figura 15.1). La sierra inmediatamente al Este (de Las Cabras) sería, sin embargo, subbética [5]. Este macizo está plegado y densamente fracturado.

El hecho de que la mayor parte del sector central de la sierra del Torcal tenga una estratificación sensiblemente horizontal y la densa fracturación han dado lugar a formas de particular belleza como el Tornillo o los numerosos corredores que la jalonan ([8][9]).

A pesar de su singularidad kárstica, no se conocen cavidades de desarrollo espectacular -la más grande conocida es la del Toro que tiene una sala con un pozo de 15 m de profundidad en su interior [3], aunque sí son numerosas las simas de desarrollo esencialmente vertical con desniveles que, en algunos casos, superan 200 m (Sima Rasca), aunque lo más usual es que tengan menos de 50 m [1].

Sobre una base de dolomías sacaroideas se sitúa un tramo de calizas intraesparíticas blancas de 60 m de espesor. Le siguen calizas oolíticas y pisolíticas blancas, que constituyen uno de los tramos más representativos del macizo, con más 250 m de espesor.

Formas exokársticas en el Torcal de Antequera generadas por la disolución de la roca carbonática. El paisaje del Torcal de Antequera recuerda a los templos asiáticos. Sobre una disposición horizontal de los estratos se subrayan las fracturas con inclinaciones diversas, las juntas de estratificación, algunas evidencias de lapiaz vertical, y una coronación en pequeñas torres y relieves residuales (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)

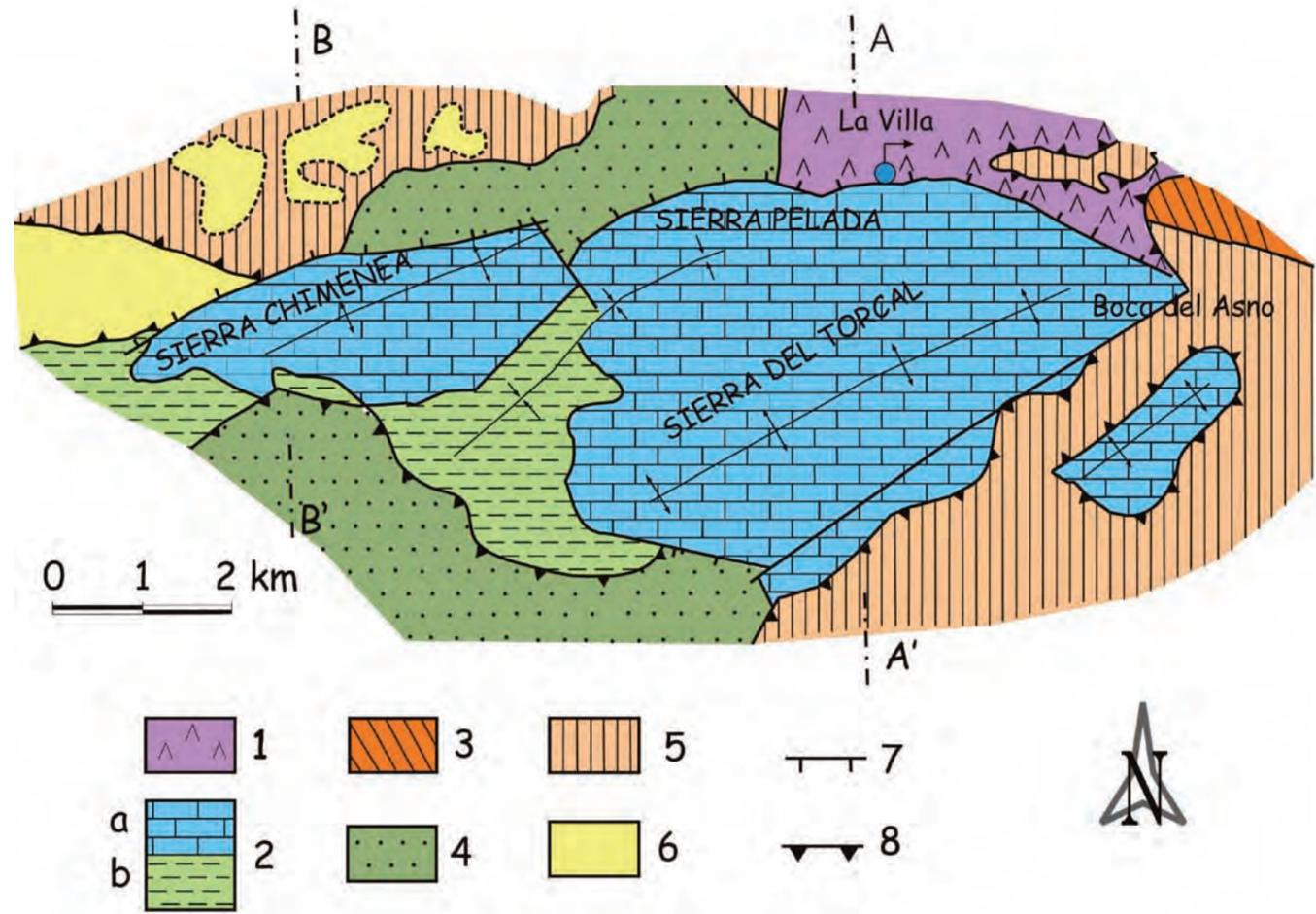


Figura 15.1. Esquema geológico del macizo de El Torcal. (Modificado de Delgado, 1975). 1: Triás de Antequera; 2: a: calizas jurásicas; b: margas cretácicas; 3: Unidad Sierra de las Cabras; 4: Complejo del Águila; 5: Unidades flish; 6: materiales miocenos postorogénicos; 7: falla normal; 8: falla inversa o cabalgamiento. A-A' y B-B' cortes representativos incluidos en la Figura 15.2.

Prosiguen calizas nodulosas rojas de contenido no carbonático variable entre 12 y 25 %. La serie prosigue con un centenar de metros de calizas micríticas blancas que, hacia el techo, pasan a detríticas. Sobre esta serie carbonática reposan materiales cretácicos margosos y margocalizos.

La estructura del Torcal, de manera simplificada, se describe como un pliegue en cofre con eje de dirección sensiblemente Este-Oeste. En realidad, este pliegue encierra a su vez dos anticlinales suaves (Chimenea y Torcal) separados por el sinclinal de Sierra Pelada, en el que afloran los materiales margosos y margocalizos cretácicos (Figura 15.2).

El análisis de la fracturación pone de manifiesto que el macizo está muy densamente fracturado, fisurado y diaclasado; las direcciones

dominantes de fracturación son N60, coincidentes con la directriz de plegamiento, y de juego tensional; y otro u otros sistemas transversal a los pliegues y de dirección variable N120 y N150 [3].

#### ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La litología y la fracturación han favorecido notablemente los procesos de karstificación bien visibles en superficie con los corredores kársticos recortados por fracturas normales, con numerosas formas cerradas y multitud de relieves caprichosos de indudable belleza. Los lapiaces de todo tipo, con predominio de los de desarrollo vertical, son muy numerosos. La única cavidad conocida de desarrollo subhorizontal patente se sitúa en la surgencia principal, manantial de La Villa.



Dolina de disolución con relleno arcilloso de material insoluble, Torcal de Antequera (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)

Dentro de las múltiples formas que se pueden admirar, se tienen muchos tipos de lapiaz, desde crestas agudas a redondeadas y, sobre todo, de desarrollo vertical, con desarrollo rectilíneo y a veces alveolar; microlapiaz y lapiaz de grandes acanaladuras. Hay asimismo algunas kamenitzas o "pilones", en la terminología local, que pueden conservar en su interior agua durante mucho tiempo.

La desigual composición de los estratos y su diferente resistencia a los cambios de temperatura explican los numerosos apilamientos de estratos residuales tipo "tornillo" más o menos basculados como consecuencia de su más reciente evolución gravitatoria. Posiblemente los más espectaculares se desarrollan sobre las calizas nodulosas.

Las dolinas y las uvalas son también muy numerosas, frecuentemente tapizadas con terra rossa y algunas con pequeños sumideros

La conjunción de la litología, con cambios de composición y de propiedades mecánicas, la estructura -estratos prácticamente horizontales en amplias superficies-, la densa fracturación, la elevada pluviosidad, y la gelifracción -hay numerosas evidencias de periglacialismo descritas por varios autores- han contribuido a crear esa maravilla de la naturaleza, ejemplo paradigmático de tipología kárstica único en el mundo.

**HIDROGEOLOGÍA**

Desde el punto de vista hidrogeológico, el macizo del Torcal, en sentido amplio, constituye un sistema acuífero kárstico bien individualizado, con bordes ocupados por series margosas, fliohoides y arcillosas correspondientes a unidades y edades diferentes. Este sistema drena por un punto principal, manantial de La Villa, aunque existen varias surgencias más o menos anecdóticas. Con esta morfología de mesa de bordes abruptos, el macizo constituye una auténtica esponja en donde la escorrentía superficial es prácticamente inexistente salvo en los abruptos bordes periféricos.

La evapotranspiración potencial supera los 800 mm/año mientras que la infiltración eficaz de la lluvia arroja un valor medio de 65%. Entre un 51 y 55 % de la precipitación caída surge por el manantial de La Villa [11].

Esta surgencia ha sido medida en continuo desde 1974. Su caudal ha variado entre 1785 L/s y cero en períodos de sequía y de funcionamiento de los pozos perforados en las proximidades de la surgencia.

Los corredores kársticos ("klüft and grike") en el Torcal sirven como sendas para las visitas a este Paraje Natural (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)

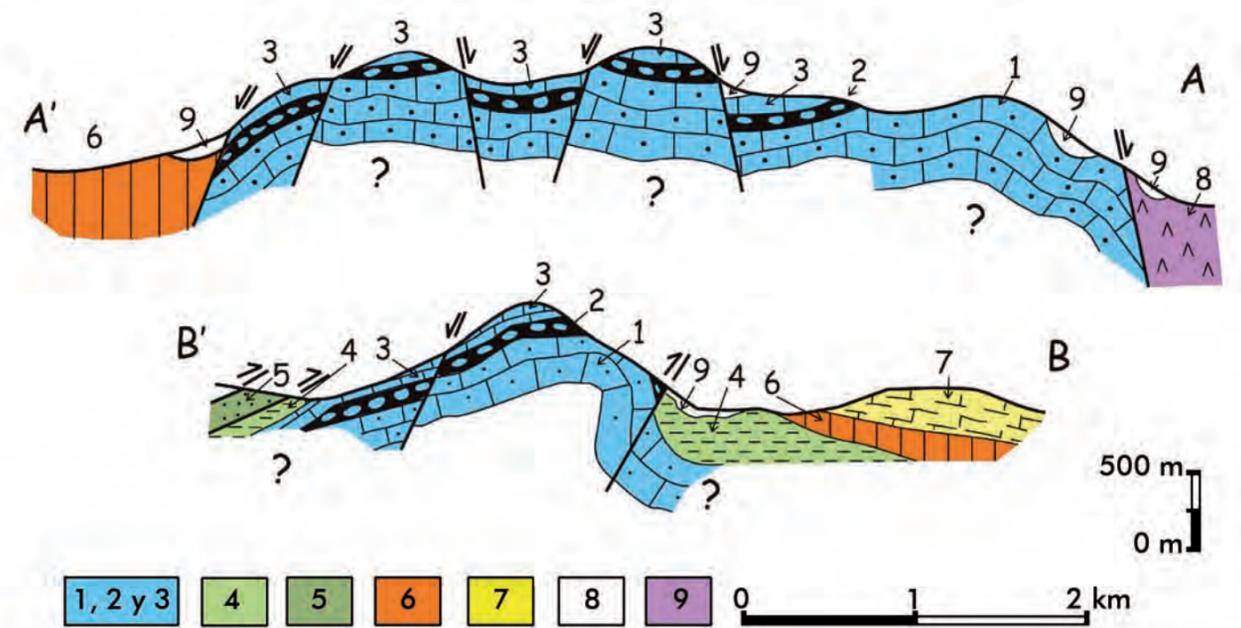


Figura 15.2. Dos cortes esquemáticos (modificados de Delgado, 1975). 1, 2 y 3 calizas jurásicas oolíticas y dolomías en la base (1), nodulosas (2) y micríticas blancas (3); 4: margas cretácicas; 5: flysh; 6: Unidad de Nogales; 7: materiales miocenos; 8: Triás de Antequera; 9: derrubios de ladera

Estos corredores, que surcan El Torcal, pueden superar el centenar de metros de largo y hasta 60 m bajo las crestas circundantes. En el fondo de los corredores se puede acumular arcilla de descalcificación (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)





Relieve ruiniforme característico de El Torcal de Antequera (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)



La sierra de El Torcal está limitada por escarpes que se corresponden con fallas tectónicas. Además, en sus laderas se acumulan depósitos de origen periglacial (foto: Francisco Gutiérrez Ruiz)

#### REFERENCIAS

- [1] BURILLO, F.J. (1998). "El karst del Torcal de Antequera". En: *Karst en Andalucía* (J.J. Durány y J. López, eds.): 153-164. ITGE, Madrid.
- [2] DELGADO, J. (1975). "Estudio hidrogeológico del Torcal de Antequera (Málaga)". Tesis Lic. Univ. Granada, 226 p.
- [3] FERNÁNDEZ-RUBIO, R. y DELGADO, J. (1975). "Fisuración y karstificación del Torcal de Antequera (Málaga)". *Cuad. Geogr. Univ. Granada. Serie Mon.* 1:93-107
- [4] MANGIN, A. y PULIDO BOSCH, A. (1983). "Aplicación de los análisis de correlación y espectral en el estudio de los acuíferos kársticos". *Tecniterrae*, 51: 53-65.
- [5] MARTÍN-ALGARRA, A. (1987). "Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera Bética". Tesis Doct., Univ. Granada, 1171 p.
- [6] PADILLA, A. y PULIDO BOSCH, A. (1993). "Application of a reservoir model to simulate the Torcal de Antequera karstic aquifer (Malaga)". En: *Some Spanish Karstic Aquifers* (A. Pulido- Bosch ,ed.), Univ. Granada, 51-66.
- [7] PEYRE, Y. (1974). "Géologie d'Antequera et de sa région (Cordillères Bétiques, Espagne)". Tesis Publ. Inst. Agr. Paris, 528 p.
- [8] PEZZI, M. (1977). "La morfología kárstica del sector central de la Cordillera Bética". *Cuad. Geogr. Univ. Granada. Serie Mon.* 2 : 288 p.
- [9] PEZZI, M. (1978). "Análisis morfológico del karst de El Torcal de Antequera". *Jabega*, 26:54-64
- [10] PULIDO-BOSCH, A. (1993). "The karstic aquifer of the Torcal de Antequera (Málaga)". En: *Some Spanish Karstic Aquifers* (A. Pulido- Bosch ,ed.), Univ. Granada, 37-49.
- [11] THAUVIN, J.P. (1981). "Alimentación y descarga del macizo kárstico del Torcal de Antequera (Málaga)". I SIAGA-Simposio sobre el Agua en Andalucía, I: 379-386. Granada.



16

## EL KARST EN YESO DE SORBAS

JOSÉ MARÍA CALAFORRA  
ÁNGEL FERNÁNDEZ-CORTÉS  
ANTONIO PULIDO-BOSCH

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "RECURSOS HÍDRICOS Y GEOLOGÍA AMBIENTAL", UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

**E**l karst en yeso de Sorbas, situado en el corazón de la provincia de Almería puede considerarse como uno de los entornos más peculiares del Patrimonio Geológico de Andalucía. En tan sólo 12 km<sup>2</sup> se concentran más de un millar de cavidades, las cuales configuran uno de los karsts evaporíticos más importantes del mundo. La red subterránea, que se extiende decenas de kilómetros bajo la aridez del desierto yesífero, alberga el mayor complejo kárstico de Andalucía: la Cueva del Agua con más de 8 km de galerías, a la vez, la mayor cavidad en yesos de España. Cada año se descubren nuevas cavidades y galerías bajo la árida superficie del desierto. La exploración espeleológica del karst de Sorbas parece que nunca tenga fin.

### EL PAISAJE KÁRSTICO EN YESOS

**N**o es nada habitual encontrar grandes extensiones de yesos con la intensidad de karstificación que ocurre en el karst de Sorbas. Ello es debido a que en este entorno han concurrido unas condiciones climáticas que han permitido la preservación de numerosas formas kársticas tanto superficiales como subterráneas. Al contrario de lo que ocurre en climas templado-húmedos, donde la alta pluviosidad -entre otros factores- hace que las formas kársticas yesíferas sean casi efímeras, en los climas áridos como el de Sorbas las tasas de denudación son notablemente menores, inferiores a 0.3 mm/año. Este hecho ha permitido que el paisaje kárstico de Sorbas aparezca ante nuestros ojos como un auténtico "queso de gruyère" con innumerables simas y dolinas por doquier, perfectamente preservadas.

Las dolinas son el primer aspecto del paisaje kárstico que llama nuestra atención. En Sorbas suelen ser dolinas de colapso provocadas por el hundimiento de la capa más superficial del yeso, cuando las galerías de las cavidades se desarrollan muy cercanas a la superficie. Muchas de ellas son el acceso a sistemas subterráneos de cavidades que se extienden varios kilómetros por el interior del yeso.

El lapiaz también está ampliamente desarrollado en Sorbas [4], desde formas micrométricas donde el agua discurre a favor de los

planos de exfoliación del yeso, hasta formas métricas equiparables a aquellas que se forman en terrenos calcáreos. También es frecuente encontrar lapiazes de crestas redondeadas, cubiertos o semicubiertos por restos de cobertera edáfica, que nos informan de épocas pretéritas bastante más lluviosas en el karst de Sorbas.

Otra característica del paisaje kárstico de Sorbas, que también llama poderosamente la atención, es la presencia de un escarpe yesífero de varias decenas de metros de altura en el límite del afloramiento yesífero. Se trata de un relieve diferencial generado por el distinto comportamiento de los materiales ante la denudación. Mientras que los estratos yesíferos se disuelven preferentemente por la acción de las aguas de escorrentía subterránea, los materiales margosos y limosos, que constituyen su límite, sufren una erosión causada por las aguas de escorrentía superficial. Los yesos mantienen de esta manera su cota relativa configurando una amplia plataforma kárstica elevada sobre el cauce del río Aguas.

Pero sin duda, las formas kársticas superficiales más emblemáticas del karst de Sorbas son los túmulos ([9][14]). Se trata de abombamientos de la capa más superficial del yeso debidos a procesos de disolución-precipitación entre las estructuras minerales de los cristales de yeso. La fuerza de recristalización de este

El escarpe yesífero es una de las imágenes más espectaculares del paisaje kárstico de Sorbas (foto: Jabier Les)

mineral se traduce en un abombamiento de la capa yesífera dejando un peculiar hueco entre la capa que se levanta y la superficie del terreno [10]. Sin duda, es el karst de Sorbas donde de forma más espectacular se ha preservado esta curiosa morfología; se pueden considerar formas únicas, entre tantas otras que el visitante puede llegar a observar en este paraje tan singular.

Finalmente, hay que mencionar que gran parte de los manantiales del karst en yeso de Sorbas suponen el drenaje de importantes cavidades que se desarrollan a favor de los primeros interestratos yesíferos. Estos manantiales tienen un marcado carácter epikárstico con una alimentación hídrica directa proveniente del entorno cercano donde se ubican. Este hecho es de suma importancia, debido a que las afecciones que puedan ocurrir en su

Los túmulos, formas kársticas originadas por el abombamiento de la capa más superficial del yeso (foto: Jabier Les)



área de alimentación podrían resultar fatales para la conservación del recurso hídrico-ecológico de las cavidades de Sorbas.

### PRINCIPALES SISTEMAS DE CAVIDADES

**E**l karst en yeso de Sorbas es uno de los ejemplos más notables a escala mundial de karstificación en yesos [6]. En él concurren varios aspectos a tener en cuenta: por un lado la gran densidad de formas kársticas presentes, por otro su variedad y de forma conjugada la singularidad de las mismas. En el momento actual se conocen en el karst en yeso de Sorbas más de 1.000 cavernas diferentes que representan casi 100 km de galerías subterráneas, correspondiendo 8.6 km de ellos a la Cueva del Agua, la cueva más grande de España, desarrollada en yeso [8].

Entre las áreas con una mayor densidad de karstificación, con numerosas cavidades interconectadas entre sí, destacan las siguientes:

**El Sistema de la Cueva del Agua.** También llamada Cueva del Marchalico, situada en el sector norte del afloramiento yesífero, es la mayor cavidad de Andalucía [1]. Actualmente se conocen 24 simas que permiten el acceso a la red. Presenta un curso hídrico subterráneo que da lugar al manantial de Las Viñicas. La gran dolina que configura la cavidad fue posiblemente un antiguo polje que ha evolucionado, tras el descenso del nivel de base, a una gran depresión kárstica con innumerables dolinas en su interior. El sistema recorre los dos primeros niveles de la serie yesífera, con un total de unos 50 m de potencia, atravesando una de las intercalaciones margosas hasta alcanzar el nivel impermeable marcado por las margas subyacentes del Tortonense.

**El Sistema Covadura.** Se sitúa en el sector norte del afloramiento yesífero, junto a las actuales explotaciones mineras ubicadas en este área. Se trata de una de las cavidades más profundas de España, de las excavadas en yesos, alcanzando 120 m de profundidad y más de 4 km de galerías (es la segunda cavidad en importancia espeleométrica de Sorbas). Atraviesa por completo toda la serie yesífera, de forma que en sus galerías se diferencian perfectamente todas las intercalaciones y potencia de los niveles de margas y yesos interestratificados [11]. En su punto final se alcanza el nivel piezométrico del acuífero, variable entre -120 y -105 m de profundidad. Covadura conserva el mejor ejemplo de una de las formaciones quimiogénicas más particulares del karst en yeso: las estalagmitas huecas, únicas en el mundo. Estas estalagmitas configuran una bella galería subsuperficial denominada "Galería del Bosque" [3]. En el área se identifican, además, otras cavidades de relevancia como son el Sistema del Corral, la Sima del Campamento (la más profunda de Sorbas con 130 m) o la Sima del Yoyo y Sistema B-1; todas ellas con la génesis y configuración de niveles semejante a la del Sistema Covadura y recorridos espeleométricos actuales superiores a 1 km.

**El Sistema de las KAS.** Localizado inmediatamente al sur del área de Covadura. Actualmente se encuentra en exploración por el Espeleo Club Almería. Representa una de las áreas de karstificación más intensa de todo el karst en yeso de Sorbas con cavidades como la Cueva del Ciervo, Cueva de los Sifones, Cueva de los Ruidos, Cueva de las Estalagmitas y el Complejo de cavidades de las Kas, todas ellas interconectadas hídricamente entre sí, pero en fase de conexión espeleométrica.

**El Complejo GER.** Situada al norte de la depresión de la Cueva del Agua con 7 accesos conocidos y desarrollada en tres niveles yesíferos y más de 1 km de galerías. No se descarta la comunicación de este sistema con otros cercanos como el Área del Tesoro o el Área de la Cueva del Agua. Posiblemente, el Complejo GER sea una de las cavidades con mayor diversidad de espeleotemas de todo el afloramiento yesífero y también una de las primeras que sorprendieron por su belleza a los primeros exploradores de Sorbas: el Grupo Espeleológico Provincial del cual recibe su nombre actual [2].

**La Cueva del Yeso y el Barranco del Infierno.** Se localiza en el sector sur del afloramiento de Sorbas. Se trata de la parte subterránea del recorrido del barranco del Infierno. Tiene algo más de 1 km de galerías con circulación hídrica constante en su interior. Su génesis es atribuible a la captura fluvial del barranco por una cavidad inicialmente desarrollada en un nivel yesífero inferior. Presenta cuatro bocas de acceso conocidas, dos de ellas de grandes proporciones (entrada y salida por el curso fluvial). Esta cavidad es la que actualmente recibe más visitas de espeleoturistas.

**La Cueva del Tesoro y el Sistema de los APAS.** El barranco del Tesoro, situado en el sector sur del afloramiento yesífero, es uno de los entornos más emblemáticos del karst de Sorbas ya que en él se encuentra una de las cavidades con mayor riqueza morfológica del karst en yeso. La Cueva del Tesoro tiene un recorrido de casi 2 km, con la presencia de meandros encajados, grandes salas con formaciones estalactíticas y maclas de yeso que alcanzan los 2 m de longitud, además de restos de la presencia humana en la cavidad. También, en este caso, hay un curso hídrico que recorre la parte final de la cavidad. Otras cuevas de relevancia ubicadas en este sector son la Cueva de los Apas, el Sumidero Baena y la Sima del Estadio. Esta última presenta la mayor sala subterránea conocida del karst en yeso con casi 2000 m<sup>2</sup> de extensión, originada por un gran desplome del estrato yesífero superior.

**La Cueva del Peral.** Situada en el barranco del mismo nombre es, junto a la Cueva del Agua y la Cueva de los Apas, uno de los sectores donde el sistema epikárstico almacena más agua. La Cueva del Peral es la más importante de este sector con casi 2 km de galerías y un buen número de lagos en su recorrido. Es posible

Galería freática de la Cueva del Agua (foto: Jabier Les)





de la minería ha desempeñado una función clave en el desarrollo de la comarca, si bien su repercusión económica se circunscribe esencialmente al transporte del producto pero no a su elaboración. Por otro lado, la escasa diversificación de la economía junto con el impacto ambiental producido por la minería, colocan a esta zona kárstica en una situación medioambientalmente insostenible [15]. Hay que tener en cuenta que las explotaciones masivas de yeso no durarán siempre o bien su extracción dejará de ser rentable. A este hecho hay que añadirle la ausencia de un plan de ordenación, lo cual dificulta sobremanera la conservación del entorno y ha facilitado la promoción de un enfoque productivista alrededor del recurso mineral que ha obviado prácticamente las demás funciones y valores del patrimonio natural [5].

En 1988 la administración andaluza reconoció su elevada riqueza ambiental declarando con la figura de protección de Paraje Natural el entorno del karst en yesos. En total fue protegida una

extensión de 2.375 hectáreas utilizando las infraestructuras lineales existentes, en especial carreteras y caminos, como límites para definir el área de protección. Por este motivo el afloramiento de yeso no está protegido en su totalidad existiendo zonas al norte (Zona Jardín) y al sur (Cerrón Hueli) que se encuentran fuera de los límites del Paraje Natural [7]. Es precisamente en estas zonas donde se ubican las canteras a cielo abierto de extracción del yeso, cuya actividad es anterior a la declaración de Paraje Natural del karst. En la actualidad el Paraje Natural del karst en yeso de Sorbas se encuentra en frágil equilibrio medioambiental en relación con la actividad minera, ya que esta se sitúa en los límites del paraje sin existir un nítido perímetro de protección del mismo.

En todo caso, el hecho de que el karst de Sorbas haya empezado a ser conocido -y valorado- por cada vez más y más colectivos, abre una gran puerta a la esperanza para que la protección y valorización de esta joya del Patrimonio Geológico andaluz sea una realidad [5].

Galerías de interestratificación en el Sistema Covadura (foto: Jabier Les)



Espeleotemas yesíferos del Complejo GEP (foto: Jabier Les)

#### REFERENCIAS

- [1] BAQUERO, J.C. y CALAFORRA, J.M. (1993). "Sistema de la Cueva del Agua. Sorbas (Almería)". En: *Mundo Subterráneo* (ENRESA y TIASA, eds.), 153-160.
- [2] BENAVENTE, J. (1997). "Historia de la espeleología almeriense 1954-1994". *Almería y los almerienses*, 4, Instituto de Estudios Almerienses (ed.), 200 p
- [3] CALAFORRA, J.M. (1995). "El Sistema Covadura (Karst en yesos de Sorbas)". *Tecnoambiente*, 48: 73-80.
- [4] CALAFORRA, J.M. (1996). "Some examples of gypsum karren". En: *Karren Landforms* (J.J. Fornós y A. Ginés, eds.), Universitat de les Illes Balears, 253-260.
- [5] CALAFORRA, J.M. (1998). "Karst de Sorbas: un tesoro en peligro". *Focosur*, 29: 8-10.
- [6] CALAFORRA, J.M. (1998). "Karstología de yesos". Universidad de Almería - Instituto de Estudios Almerienses eds., Serie Monografías Ciencia y Tecnología, 3: 384 p.
- [7] CALAFORRA, J.M. (1998). "Problemas ambientales relacionados con las explotaciones de yesos". I Encuentro Medioambiental Almeriense, (Secc. Minería), Vol. I, 26-38. Almería.
- [8] CALAFORRA, J.M. (2003). "El karst en yeso de Sorbas, un recorrido subterráneo por el interior del yeso". *Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía*, 83 p.
- [9] CALAFORRA, J.M. y PULIDO-BOSCH, A. (1997). "Peculiar landforms in the gypsum karst of Sorbas (Southern Spain)". *Carbonates and Evaporites*, 12 (1): 110-116.
- [10] CALAFORRA, J.M. y PULIDO-BOSCH, A. (1999). "Genesis and evolution of gypsum tumuli". *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 919-930.
- [11] CALAFORRA, J.M. y PULIDO-BOSCH, A. (2000). "Cave development in vadose settings in a multilayer aquifer-The Sorbas karst, Almería, Spain". En: *Speleogenesis Evolution of Karst Aquifers* (A.B. Klimchouk; D.C. Ford; A.N. Palmer y W. Deybrodt, eds.) *National Speleological Society*, 382-386.
- [12] FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. (2005). "Caracterización microclimática de cavidades y análisis de la influencia antrópica de su uso turístico. Tesis Doctoral, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- [13] FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; CALAFORRA, J.M.; JIMÉNEZ-ESPINOSA, R. y RUIZ-PORTERO, C. (2002). "Caracterización espacio-temporal de la temperatura del aire en una cavidad mediante técnicas geostatísticas (Sistema Covadura, karst en yesos de Sorbas)". 2nd Nerja Cave Geological Symposium, Karst and Environment (Carrasco, F., Durán, J.J., Andreo, B., eds.), 555-565. Nerja.
- [14] PULIDO-BOSCH, A. (1986). "Le karst dans les gypses de Sorbas (Almería). Aspects morphologiques et hydrogéologiques". *Karstologie, Memoires*, 1: 27-35.
- [15] PULIDO-BOSCH, A.; CALAFORRA, J.M.; PULIDO-LEBOEUF, P.; TORRES-GARCÍA, S. (2004). "Impact of quarrying gypsum in a semidesert karstic area (Sorbas, SE Spain)". *Environmental Geology*, 46(5): 583-590.

## 17

SIERRA GORDA Y  
POLJE DE ZAFARRAYA

MANUEL LÓPEZ-CHICANO

WENCESLAO MARTÍN-ROSALES

DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA, UNIVERSIDAD DE GRANADA

Sierra Gorda es un macizo kárstico de más de 300 km<sup>2</sup> de superficie situado entre las localidades de Loja, Alhama de Granada, Periana y Alfarnate, en las provincias de Granada y Málaga. Su relieve es el de un gran macizo de planta elíptica, con una topografía muy aplanada, caracterizada por frecuentes áreas endorreicas, crestas y picos relictos aislados y un paisaje austero, casi lunar. Su altitud media sobre el nivel del mar es de 1300 m [10]. Casi en su extremo sur se localiza una gran depresión interna, el Polje de Zafarraya, una de las depresiones kársticas funcionales más extensas e importantes de la Península Ibérica.

## EL EXOKARST

El macizo de Sierra Gorda posee uno de los relieves kársticos más desarrollados y característicos del ámbito andaluz. Se trata de un magnífico ejemplo de Holokarst, caracterizado por presentar todo tipo de formas kársticas. Los principales factores responsables de este desarrollo kárstico son la uniformidad y gran pureza de las calizas blancas que constituyen el macizo; la estructura general en domo, con buzamientos suaves en gran parte del sector central del macizo [5]; la intensa fisuración de las rocas que ha controlado su disolución; la relativamente alta pluviometría media del macizo (840 mm/año), junto con las frecuentes nevadas invernales.

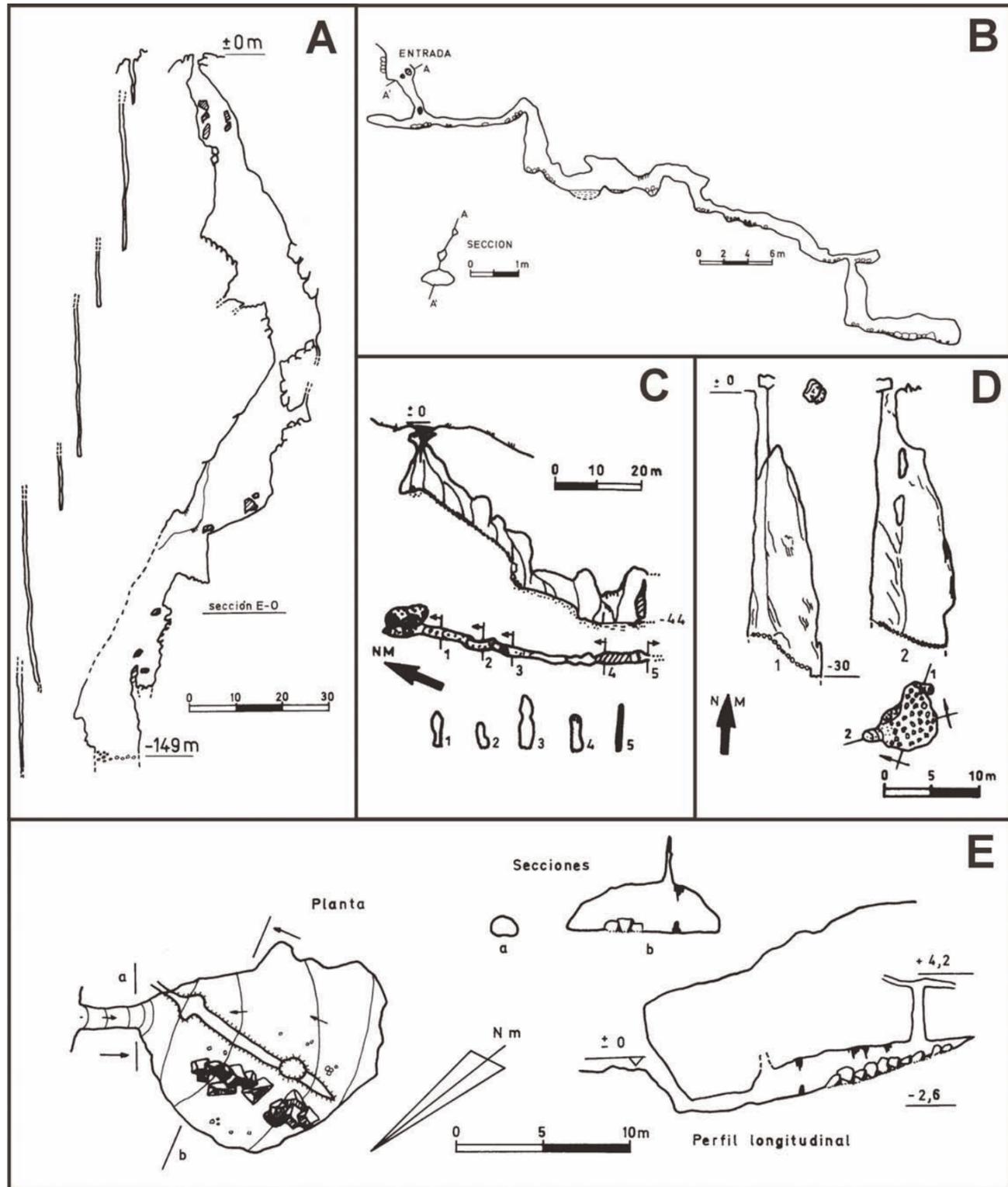
## El lapiaz y las dolinas

En líneas generales, el lapiaz que aflora en Sierra Gorda es discontinuo, en muchos casos semicubierto, caracterizado por cuerpos rocosos expuestos a la intemperie, y separados por rellenos de terra rossa en proceso de degradación. Aunque no con frecuencia, se reconocen formas de lapiaz de arroyada, de aristas finas, o lapiaz de acanaladuras a distintas escalas (rillenkarren y rinnenkarren). En superficies subhorizontales se observan kamenitzas, con formas redondeadas o elípticas. Son muy frecuentes las morfologías generadas bajo suelo, con cuerpos rocosos de crestas y bordes muy redondeadas (roundkarren), a veces con perforaciones tubulares o alveolares que derivan en lapiaz espumoso. Las formas de lapiaz más frecuentes corresponden al lapiaz de fisuras (kluftkarren).

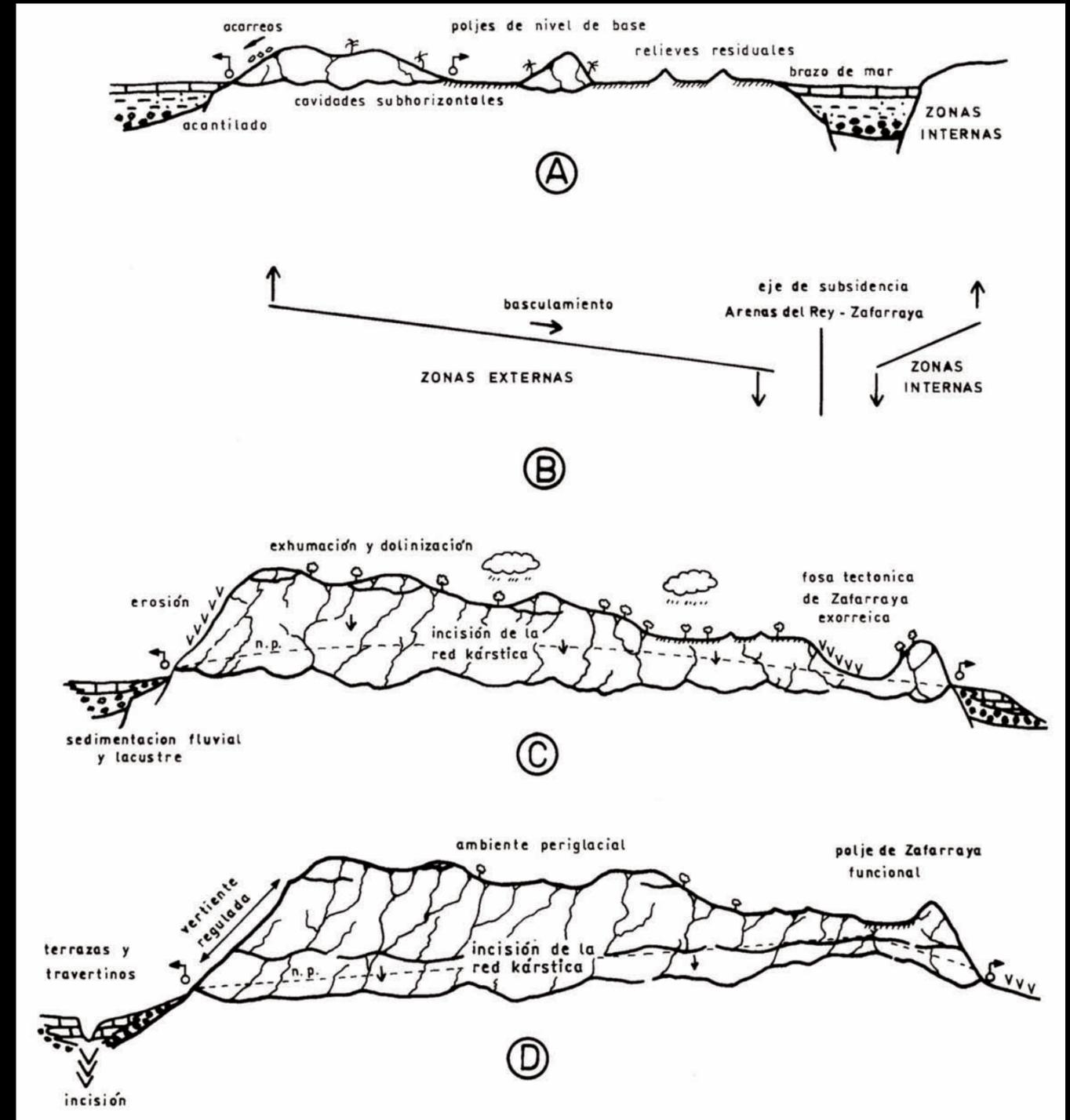
La densidad máxima de las dolinas en Sierra Gorda asciende a 40 dolinas por km<sup>2</sup>, lo cual da idea de la importancia del proceso de dolinización. Aparecen dolinas en embudo, de fondo rocoso, con apariencia de reciente formación, a veces con asimetría de los flancos según la pendiente topográfica. En las zonas de menor pendiente, se observan formas simples alargadas, en artesa, con un relleno de terra rossa de poco espesor. También hay dolinas de colapso, de paredes subverticales, que conectan muchas veces con cavidades kársticas.

## Los poljes

En Sierra Gorda existen al menos siete depresiones que pueden ser consideradas como poljes. Éstas se agrupan en poljes internos y poljes periféricos (Llanos de la Dona, Pilas Dedil y Zafarraya). Los internos constituyen depresiones abiertas, aunque con un drenaje exorreico aún difícil de realizarse. Son formas antiguas que en su día fueron fosilizadas por una cubierta de suelo, actualmente muy degradada. Los poljes periféricos de la Dona y Pilas Dedil son también poljes abiertos, con un drenaje exorreico forzado por la captura realizada por el arroyo de Salar, localizada en el cañón kárstico denominado Tajo de Espantaperros. El Llano de Zafarraya constituye el polje de mayor dimensión de las Cordilleras Béticas [2] y uno de los más representativos y mejor conocidos de España [1]. Consiste en una depresión cerrada, alargada según la dirección ONO-ESE, con 10 km de longitud y 3,5 km de anchura máxima [4]. Las cotas oscilan entre 1000 m al Este y 900 m en el



Diversos tipos de cavidades kársticas en Sierra Gorda: A, Sima de los Machos [3]; B, Sumidero del Porteño (topografía del Grupo Espeleológico Ilberis, 1982, inédita); C, Sima LJ-17 [8]; D, Sima del Fuego [8]; E, Cueva de las Cabras (topografía de la Sociedad Excursionista de Málaga, 1978, inédita)



Principales etapas de la evolución morfológico-kárstica de Sierra Gorda: A, periodo Tortoniense-Turoliense superior; B, fase tectónica finimiocena, levantamiento y basculamiento de las superficies de aplanamiento; C, etapa comprendida entre el Mioceno superior terminal y el Pleistoceno inferior; D, etapas frías del Pleistoceno medio-superior y Holoceno.

sector central y occidental. Este polje sufre inundaciones periódicas por desbordamiento del arroyo de la Madre [7], curso fluvial temporal que atraviesa longitudinalmente el polje hasta terminar en unos sumideros o ponors situados en el extremo noroccidental de la depresión.

### EL ENDOKARST

Desde el punto de vista espeleogenético, poco se sabe del endokarst de Sierra Gorda, a pesar del auge que tuvieron las exploraciones subterráneas en las décadas de los 70 y 80. La ardua labor de exploración y cartografía fue protagonizada principalmente por la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos, aunque también existen importantes contribuciones de la Sociedad Excursionista de Málaga y del Grupo Espeleológico Ilíberis.

Galerías con secciones de aspecto triangular o fusiforme en Sima Rica-Redil, como consecuencia del control tectónico y del alargamiento en el sentido de desarrollo de las fracturas (foto: Manuel López Chicano)



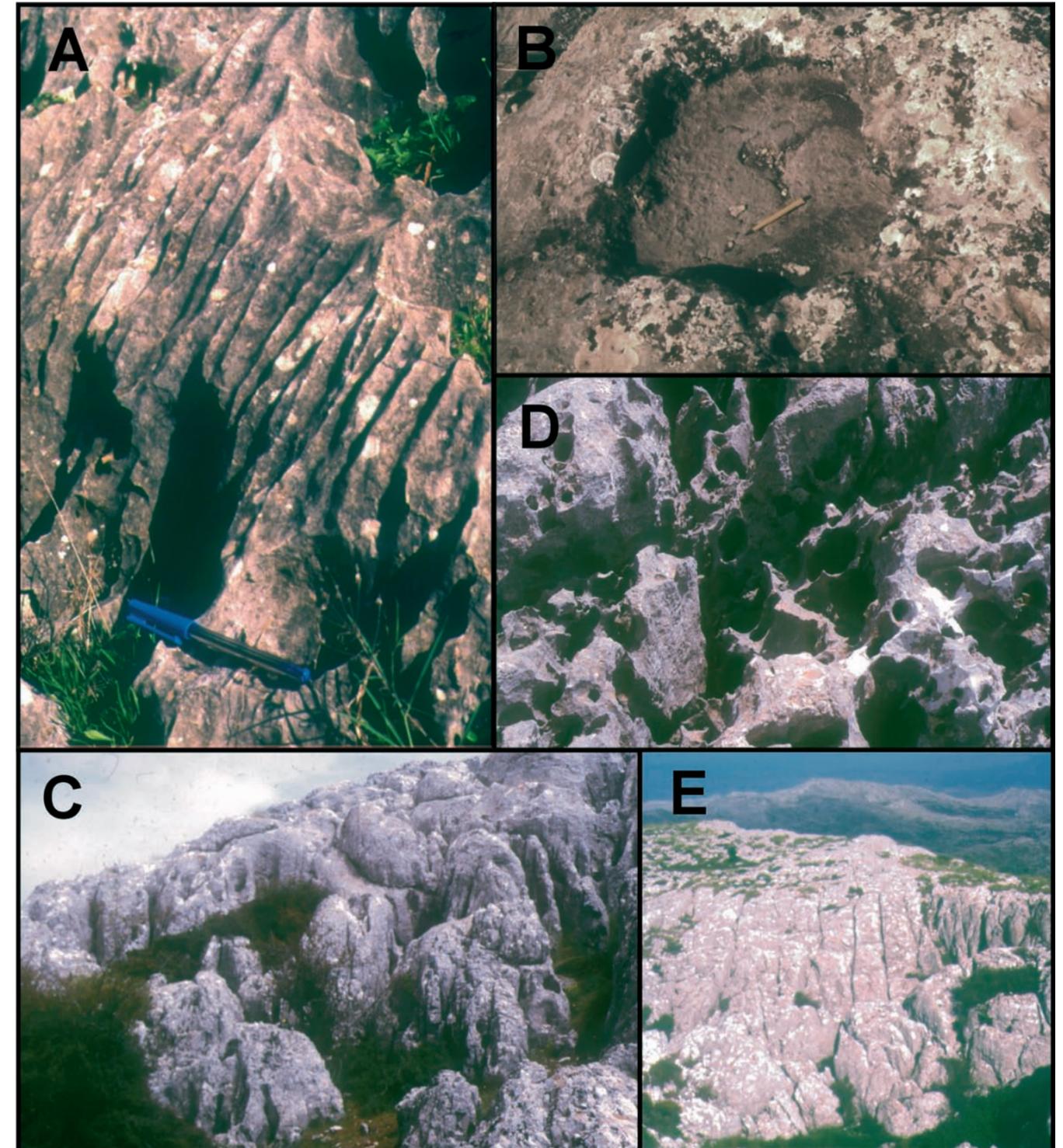
Pese al gran número de cavidades penetrables, la red kárstica subterránea conocida no presenta un desarrollo notable, con un claro predominio de las cavidades subverticales. La máxima profundidad alcanzada en las exploraciones es de -149 m, en la sima de los Machos. El escaso desarrollo de la red kárstica penetrable puede ser debido a la dispersión extrema de los puntos de infiltración del agua de lluvia [8], de manera que las cavidades sólo son penetrables cuando concentran la escorrentía superficial, o bien, cuando la superficie topográfica evoluciona hasta recortar una cavidad profunda. En los ponors del polje de Zafarraya, las condiciones son más favorables para el progreso de la karstificación, pero los arrastres de sólidos son tan importantes que las galerías se colmatan con gran facilidad. En el interior de éstos, los pasajes muestran secciones subcirculares, típicas de conductos "forzados" que funcionan o han funcionado bajo el nivel freático. Las paredes de las galerías muestran acanaladuras y aristas muy vivas, producto de la corrosión y de la abrasión. El primer ponor que pudo ser penetrado fue el sumidero del Porteño. Escenario de la trágica muerte del espeleólogo Luis Ávila, este sumidero presenta unos 70 m de galerías, y un desnivel total de unos 24 m.

Las cavidades que actúan como desagües de dolinas pueden presentarse de varias formas: como una fractura, más o menos neta, ensanchada por disolución; como un pozo vertical, de sección subcircular, generado a favor de un cruce de fracturas, cuyo ejemplo más espectacular quizás lo constituya el Torcón del Hoyo Hondo [9]; o como un pozo que conecta con una gran sala, generalmente fusiforme, formada por hundimiento del techo o por erosión inversa.

Otra tipología abundante son las simas desarrolladas a favor de una fractura ensanchada por disolución no mucho más de un metro. La cavidad se muestra con frecuencia recortada por la evolución de la superficie del terreno. Pueden alcanzar profundidades superiores al centenar de metros, sin solución de continuidad hasta el estrechamiento natural de la fractura, o bien mostrar rellanos y escalones originados por bloques encajados en las paredes y el depósito de concreciones. Un buen ejemplo de este tipo de cavidades lo constituye la sima de los Machos.

En las cavidades subhorizontales se observan conductos o paleoconductos que suelen presentar secciones subcirculares formados en condiciones freáticas, aunque "retocados" por los derrumbamientos de bloques y las formas de reconstrucción más recientes. Este tipo de cavidades es frecuente en la vertiente Norte de Sierra Gorda, donde aparecen ligadas a abrigos excavados en las cornisas residuales de las vertientes reguladas.

Diversos hechos sugieren que la mayor parte de la red endokárstica conocida en Sierra Gorda es una red fósil: cota media de las cavidades conocidas bastante alta (1325 m s.n.m.), coincidiendo con un máximo altimétrico y la posición más frecuente de los aplanamientos kársticos; manifiesta inactividad hídrica de la mayoría de los conductos penetrados (a excepción de los ponors de Zafarraya); frecuentes afloramientos de espeleotemas, a modo de grandes bolsadas o fracturas abiertas totalmente colmatadas por crecimientos de calcita (falsa ágata), que han sido exhumados por la erosión; diversos argumentos tectónicos aportados por el estudio de la fracturación y su evolución en los tiempos más recientes [6].



Diversos tipos de lapiaz en Sierra Gorda: A, rillenkarrren; B, kamenitza; C, rinnenkarrren; D, lapiaz espumoso; E, klufftkarrren (fotos: Manuel López Chicano)

### LA EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA RECIENTE DE SIERRA GORDA

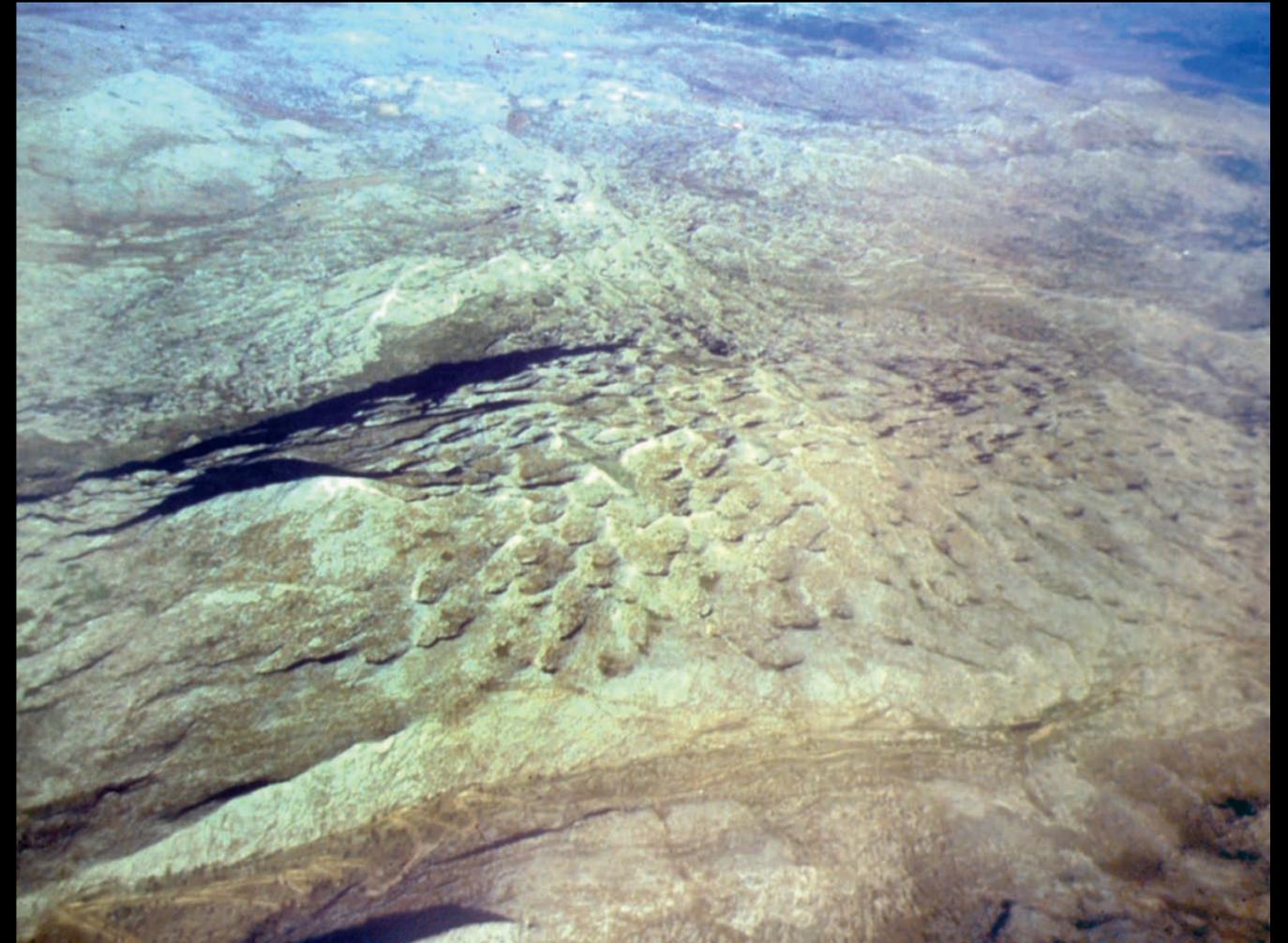
En la figura adjunta se refleja esquemáticamente las principales etapas de la evolución morfológico-kárstica reciente del macizo de Sierra Gorda. Ésta se inicia en el Mioceno superior, cuando, tras la última fase compresiva de la orogenia alpina, el macizo emergió sobre el nivel del mar. Se produce entonces una atenuación del relieve por erosión, karstificación y peniplanización, coetáneas con el cambio del carácter marino a continental de las depresiones que lo rodeaban, como las de Granada y Zafarraya. El aplanamiento se formaría a expensas de un nivel de base de drenaje kárstico permanente, bajo un clima cálido y húmedo, asociado a relieves residuales, a poljes y a una red kárstica poco profunda.

Durante el Mioceno terminal, se produce una pulsación tectónica que da origen a una importante etapa de creación de relieve, a la cual sigue un periodo de intensa erosión y karstificación, coetáneas

con el depósito de materiales esencialmente detríticos de origen fluvio-lacustre en las zonas más deprimidas del norte y sur del macizo. La red fluvial se encaja fuertemente. La red kárstica subterránea también sufre un fuerte encajamiento, como acomodación al nuevo nivel de base establecido. En la parte alta del macizo se produce pérdida de suelos, dándose inicio a la exhumación y apertura de los paleopoljes interiores. Sobre las superficies aplanadas más altas y los relieves relictos se instauran extensos campos de dolinas. Es posible que en la depresión de Zafarraya las aguas buscaran su salida a través de ciertas entalladuras como el Boquete de Zafarraya.

Posteriormente, se produce una reactivación de los procesos erosivos impulsados por la actividad tectónica y la morfogénesis periglacial del Pleistoceno. La red endokárstica ha tenido que excavar más profundo para adaptarse a un nuevo "nivel de base" como lo prueban los importantes depósitos travertínicos ligados a los manantiales del área de Loja.

Polje de Zafarraya. Zona del sumidero del Porteño durante las inundaciones de diciembre de 1996 (foto: Manuel López Chicano)



Campo de dolinas en el Cerro Santa Lucía (foto: Pilar Campos)

#### REFERENCIAS

- [1] DELGADO-MOYA, S. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1975). "Morfolología Karstica de las Sierras de Loja y Alhama (Granada)". Cuad. Geogr., Univ. Granada, s.m. 1: 109-119.
- [2] DÍAZ del OLMO, F. y DELANNOY, J.J. (1989). "El Karst en las Cordilleras Béticas. Subbético y zonas internas". En: El Karst en España. DURAN, J.J. y LOPEZ MARTINEZ, J. (Eds.). Monografía 4, S.E.G., Madrid: 175-185.
- [3] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1992). "Grandes cavidades de la provincia de Granada". Espeleotemas, 2: 19-36.
- [4] HIDALGO, J. (1974). "Estudio hidrogeológico del Polje de Zafarraya y zonas adyacentes (provincias de Granada y Málaga)". Tesis de Licenciatura, Univ. Granada, 165 p.
- [5] LHENAFF, R. (1977). "Recherches géomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne)". Thèse Doct. d'Etat, Univ. de Lille III, 713 p.
- [6] LÓPEZ-CHICANO, M. (1992). "Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico kárstico de Sierra Gorda y su entorno (Granada y Málaga)". Tesis Doctoral, Univ. Granada, 429 p.
- [7] LÓPEZ-CHICANO, M.; CALVACHE, M.L.; MARTÍN-ROSALES, W. y GISBERT, J. (2002). "Conditioning factors in flooding of karstic poljes. The case of the Zafarraya polje (South Spain)". Catena, 49: 331-352.
- [8] MARÍN-MALDONADO, J.C.; TORICES, S. y CALVO, M. (1983). "Cavidades del sector de Santa Lucía (Sierra Gorda)". Spes, 2: 77-87.
- [9] MENJÍBAR, J.L.; CASTRO, J.A. y MORENO, F. (1989). "El Torcón del Hoyo Hondo (Loja, Granada)". Andalucía Subterránea, 9: 17-21.
- [10] PEZZI, M.C. (1977). "Morfolología kárstica del sector central de la Cordillera Subbética". Tesis Doctoral, Univ. Granada. Cuadernos de Geografía de la Universidad de Granada, s.m.-2, 289 p.

18

## EL COMPLEJO DEL ARROYO DE LA RAMBLA (PB-4)

MANUEL J. GONZÁLEZ RÍOS

SOCIEDAD GRUPO DE ESPELEÓLOGOS GRANADINOS (S.G.E.G.)

**E**l Arroyo de la Rambla, afluente del Río Guadalentín, se localiza entre los términos municipales de Peal de Becerro y Cazorra, al SE de la provincia de Jaén, colindando con el término de Castril (Granada). Las aguas de dicho arroyo se precipitan en cascada sobre las Fuentes de Valentín, en época de estiaje (Cavidades PB-1 y PB-5) y directamente sobre las aguas del Pantano de la Bolera en invierno. La boca principal del Complejo (PB-4) se abre en la ladera norte del Arroyo de la Rambla a una altitud sobre el nivel del mar de 1000 m.

### HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

**E**l 29 de noviembre de 1992, un grupo de siete espeleólogos pertenecientes a la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos, G. E. de Maracena y G. de Actividades Espeleológicas de Motril y durante una nueva campaña topográfica en PB-1 (Fuentes de Valentín), descubren accidentalmente varias bocas en la ladera norte del Arroyo de la Rambla, bautizándolas como PB-4, PB-6, PB-7 y PB-8, cavidades hasta entonces desconocidas por los lugareños. De entre todas ellas destacaría por sus dimensiones la bautizada como "Cueva del Arroyo de la Rambla" (PB-4). En una primera incursión, realizada ese mismo día, se exploran los primeros 450 metros de galerías.

Tras su descubrimiento se comienzan los trabajos de exploración y topografía, coordinados por la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos, incorporándose al equipo el Espeleo Club Almería que topografiarían las galerías cercanas al sifón de 1100 m en la galería principal [2].

El 11 de junio de 1993 dos miembros de la S.G.E.G. exploran posibles continuaciones en la Galería de los Gours y tras cruzar a nado dos lagos y varios laminadores con fuerte pendiente, descubren la entrada a uno de los sectores más laberínticos de todo el Complejo.

En octubre del año siguiente, en este sector, se descubre una nueva boca de entrada que permitiría, sin tener que mojarse, la exploración integral de este sector.

Galería principal a 150 m de la entrada (foto: M.J. González-Ríos)



Entrada a la Galería del Equilibrio (foto: M.J. González-Ríos)



En 1995 por fin se logra franquear el sifón de la galería principal; Angel Ortego y Octavio Maestre del Grupo Espeleológico Mediterráneo de Elche, consiguen superar los 60 m de sifón comprobando que la cavidad continúa.

Ya en 1999 y tras varios años de inundación completa de la cavidad, debido al ascenso del nivel del embalse de la Bolera, el paso a la sala final y al sifón es posible. Vuelven nuestros compañeros de Elche a pasar el sifón, localizando una gran cavidad y el ansiado y buscado curso del río de las Fuentes de Valentín.

En años posteriores, de nuevo miembros de la S.G.E.G. y Grupo Espeleológico de Castril, descubren nuevas galerías tras realizar varias escaladas, que llevaron a flanquear el sifón permitiendo así el comienzo de los trabajos de exploración de este gigantesco sector del río subterráneo.

### DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

La entrada principal, de pequeñas dimensiones, da paso a una sala de piso accidentado por los bloques que lo tapizan, al fondo, se abre la sinuosa continuación. Pasos estrechos y resaltes descendentes conducen casi a nivel del Arroyo, siendo

Sifón terminal. A 1100 m de la entrada (foto: M.J. González-Ríos)



frecuente encontrar esta zona inundada. El agua accede al sistema a través del sumidero PB-6, localizado junto al cauce del arroyo, bajo la entrada de PB-4.

Un estrecho pasillo con el suelo cubierto de arcilla, seguido de varias trepadas conduce, de nuevo, al nivel de la sala de entrada, fuera del alcance de las aguas. Nos encontramos al comienzo de la galería principal, con una longitud de unos 1100 m hasta el sifón. A unos cien metros de la boca, una nueva sucesión de resaltes, fácilmente superables, nos devuelven al nivel teórico del agua, cambiando, en este momento, fuertemente la morfología de la cavidad.

Tras varios remotes y descensos la dimensión de la galería aumenta. En esta zona se localizan las dos posibles entradas a la Red de los Talegas (Galería Roja, Sala Alicia, y a la nueva boca de entrada).

Continuando por la galería principal se llega al Paso Javi, pequeño laminador que cortocircuita una barrera de roca; este paso es muy frecuente encontrarlo inundado, si esto sucede el paso es posible realizarlo ascendiendo por una fuerte rampa a la derecha, seguido de un nuevo descenso que lleva, al nivel de la galería principal.

La continuación es obvia, solo hay que seguir la galería, eso sí, con algún que otro estrechamiento y paso entre bloques, hasta llegar a la galería de los Niveles con abundancia de calcita flotante y estalactitas epifreáticas [1]. Desde aquí una serie, casi interminable, de trepadas y destrepadas entre bloques y coladas, algunas de ellas con la ayuda de escalas metálicas llevan, si no nos encontramos algún tramo inundado, a la Sala del Sifón, tras recorrer los 1100 m de la galería principal. A lo largo de todo el recorrido se abren pequeñas galerías laterales de escaso desarrollo.

La Sala del Sifón, de grandes dimensiones, presenta diferentes posibilidades de continuación, todas ellas mediante el empleo de técnicas de progresión vertical. A unos 30 m de altura sobre el nivel del agua, se abren una serie de pequeños conductos que logran franquear el sifón, para descender directamente sobre un lago de nivel muy fluctuante. Desde aquí se abre una gran galería de similares proporciones a la Sala del Sifón que con nuevas trepadas y descensos progresivos lleva, tras recorrer unos 500 m, al gran cañón que conduce sus aguas subterráneas a las Fuentes de Valentín. Actualmente, miembros de la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos y del G.E. de Castril llevan explorados más de 2 km de río subterráneo, sin haberse finalizado todavía los trabajos de exploración.

Es de especial mención las frecuentes inundaciones, sin previo aviso, que presenta esta cavidad, motivadas en parte por la pluviometría de la zona y por el nivel que en cada momento presente las aguas del embalse de la Bolera, que con seguridad influyen muy directamente sobre el nivel freático de la zona [2].

A lo largo de estos últimos 13 años de trabajos, entre 1997 y 98, la cavidad estuvo inundada completamente sin poder acceder al interior y es muy frecuente que tan solo sea posible el acceso en los meses anteriores a las lluvias invernales.

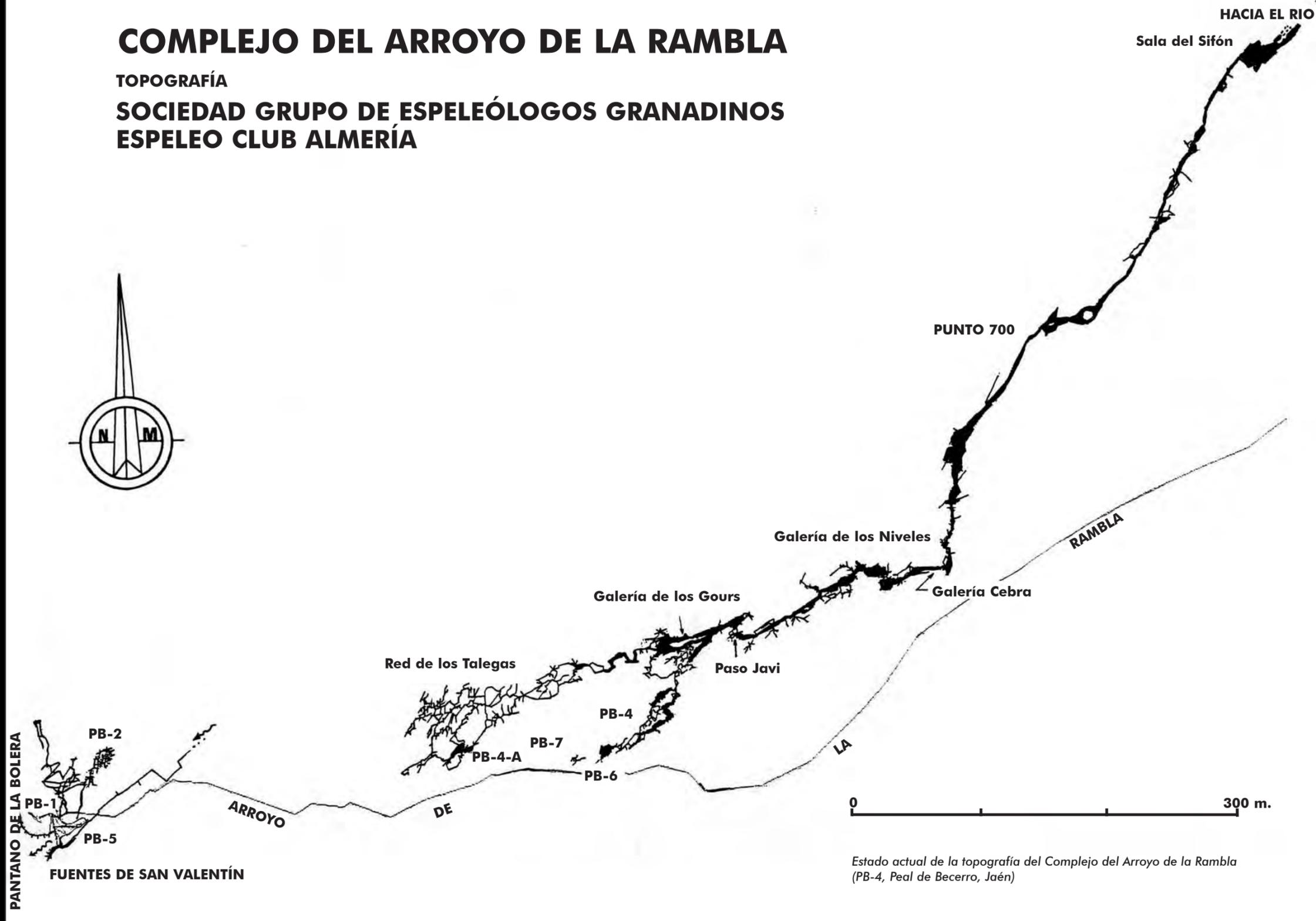


Río Valentín, primera cascada aguas abajo del sifón (foto: M.J. González-Ríos)

# COMPLEJO DEL ARROYO DE LA RAMBLA

TOPOGRAFÍA

SOCIEDAD GRUPO DE ESPELEÓLOGOS GRANADINOS  
ESPELEO CLUB ALMERÍA



Estado actual de la topografía del Complejo del Arroyo de la Rambla (PB-4, Peal de Becerro, Jaén)





Galería de los Niveles (foto: M.J. González-Ríos)

#### REFERENCIAS

- [1] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (2004). "El Complejo del Arroyo de la Rambla". En: "Grandes Cuevas y Simas del Mediterráneo. Guía Fotográfica" Ferrer-Rico V., 70-77. Barcelona
- [2] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J., SANTAELLA, A.; CALAFORRA, J.M. y GARCÍA-GONZÁLEZ, G. (2000). "El Complejo del Arroyo de la Rambla (PB-4), Peal de Becerro (Jaén)". Actas I Congreso Andaluz de Espeleología, 257-260. Ronda.

## 19

## LA GRUTA DE LAS MARAVILLAS

WENCESLAO MARTÍN-ROSALES

MANUEL LÓPEZ-CHICANO

DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA, UNIVERSIDAD DE GRANADA

JOSÉ MARÍA CALAFORRA

DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

STEIN-ERIK LAURITZEN

FRANCISCO SÁEZ

LABORATORIO DE GEOCRONOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE BERGEN, NORUEGA

CARLOS M. RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO DE MINERALOGÍA Y PETROLOGÍA, UNIVERSIDAD DE GRANADA

La Gruta de las Maravillas es sin duda el elemento más notable y atractivo de la oferta turística que actualmente ofrece la Sierra de Aracena (Huelva). A diferencia de otras muchas cavidades acondicionadas para las visitas, y en las que la existencia de restos arqueológicos forma parte del atractivo turístico, en la Gruta de las Maravillas es el patrimonio geológico el único protagonista. La abundancia de espeleotemas o formas secundarias de origen químico, tanto del medio aéreo como del medio acuático, así como la existencia de amplias zonas inundadas vistosamente iluminadas, hacen de la cavidad una de las más visitadas a nivel nacional, con una afluencia media anual de 160.000 visitantes; esta cifra podría rebasarse de no ser por las limitaciones impuestas para la preservación del complejo subterráneo.

## LA CAVIDAD Y SU ENTORNO

Aracena es la localidad más importante del parque Natural de la Sierra de Aracena y los Picos de Aroche, una de las áreas protegidas más extensas de la Comunidad autónoma andaluza y situada en el extremo occidental de Sierra Morena. El paisaje consiste en alineaciones montañosas, de media altura, donde la litología predominante son pizarras, granitos, cuarcitas y esquistos, con algunos relieves residuales constituidos por formaciones de naturaleza carbonatada, fundamentalmente mármoles dolomíticos y calizos. La configuración orográfica y su relación con las masas de aire que penetran desde el Atlántico determinan una alta pluviosidad en la comarca, que concretamente, en la localidad de Aracena, alcanza un valor medio anual próximo a 1000 mm.

La Gruta de las Maravillas se ha desarrollado en uno de esos relieves residuales, denominado localmente el Cerro del Castillo, alrededor del cual se encuentra el casco urbano de Aracena. Los mármoles calizos que albergan esta cavidad de más de 2000 m de desarrollo [3], poseen una edad Cámbrico Inferior y están afectados por un metamorfismo de facies de anfíbolitas de alta temperatura, e incluidos en el llamado Macizo de Aracena, que representa el borde meridional de Ossa-Morena. La dirección de la foliación de dichos mármoles es N120E, y al parecer la que controla las principales direcciones de karstificación [2]. Existe además un juego de diaclasas de dirección subperpendicular a la anterior y en la que es frecuente observar mineralizaciones de óxidos y sulfuros de hierro, que han podido haber ejercido un papel importante en los procesos de karstificación y desarrollo de la cavidad.

Sala de El Volcán, una colada estalagmítica de coloración rojiza debido a los óxidos de hierro presentes en el agua que discurre por su superficie (foto: Francisco Hoyos)

Las obras de acondicionamiento para las visitas turísticas de la cueva tuvieron lugar en el año 1911, aunque las primeras referencias históricas relativas a la misma corresponden a Gonzalo y Tarín [4], quien la describía como "...una caverna de difícil acceso, revestida con vistosas concreciones calcáreas, con un lago en su fondo...", haciendo además numerosas referencias a la abundancia de agua existente en su interior. Posteriormente, Puig y Larraz [8] también menciona la Gruta -denominada en aquella época Cueva de Aracena- en su obra "Cavernas y simas de España". Resulta extraño que no existan referencias anteriores, sobre todo teniendo en cuenta que el acceso tiene lugar en el casco urbano, y las circunstancias en las que se desarrolló su descubrimiento siguen siendo una incógnita en la actualidad. Aunque hay algunos indicios que sugieren que una antigua explotación minera -abandonada casi inmediatamente por problemas de drenaje- interceptara la galería de acceso al complejo subterráneo [7], existe la posibilidad de que el nivel freático hubiese estado situado casi a la cota de entrada, lo que habría imposibilitado el acceso a la cueva durante mucho tiempo. El hecho de que no existan, al menos a partir de las exploraciones que se han efectuado, restos arqueológicos en su interior, corrobora la hipótesis de inaccesibilidad anteriormente expuesta. Lo que sí parece indudable es que su cierre y acondicionamiento para el turismo a comienzos de siglo han sido acciones claves en su conservación, habida cuenta de las graves agresiones que con total impunidad estaba sufriendo durante aquella época por parte de furtivos y desaprensivos, y que dejaron su impronta en los sectores más accesibles de la Gruta tales como la Galería de los Bárbaros.

Estalactitas con recubrimiento posterior de carácter subacuático en la Sala de los Desnudos (foto: Francisco Hoyos)



## MORFOLOGÍA Y ESPELEOGÉNESIS DE LA GRUTA DE LAS MARAVILLAS

La Gruta de las Maravillas presenta un recorrido predominantemente horizontal, si bien se pueden identificar al menos tres niveles de karstificación superpuestos. El primero de ellos está constituido por las áreas permanentemente inundadas en la actualidad y las galerías adyacentes. Se caracterizan por un predominio general de las formas de corrosión. Este proceso afecta a veces a espeleotemas antiguos, tal y como se ha observado en el sector septentrional, en donde se identifican restos de coladas y estalagmitas afectadas por un nivel continuo de corrosión a varios metros de altura por encima del itinerario turístico. Este hecho implica que la posición del nivel freático general del acuífero estuvo muy por encima de su posición actual, durante un periodo de tiempo más o menos prolongado. Los derrumbes, caos de bloques o desplomes, son perfectamente reconocibles en las dos mayores salas de este todo el complejo: el Gran Lago y la Sala de las Conchas. La primera de ellas es sin duda la más espectacular y posee una bóveda de forma parabólica que rebasa los 40 m de altura. En su parte oriental existe un gran desplome constituido por bloques de gran tamaño que exceden del centenar de metros cúbicos de volumen y dispuestos de forma anárquica. En esta sala se pudieron datar algunos fragmentos de una colada de calcita localizados sobre uno de los grandes bloques que tapizan el suelo. Las dataciones de la parte inferior de la colada, en contacto con la roca del desprendimiento, arrojan una edad comprendida entre 9.000 y 11.000 años. El elevado buzamiento de las capas, observable en toda la sala y galerías adyacentes, debió jugar un papel decisivo en el desplome de la bóveda original. Un puente de roca situado a unos 18 metros de altura quedó como testigo precario de aquél evento, el cual pudo haber obstruido una hipotética continuación de la cavidad hacia el SE.

La otra zona con predominio de los procesos graviclásticos es la correspondiente a la Sala de las Conchas. También adquiere notables dimensiones, si bien en este caso el techo es plano, y se encuentra atravesado longitudinalmente por una fisura abierta de dirección N120E, coincidente con la dirección de foliación antes mencionada.

A este primer nivel topográfico pertenecen también la Sala de los Desnudos y la Galería de los Garbanzos, actualmente secas, las cuales tuvieron un desarrollo independiente del resto e interesante desde un punto de vista espeleogenético. En ellas se encuentran magníficos ejemplos de espeleotemas subacuáticos. Con más de 95 m de longitud, esta gran galería se encuentra profusamente adornada con varias generaciones de espeleotemas de distinta génesis y morfología. Se puede observar una primera generación constituida por elementos de aspecto redondeado o botroidal y correspondiendo a los mayores tamaños (hasta 60 cm de diámetro). La altura alcanzada en la galería por esta "formación" parietal originada bajo el agua puede llegar a los 10 m y es probablemente una de las más antiguas de la cavidad, según se desprende de las dataciones isotópicas realizadas sobre algunas muestras en el laboratorio de Geocronología de la Universidad de Bergen (Noruega). Alguno de estos espeleotemas ha sido datado en  $103 \pm 7$  ka BP en su parte externa, mientras que su interior sobrepasa el límite de detección del método radiactivo Uranio-Thorio. Sobre esta secuencia, se desarrolla otra formada por espeleotemas también acuáticos y de forma esferoidal, pero con

diámetros sensiblemente menores a los de la generación anterior (unos 2-3 cm., aproximadamente, de ahí el nombre de Sala de los Garbanzos). La altura alcanzada por este depósito en la galería es de aproximadamente 1 m. Las dataciones realizadas sobre muestras tomadas de alguno de los "garbanzos", indican que su edad de formación oscila entre unos 50.000 a 65.000 años. Muy probablemente, esta formación representa el último nivel de agua de esta sala. Sobre ésta se desarrollan formaciones secundarias de carácter vadoso, algunas de las cuales han sido datadas en 15.000 años. Por tanto, la galería evolucionó desde un régimen freático a vadoso y posteriormente aislada, a modo de gour colgado (aguas extremadamente tranquilas y sobresaturadas), lo que permitió la formación de tal riqueza de formas. Consecuentemente, esta sala evolucionó de forma distinta a la Galería de Los Lagos, situada a cota similar y próxima a aquélla (hoy están conectadas gracias a un túnel artificial excavado en 1927), lo que explicaría las acusadas diferencias morfológicas existentes entre ambas.

El segundo nivel, situado a 10-20 m por encima del anterior corresponde a las salas de La Catedral, Cristalería de Dios y las Esmeraldas o El Volcán, así como a las denominadas Galerías Nuevas, éstas últimas no accesibles al público en la actualidad. Este nivel tiene como característica esencial la extraordinaria abundancia de espeleotemas de muy diverso origen, y

consecuentemente, constituyen la parte más atractiva desde el punto de vista turístico. Algunos espeleotemas muestran coloraciones azuladas y rojizas, en relación con la existencia de elementos cromóforos, tales como cobre y hierro [7]. Los espeleotemas más característicos de La Cristalería de Dios son las helictitas o excéntricas. Las dataciones de que disponemos en la actualidad, realizadas sobre algunas muestras, indican que su edad media es de  $50 \pm 10$  ka BP. Otro espeleotema espectacular y emblemático de la Gruta son los conos de calcita flotante, situados en el interior de muchos lagos de la Cristalería de Dios, originados a partir de la precipitación de finísimas láminas de calcita (espesor de micras) que flotaban en el agua del lago y se hundían debido al goteo de alguna estalactita, acumulándose en el fondo del lago en forma de cono. El muestreo realizado de estos conos revela que su parte interior tiene una edad de  $101 \pm 5$  ka BP y su parte más externa de  $5 \pm 1$  ka BP.

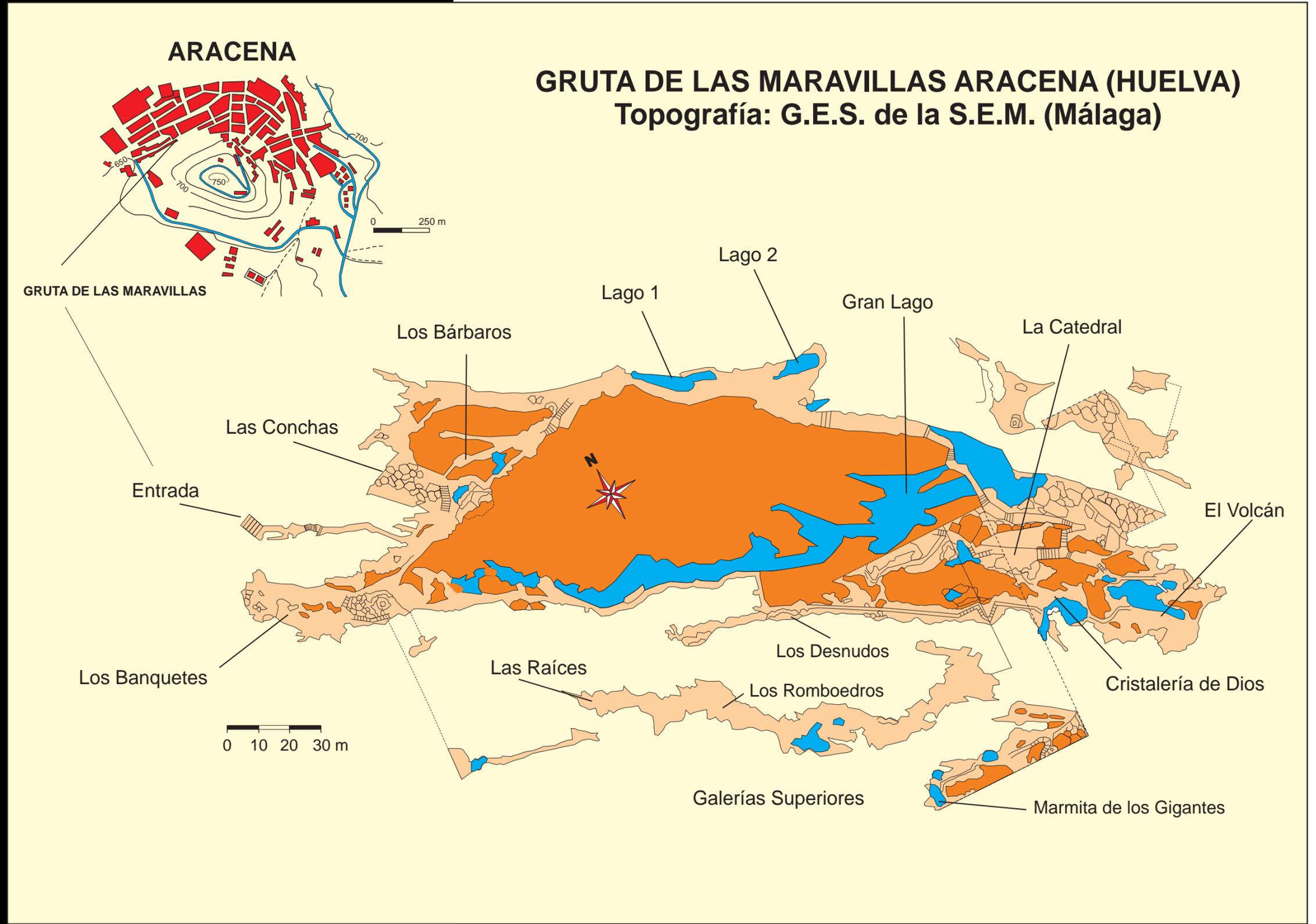
El tercer nivel, el de menor desarrollo longitudinal, corresponde a la Galería Superior, sólo accesible mediante la utilización de técnica alpina. Está situado a unos 25 m del segundo nivel, y al igual que en el caso anterior, las formas de reconstrucción litoquímica son muy abundantes, tanto vadosas como epifreáticas. Es frecuente la existencia de gours de muy diversos tamaños. En el extremo final de la galería (Sala de las Raíces) son particularmente



Aspecto general de las galerías freáticas de la Gruta de las Maravillas. Obsérvese las coloraciones oscuras de las paredes debido al gran contenido en óxidos de hierro de los mármoles que configuran la galería (foto: Francisco Hoyos)



Galerías no visitables en la Gruta de las Maravillas (foto: Francisco Hoyos)



abundantes los espeleotemas afectados por antiguos procesos de corrosión, probablemente a consecuencia de una atmósfera muy rica en CO<sub>2</sub> coincidente con la zona radicular de la antigua cobertera vegetal que cubría el Cerro del Castillo. El mejor ejemplo es la denominada por nosotros Sala de los Romboedros, cuyas paredes están tapizadas por cristales romboédricos casi perfectos de calcita. Su tamaño es decimétrico y se desarrollan hasta alturas superiores a los 12 m desde el fondo de la galería. También son abundantes las "perlas de las cavernas" o pisolitos, formaciones esféricas originadas por el depósito de finas películas de calcita alrededor de un núcleo. Las aquí representadas poseen formas desde esféricas hasta arriñonadas, dependiendo del núcleo a partir del cual fueron generadas, y del aporte hídrico que recibe la zona donde se encuentran.

Esta gran variedad de morfologías queda también reflejada a escala microscópica. Es muy característica en la mayoría de los espeleotemas la textura columnar. En espeleotemas pertenecientes

al segundo nivel de karstificación, concretamente en las inmediaciones de la Cristalería de Dios, aparecen sucesiones de diferentes texturas. Son relativamente frecuentes las texturas fibrosas de aragonito desarrolladas sobre cristales columnares de calcita, evidenciando cambios en las condiciones físico-químicas del agua, probablemente asociadas a cambios hidrológicos y/o cambios paleoclimáticos de la región.

La climatología de la Gruta está fuertemente condicionada por sus características morfológicas y topográficas, si bien la intensa influencia humana (obras de acondicionamiento y visitas) constituye un factor modificador de las variables ambientales [5]. Asimismo las grandes masas de agua actúan como un elemento termorregulador de este microclima, aportando un equilibrio térmico a las galerías adyacentes. El conocimiento en profundidad de los parámetros ambientales es una herramienta clave en la gestión y preservación de este emblemático ejemplo del patrimonio geológico de Andalucía.



Cristalizaciones de aragonito con hábito acicular (foto: Francisco Hoyos)



Pequeño gour con conos de calcita flotante, estalagmitas sumergidas y estalactitas bulbosas epifreáticas (foto: Francisco Hoyos)

#### REFERENCIAS

- [1] CRESPO-BLANC, A. (1991). "Evolución geotectónica del contacto entre la Zona de Ossa Morena y la Zona Surportuguesa en las Sierras de Aracena y Aroche (Macizo Ibérico Meridional), un contacto mayor en la Cadena Hercínica Europea". Tes. Doc. Univ. de Granada, 326 p.
- [2] DEL VAL J. y HERNANDEZ, M. (1989). "El karst en el Macizo Hespérico". En J.J. Durán y López Martínez, J. (Eds.) El Karst en España, 217-229. Monografía 4, Sociedad Española de Geomorfología, Madrid.
- [3] GONZALEZ-RÍOS J.M. y RAMÍREZ, F. (1989). "Catálogo de grandes cavidades de Andalucía". Andalucía Subterránea, 9. 69-70
- [4] GONZALO Y TARÍN, J. (1886). "Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva". 2 vol., Comisión del Mapa Geológico; Imp. de Viuda e Hijos de M. Tello, Madrid.
- [5] MARTÍN-ROSALES, W., LÓPEZ CHICANO, M. y CERÓN, J.C. (2002). "Experiencias de conservación en la Gruta de las Maravillas (Aracena, Huelva)". En Carrasco, F., Durán, J.J. y Andreo, B. (Eds.) Karst and Environment, 539-545.
- [6] MARTÍN-ROSALES, W., LÓPEZ-CHICANO, M., RODRÍGUEZ, C.M. y PULIDO-BOSCH, A. (1995). "Morfología, espeleotemas y climatología de la Gruta de las Maravillas, Aracena (Huelva)". Espeleotemas, 5.1-12.
- [7] MARTÍN-ROSALES, W., RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. y ROMERO, E. (1995). "Contribución al conocimiento histórico de la Gruta de las Maravillas, Aracena (Huelva)". Bol. Museo Andaluz de la Espeleología, 5.11-19.
- [8] PUIG Y LARRAZ, G. (1896). "Cavernas y simas de España". Boletín de la Comisión del Mapa Geológico; Imp. de Viuda e Hijos de M. Tello, Madrid, 391 p.

20

## SISTEMA HUNDIDERO-GATO

JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO  
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, MADRID

BARTOLOMÉ ANDREO NAVARRO

PABLO JIMÉNEZ GAVILÁN

DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA Y GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**E**l Sistema Hundidero Gato se encuentra situado en el extremo nororiental de la Sierra de Líbar, en plena Serranía de Ronda, al noroeste de la provincia de Málaga. Posee dos bocas de grandes dimensiones, localizadas en los términos municipales de Montejaque (la superior, Hundidero, a 593 m s.n.m.) y de Benaoján (la inferior, Gato, a 423 m s.n.m.). La cavidad es sin duda una de las más emblemáticas de Andalucía desde el punto de vista espeleológico.

### ENTORNO GEOLÓGICO

La Sierra de Líbar se encuadra desde el punto de vista paleogeográfico en el dominio Penibético [15], en la Zona Externa de la Cordillera Bética. Su serie estratigráfica comprende un potente paquete acuífero de rocas carbonáticas jurásicas (de unos 500 metros de potencia), comprendido entre un sustrato triásico impermeable y una cobertera de margas y margocalizas cretácicas. Sedimentos terciarios de facies flysch pertenecientes al Complejo del Campo de Gibraltar cabalgan por el norte y el oeste sobre los materiales del Penibético. El sistema Hundidero-Gato atraviesa la secuencia jurásico-cretácica del extremo noreste de la Sierra, plegada y fracturada; los ejes de los pliegues existentes son NE-SW, y las fracturas principales son fallas normales más norteadas.

### HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

La primera travesía desde Hundidero hasta Gato de la que se tiene constancia se produjo en 1065 [16]. Existen numerosas citas históricas de sus entradas (sobre todo de Gato, abierta hacia el valle del Río Guadiaro, y más accesible que Hundidero), desde el siglo XVIII hasta la actualidad [4]. Pascual Madoz, en su Diccionario de 1845-50, cita la cavidad, aludiendo correctamente a la conexión entre las dos bocas del sistema. En 1912, H. Breuil exploró la boca de Gato, localizando algunas posibles pinturas rupestres y restos de cerámica. En esa década comenzaron los

estudios para realizar la Presa de los Caballeros, que pretendía embalsar para su aprovechamiento hidroeléctrico, el agua del Río Gadares o Campobuche antes de que sus aguas penetrasen por la boca de Hundidero. La construcción de la presa tuvo lugar entre los años 1922 y 1927 [1]. Los trabajos se abandonaron finalmente por la imposibilidad de retener el agua embalsada, debido a las importantes fugas en las calizas karstificadas del vaso del embalse en las proximidades de la cerrada.

Las exploraciones espeleológicas modernas comenzaron en los años 1960, por el grupo GEOS de Sevilla [13], y continuaron en los 70, por espeleólogos nacionales y malagueños ([8][17]), quedando hacia los 80 configurados los trazos generales del conocimiento espeleológico del conjunto del sistema.

### DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

El Sistema Hundidero-Gato tiene un recorrido aproximado de 8.000 metros, siendo una de las mayores cavidades de Andalucía. Presenta tres niveles de karstificación, de los cuales el intermedio es el de mayor desarrollo y por el cual se realiza la travesía espeleológica desde Hundidero hasta Gato. El piso superior, representativo de las etapas iniciales de la cavidad, se conserva en escasos tramos, mientras que el inferior permanece inundado y funciona como colector y/o emisor de agua según el estado de carga hidráulica en el que se encuentra el sistema.

En el recorrido subterráneo se pueden distinguir varios tramos, en el sentido de la circulación hídrica, desde la boca de Hundidero hasta la de Gato [9]. El sector inicial está caracterizado por la práctica ausencia de agua y por un desnivel importante, con numerosos saltos; los puntos de mayor interés son: la sala Súper, en la parte superior de la boca de Hundidero, de grandes dimensiones; las espectaculares cascadas de gours de la sala de los Gours y algunos lagos residuales colgados. El tramo desde la Plaza de Toros (amplia sala con forma circular) hasta la Gran Estalagmita constituye la zona de mayor concentración de surgencias en el interior de la cavidad, provenientes del vaso del embalse, en especial a través de las galerías de la Puerta. A partir de este punto, el tránsito espeleológico se hace difícil en épocas de crecida, por la existencia de corrientes rápidas de agua y de cascadas. En situación de estiaje este tramo presenta lagos de gran longitud. Desde el Salto del Ángel hasta el Lago 1100 se extiende la denominada Galería del Aburrimiento, a la que se une la única gran galería lateral del sistema, de unos 500 metros de recorrido, que aporta abundante agua durante las crecidas desde el sector del polje de Benaoján. A partir del Lago 1100 hasta la



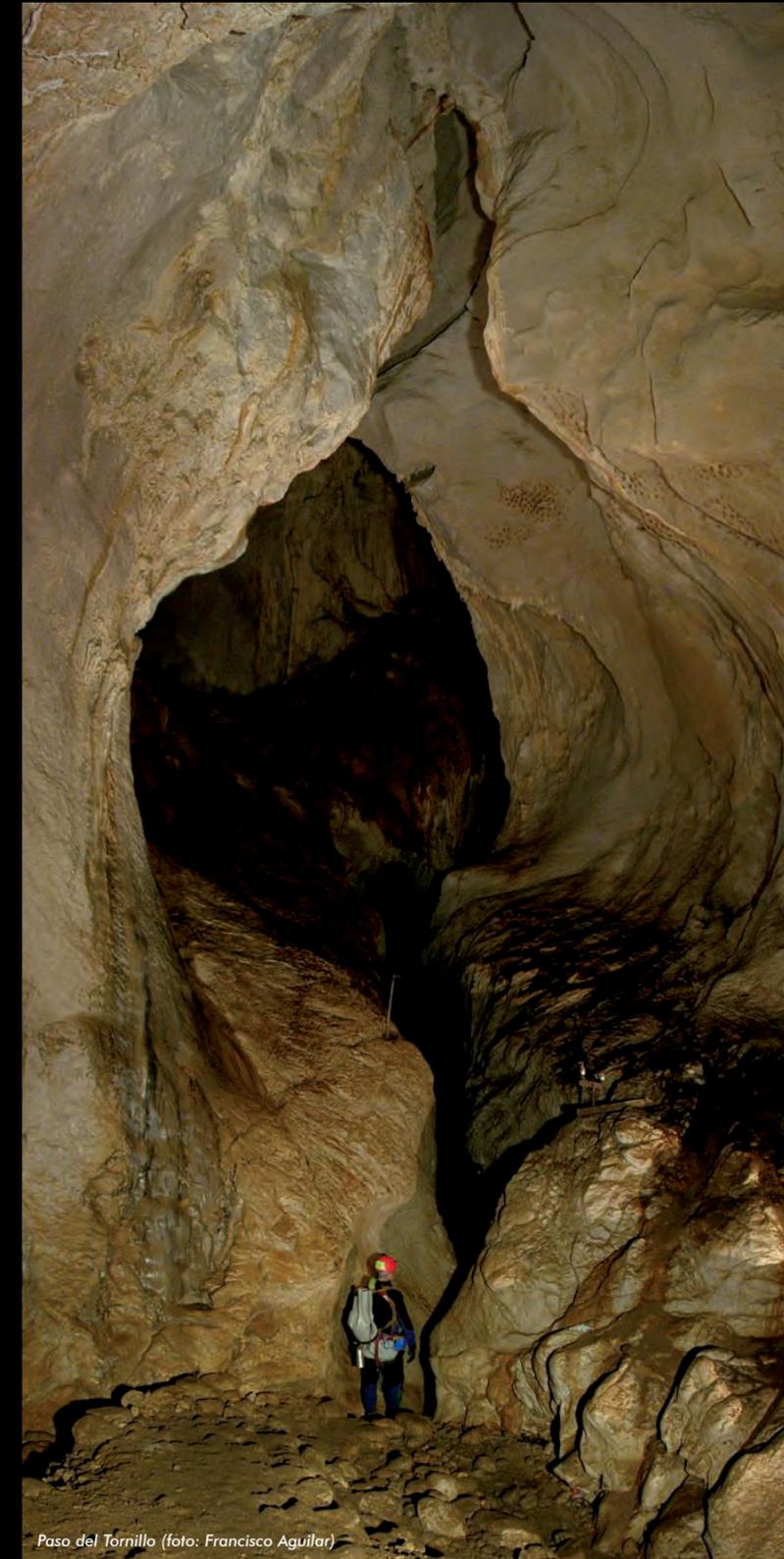
Galería de los Chorros (foto: Francisco Aguilar)

Sala de las Dunas (así denominada por la gran acumulación de arena existente), la red espeleológica cambia de morfología, con un perfil transversal en ojo de cerradura. En la sala de las Dunas existe una sima que conecta con el nivel inferior, con circulación hídrica permanente, y donde en condiciones hídricas intermedias el agua que circula por la cueva se sume en su totalidad. Desde la Sala de las Dunas hasta el Paso de la Olla solo hay circulación de agua en época de grandes crecidas, cuando se supera la capacidad de evacuación de la sima de la sala de las Dunas. En el último tramo del recorrido se produce un brusco cambio en la dirección de la cavidad (prácticamente todo ella orientada N-S, a partir del Paso de la Olla, W-E), que presenta características de conducto forzado. Cerca de la salida del sistema se encuentran una serie de surgencias, permanentes unas y estacionales otras, que alcanzan el exterior en la boca de Gato, situada unos 20 m por encima del cauce actual del río Guadiaro.

La red espeleológica Hundidero-Gato corresponde a la yuxtaposición del trazado subterráneo del Río Gaduares, posiblemente capturado de su trazado superficial en el Plioceno o



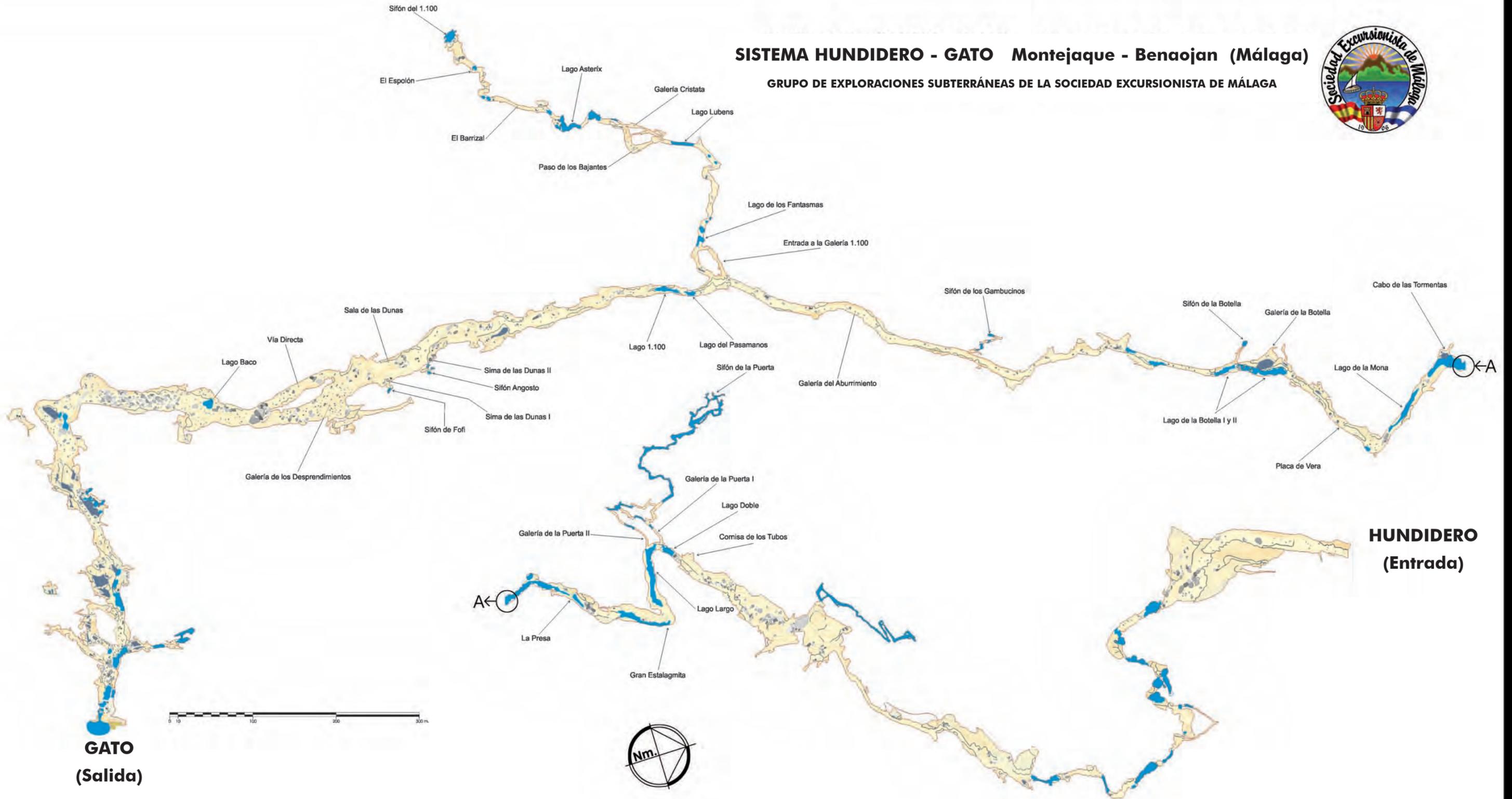
La Gran Estalagmita (foto: Francisco Aguilar)



Paso del Tornillo (foto: Francisco Aguilar)

# SISTEMA HUNDIDERO - GATO Montejaque - Benaojan (Málaga)

GRUPO DE EXPLORACIONES SUBTERRÁNEAS DE LA SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MÁLAGA



Pleistoceno Inferior, y de algunos conductos kársticos originados por una parte de los flujos hídricos subterráneos procedentes de la alimentación autóctona del acuífero kárstico de la Sierra de Líbar. En la actualidad, desde la construcción y abandono de la Presa de los Caballeros, toda la alimentación del sistema se produce por vía subterránea: una parte (aproximadamente el 40% del total del caudal descargado por Gato) se infiltra en el vaso del embalse, y el resto proviene de la infiltración directa sobre el acuífero. Mediante un ensayo con multitracedores ([2][14]) se ha confirmado que parte de los caudales drenados por Gato se infiltran en el polje de Pozuelo, a unos 6 kilómetros al oeste-suroeste del manantial, y calculado unas velocidades de tránsito de 90 metros por hora.

Durante el periodo de aguas bajas, la circulación hídrica en el sistema se produce por el nivel inferior, accesible espeleológicamente en escasos puntos (la sima de la Sala de las Dunas), y alcanza el nivel intermedio en las proximidades de la boca de Gato, antes de salir al exterior. En aguas altas, la circulación hídrica alcanza una parte importante del nivel intermedio, desde el sector conocido como Los Toriles hasta la boca de Gato. El caudal medio del manantial de Gato es de 1,5 m<sup>3</sup>/s, con puntas de 20 m<sup>3</sup>/s ([1][3]) ha confirmado, mediante el análisis de hidrogramas, el alto grado de karstificación funcional del sistema.

Galería de la Ciénaga (Foto: Francisco Aguilar)



Pese a la escasez de espeleotemas en el interior del sistema, se han realizado algunas dataciones geocronológicas ([5][6]) que indican una edad para los espeleotemas de 350 Ka (nivel superior) y 80 Ka (nivel intermedio). Nuevas dataciones en una secuencia mixta detrítico-espeleotémica situada cerca de la Sala de las Dunas ([10][11]) concluyen que existió una etapa de concrecionamiento correspondiente al cálido estadio isotópico 5, otra etapa posterior de aluvionamiento, posiblemente relacionada con la fase fría del estadio 4, y otra fase de génesis de espeleotemas correspondiente a la transición entre los estadios 3 y 2.

En la cavidad se pueden distinguir varias etapas de su evolución espeleogenética [7]. En la primera etapa se generó la morfología de cañón de Hundidero, ligada a la circulación en superficie libre del agua del río Gaduares, hasta alcanzar el entonces dren kárstico inundado de la Cueva del Gato. Posteriormente, se produjo el descenso del nivel de base del Guadiaro y se reorganizó el drenaje subterráneo, quedando la galería de Gato casi abandonada, prácticamente por encima de la zona saturada. En la actualidad, la red espeleológica Hundidero-Gato sigue siendo recorrida por las aguas subterráneas en situaciones de crecida, aunque su funcionamiento hidrológico está profundamente modificado por la construcción de la presa de los Caballeros.



Los Toriles en carga (foto: Francisco Aguilar)

#### REFERENCIAS

- [1] ALVAREZ, G. y ARIAS, E. (1992). "Documentación histórica relativa al complejo hipogeo Hundidero-Gato, Montejaque-Banaoján (Málaga)". Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología, 6: 9-16. Granada.
- [2] ANDREO, B.; VADILLO, I.; CARRASCO, F.; NEUKUM, C.; JIMÉNEZ, P.; GOLDSCHIEDER, N.; HÖTZL, H. VÍAS, J.M.; PÉREZ I. y GÖPPER, N. (2004). "Precisiones sobre el funcionamiento hidrodinámico y la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero kárstico de la Sierra de Líbar (provincias de Málaga y Cádiz, Sur de España) a partir de un ensayo de trazadores". Rev. Soc. Geol. España, 16 (3-4):187-197.
- [3] BENAVENTE, J. y MANGIN, A. (1984). "Aplicación del análisis espectral de series de tiempo al sistema espeleológico Hundidero-Gato". Actas I Congreso Español de Geología. III, 541-553. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. Segovia.
- [4] DE MORA-FIGUEROA, L. (1976). "Pioneros del Complejo hipogeo Hundidero-Gato (Serranía de Ronda, Málaga)". Actas del IV Congreso Nacional de Espeleología, 181-185. Marbella, Málaga.
- [5] DELANNOY, J.J. (1987). "Reconocimiento biofísico de espacios naturales de Andalucía. (Serranía de Grazalema-Sierra de las Nieves)". Junta de Andalucía -Casa de Velázquez. 50 pp. y 2 mapas. Sevilla.
- [6] DELANNOY, J.J. (1989). "La sierra penibética de Líbar (Serranía de Grazalema)". En: Reunion franco-espagnole sur les Karst méditerranéens d'Andalousie (J.J. Delannoy y F. Díaz del Olmo y A. Pulido Bosch, eds.), 155-181. Librería Andaluza. Sevilla.
- [7] DELANNOY, J.J. (1999). "Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las Serranías de Grazalema y de Ronda". En: El Karst en Andalucía (Durán, J.J. y López Martínez, eds.), 93-129. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- [8] DURÁN, J.J. (1979). "Nuevas galerías en el Sistema Hundidero-Gato". Andalucía Subterránea, 1-2: 49-58. Granada.
- [9] DURÁN, J.J. (1994). "Sistema Hundidero-Gato. En: Mundo Subterráneo (Fernández Rubio, ed.), Enresa, 121-128. Madrid
- [10] DURÁN, J.J. (1996). "Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución. Contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. 409 pp.
- [11] DURÁN, J.J. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (1999). "Datación e interpretación paleoambiental de una secuencia endokárstica pleistocena del sur de la Península Ibérica". En: Avances en el estudio del Cuaternario español (L. Pallí y C. Roqué, eds.), 159-164. Girona.
- [12] DURÁN, J.J.; ANDREO, B.; CARRASCO, F. y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (2005). "Central Andalucía. Karst, Paleoclimate and neoseismotectonics". Sixth International Conference on Geomorphology, Field Trip Guide A-6, 51 pp. Zaragoza.
- [13] GEOS (1968). "Estudio espeleológico del Complejo Hundidero-Gato". Geo y Bio Karst, 18.
- [14] JIMÉNEZ, P.; ANDREO, B. y CARRASCO, F. (2004). "Análisis de la descarga del sector nororiental de la Sierra de Líbar (provincias de Málaga y Cádiz, Sur de España)". En: As Aguas Subterráneas no sul da Península Ibérica (Ribeiro et al., eds.), 107-116.
- [15] MARTÍN-ALGARRA, A. (1987). "Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética (Sector Occidental)". Tesis Doctoral, Univ. Granada, 1171 pp.
- [16] MAYORAL, J. (2004). "Investigaciones espeleológicas en Montejaque y Banaoján (Málaga)". 153 pp. Ayuntamiento de Montejaque, Málaga.
- [17] RAMÍREZ-TRILLO, F. y SÁNCHEZ-PÉREZ, E. (1974). "Complejo Hundidero-Gato". Jábega, 6: 22-27. Málaga.

## 21

EL SISTEMA  
REPUBLICANO-CABITO

JOSÉ MILLÁN NARANJO  
ESPELEOCLUB KARST DE SEVILLA

La boca principal de la sima conocida como del Republicano o del Cabo de Ronda se abre en el flanco Oeste del llano al que da nombre, situado dentro del Parque Natural de Grazalema y dentro de los límites de la provincia de Cádiz, al pie de la conocida Sierra de Líbar, limitando igualmente con las Sierras del Peralto y de Los Pinos.

El acceso a la cavidad está señalado como itinerario de senderismo y arranca desde la localidad de Villaluenga del Rosario, desde donde se conduce por la pista forestal que accede a los Llanos. Recorridos unos tres kilómetros desde Villaluenga podremos localizarla bajo el cantil rocoso que delimita el llano de la Sierra. La entrada principal está constituida por la pérdida en forma de garganta del Arroyo de los Álamos que discurre paralelo a la linde rocosa.

### HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

El nombre de la Sima Republicano deriva de la creencia de que en ella fue arrojado el cadáver de un soldado del bando Republicano durante la Guerra Civil Española. Las primeras referencias sobre la exploración de la misma datan del año 1964 y provienen del Grupo GEX de la OJE de Jerez de la Frontera. La precariedad de los medios con los que se contaban entonces solo permite descender unos cuarenta metros en la sima, hasta la sala donde se bifurcan las vías GEX y ERE.

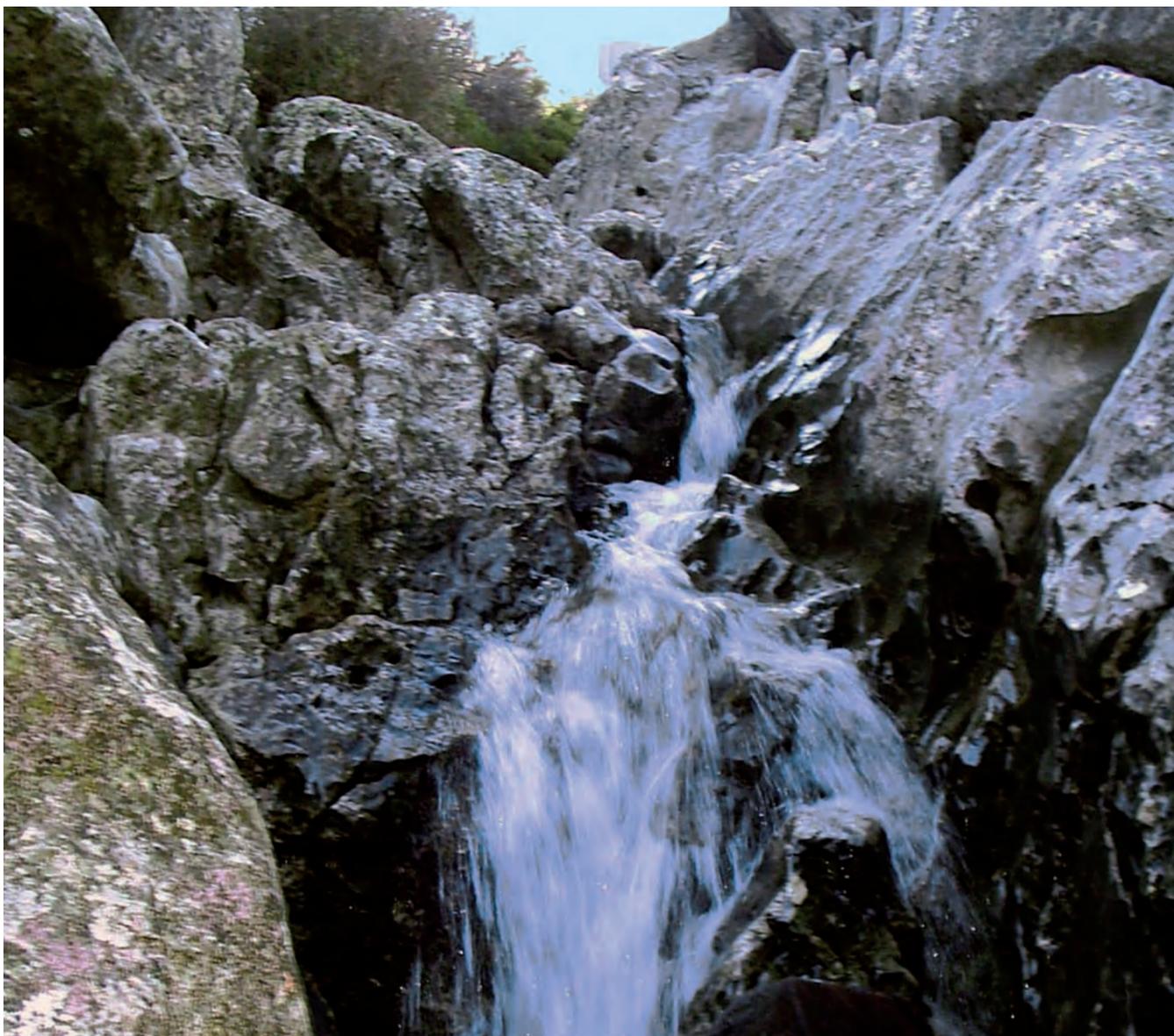
En el año 1968 el GEX había ya conseguido descender a noventa metros, compartiendo méritos con el grupo GEOS de Sevilla, que por aquellos años organiza varias expediciones en compañía del GES de la SEM de Málaga que culminarían con el descenso hasta los ciento veinte metros. La cota alcanzada y las dificultades que plantea la exploración hacen que la Sima empiece a adquirir notoriedad, tanto a nivel andaluz como nacional.

En el año 1972, una expedición mixta de miembros del GEOS y la SEM de Málaga consiguen alcanzar el sifón terminal, a una cota que ellos estiman en -235 m. Además, exploran la Sima de Cabito hasta -45 m. En los años posteriores se suceden las visitas a la cavidad y se publican los primeros trabajos sobre la Sima ([2][3][4][5][6][7]). En 1989 el ERE publica una topografía de la cavidad en la que cifra la cota del sifón en -202 metros [9]. El GIEX hace lo propio y además explora íntegramente la Sima de Cabito publicando una topografía [8].

El GIEX aborda una serie de trabajos en la Sima que permiten la exploración de nuevos sectores como La "Galería del Lago Paqui", que cortocircuita las vías GEX y ERE. Así mismo realiza escaladas en la llamada "Sala de la Conexión" buscando la unión física en este punto con la Sima de Cabito, deteniéndose la exploración en un estrecho sifón. Descubre así mismo una nueva cavidad situada sobre el cauce del barranco de acceso y que conecta con la Sima de Cabito, la llamada Sima de la Raja.

En el verano de 1992, una expedición mixta de los grupos CAS de Sevilla y la SEM de Marbella aborda la exploración del sifón terminal, con técnicas de espeleobuceo. Se explora hasta los -33 metros confirmándose la continuidad en profundidad. No hay novedades destacables hasta el año 2002 en el que el Grupo KARST de Sevilla en colaboración con otros clubes inicia una serie de campañas destinadas a la exploración integral del Sistema. Estas campañas se prolongan hasta el verano del 2004 y dan como resultado importantes ampliaciones tanto en la profundidad como en el desarrollo total. En el Sifón terminal se consigue descender hasta -60 m. Por otro lado, diversas escaladas e inmersiones permiten la unión física entre Cabito y Republicano a través de estrechos sifones conectados por una gran una gran galería aérea que actualmente continúa en exploración. Así mismo se descubre una nueva vía descendente bautizada como "Galería de la Mandíbula".

Acceso principal a la Sima de Republicanos (foto: Luis Vázquez Guerra)



Entrada de la Sima Cabito durante época de crecida (foto: Espeleoclub Karst)

Con todo esto el desarrollo de la Sima aumenta hasta los 1.600 metros. La profundidad explorada se cifra en unos 256 m (la real, según sondeos, supera probablemente los -300 metros). En el 2005, el Grupo Karst realiza un nuevo plano topográfico donde se reflejan todos los sectores inéditos.

#### DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

Los primeros metros de recorrido de la Sima se realizan por un bonito barranco excavado sobre el lecho calizo que tras un corto recorrido se desfonda en un resalte bajo el que se abre una gran sala tapizada de grandes bloques. El final de la sala es

un nuevo resalte que tiene como base un profundo lago circular. Tras subir una inclinada rampa se conecta con la base del primer pozo de la Sima de Cabito. En el sentido de las aguas accederemos a una serie de grandes galerías excavadas a favor de fallas y conectadas por pozos y rampas. Durante todo su recorrido hay que superar innumerables pozas y lagos que obstaculizan la progresión. Con esta tónica y tras salvar 500 m de recorrido y 200 m de desnivel culminaremos la exploración en un gran lago sifonante de gran profundidad.

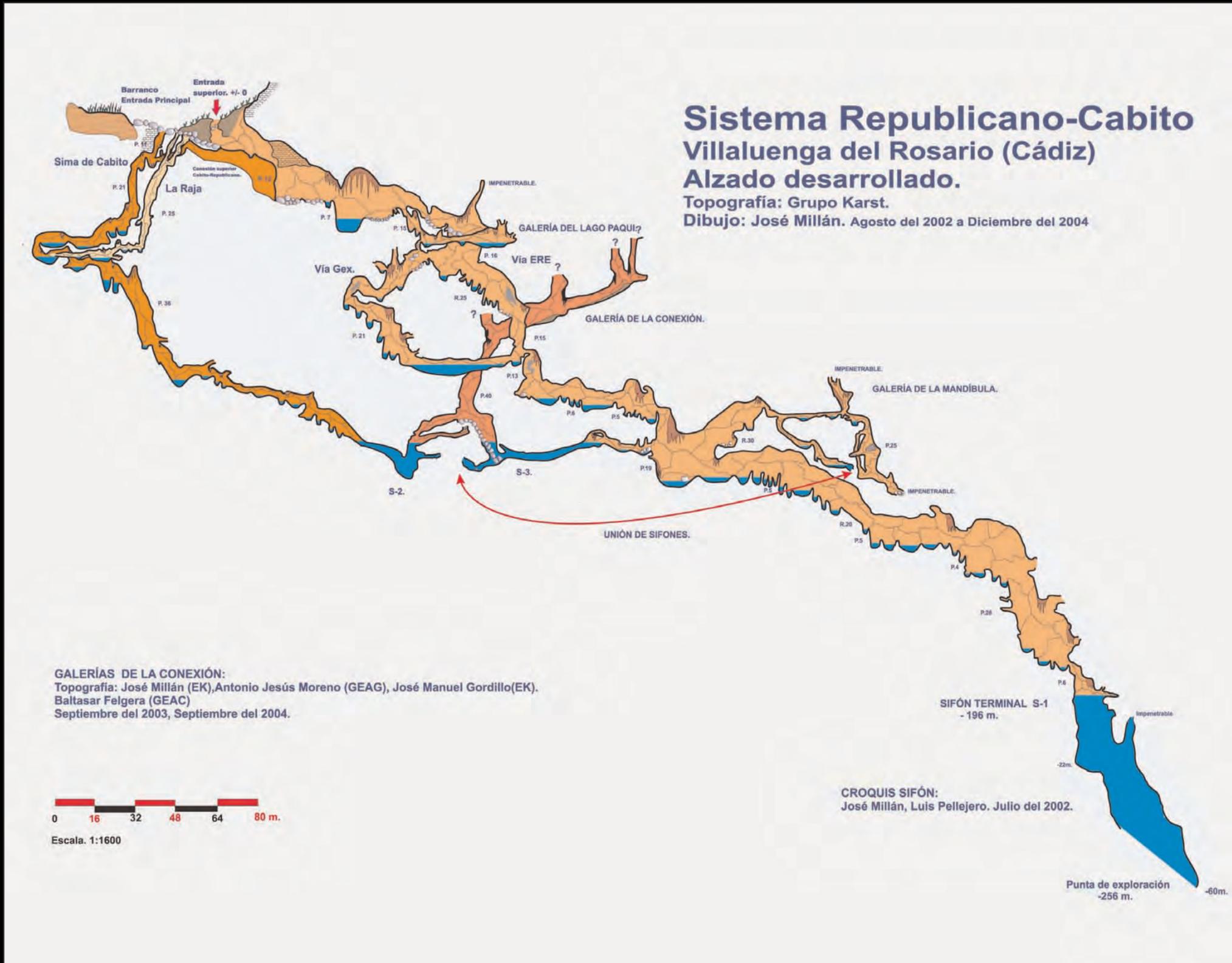
En el recorrido es destacable la existencia de dos vías alternativas llamadas GEX y ERE, que vuelven a converger en una sola unos cuarenta metros más abajo, tal y como se observa en el plano

topográfico de la cavidad. Otros detalles destacables son la existencia de una galería colgada situada sobre la sala de bifurcación de las dos vías, la llamada "del Lago Paqui" y una gran galería ascendente en forma de rampa que conecta con los sifones de conexión con Cabito. Ésta y el sifón terminal son las principales incógnitas del sistema.

La Sima Cabito es actualmente la principal pérdida del Arroyo. Está constituida por una sucesión de verticales y lagos profundos que culminan en un estrecho sifón a unos cien metros de profundidad. Las aguas resurgen desde este punto a la llamada Sala de la Conexión en la Sima de Republicano. Sobre el barranco y más escondidas, se abren dos nuevas vías descendentes que conectan con Cabito, son las vías de la Sima de La Raja. Constituyen los accesos más recientemente descubiertos a este importante Sistema.

Galería de la conexión entre la Sima Republicano y la Sima Cabito (foto: Espeleoclub Karst)







Pasamos en rampa en la Sima Republicano (foto: Espeleoclub Karst)



Colada en la Sima Republicano (foto: Espeleoclub Karst)

#### REFERENCIAS

- [1] MORIÓN, A. (1970). "Documentación sobre cuevas y simas de la provincia de Cádiz". Actas del I Congreso Nacional de Espeleología, 223-230. Barcelona.
- [2] RIVERA, C. (1970). "Resultados faunísticos de la Campaña Ronda 70". Actas del I Congreso Nacional de Espeleología, 123-129. Barcelona.
- [3] ROMERO, M. (1970). "Nota de coneixement espeleològic de la depressió de Villaluenga (Cádiz)". Actas del I Congreso Nacional de Espeleología, 53-56. Barcelona.
- [4] ROMERO, M. (1971). "Exploracions espeleològiques Ronda 70". Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya, Muntanya 56: 319-322. Barcelona.
- [5] GEOS/GES-SEM (1972). "Villaluenga 71". Boletín informativo C.R.S.E. nº 0: 33-54. Málaga.
- [6] GEOS (1974). "Nuevas exploraciones en la Provincia de Cádiz". Monografías Espeleológicas, 3: 4-26. Málaga.
- [7] MORIÓN, A. y PEDROCHE, A. (1976). "Ampliación del catálogo de cavidades de la Provincia de Cádiz". Actas del IV Congreso Nacional de Espeleología, 48-57. Marbella.
- [8] PEDROCHE, A.; MORIÓN, A.; CRUZ, M.; RODRÍGUEZ-MARTÍN, J. y RODRÍGUEZ-GALISTEO, R. (1980). "Datos sobre cavidades del Valle de Villaluenga del Rosario (Cádiz)". Andalucía Subterránea, 3: 16-29. Granada.
- [9] INGLÉS, A. y ROMERO, M. (1989). "Exploracions a Andalucía: les cavitats de la Serrania de Grazalema". Espeleolog, 38: 3-18. Barcelona.

## 22

LA CUEVA DEL AGUA  
DE IZNALLOZ

MANUEL J. GONZÁLEZ RÍOS

DELEGACIÓN DE CULTURA - CUEVA DEL AGUA (DIPUTACIÓN DE GRANADA)

**L**a Cueva del Agua (Iznalloz, Granada) se abre en la ladera SE del pico Cabezo del Asno en Sierra Harana, a unos 1750 m de altitud. Se accede por un camino rural entre Cogollos Vega y Deifontes, frente al Cerro de la Atalaya. El carril flanquea la vertiente Norte del Cerro Gordo (1703 m), Cerro del Espino (1755 m) y el monte Orduña (1931 m) y tras recorrer unos 6 km concluye en la Cueva del Agua. Aunque el acceso a la Cueva del Agua se realice por el municipio de Cogollos Vega o Deifontes, la boca se abre en el término de Iznalloz ([1][8]).

## HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

**D**ejando al margen la ocupación humana que ha tenido la cavidad desde el Eneolítico hasta nuestros días, las primeras exploraciones, al parecer, se llevan a cabo a finales del siglo XIX, organizadas por vecinos de Deifontes ([3][5]).

Alrededor del año 1918 se realiza la primera expedición científica a la cavidad, dirigida por el abate H. Breuil, con la recogida de varios ejemplares de coleópteros para su estudio.

No fue hasta el año 1929, y motivados por las aficiones fotográficas de D. Francisco Girela y D. Francisco Pérez, cuando se realizan las primeras fotografías de la Cueva del Agua. Posteriormente, en 1945, un grupo de montañeros granadinos entran en la cavidad, quedando detenidos en la Sima del Plus Ultra. Este grupo funda el Grupo de Espeleólogos Granadinos, convirtiéndose en la primera asociación andaluza dedicada al estudio y exploración de las cavidades naturales.

El G.E.G. y el G.E.S. del C.M. Barcelonés organizan en agosto de 1950 una nueva expedición, que dio como resultado la primera topografía de la cavidad; se descubren la Sala de la Música, Canchal, y del Peligro descendiendo, por fin, la Sima del Plus Ultra, en cuyo fondo se alcanzó el punto más profundo de la cueva ([7][10]).

En 1969 se inician los trabajos de acondicionamiento turístico de la cavidad, quedando estos sin concluir. En 1973, se acomete por parte de la Diputación un nuevo estudio de la cavidad, sin duda alguna el más completo e importante efectuado hasta la fecha. Se realizan nuevos descubrimientos como la Galería de la Universidad, Galería Juan y Carlos y se confecciona el plano topográfico más detallado y completo de los realizados hasta la fecha.

En noviembre de 1991 la Diputación aprueba la creación de una Comisión Consultiva para la gestión de la Cueva del Agua cuyo fruto principal ha sido la instalación de un laboratorio de investigación en su interior [6], todavía activo y con el propósito de determinar la viabilidad turística de la cavidad [2].

## DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

**L**a Cueva del Agua abierta en el contacto de falla entre las calizas del Lías inferior y unas dolomías muy milonitizadas del Lías superior en la base [9]. Las calizas sirven de techo a la gruta, mientras que las dolomías, muy trituradas por la falla, forman el suelo.

Predominan las fuertes pendientes, siguiendo el buzamiento de dicho contacto, que alcanzan profundidades superiores a los 150 m, siendo el punto máximo descendido la Sala de la Universidad a 180 metros de profundidad.

Al abrirse la cavidad en el plano de contacto de la falla, no se encuentran galerías de drenaje con direcciones preferentes, sino una sucesión de grandes volúmenes interconectados entre en el mismo plano del contacto litológico.

La entrada de la Cueva del Agua, originariamente de pequeñas dimensiones, ha sufrido diferentes remodelaciones desde los años 50, siendo la última en el año 1985 con la colocación de una nueva puerta metálica. Franqueada esta, se entra en el Vestíbulo, en cuyo flanco NE una fuerte rampa escalonada artificialmente, conduce al Pasillo de las Columnas. Un poco más adelante las dimensiones de la cavidad aumentan considerablemente. Se ha entrado en la Gran Caverna, de esta parten dos



El Púlpito. Uno de los espeleotemas más espectaculares de la cavidad (foto: M.J. González Ríos)

grandes sectores, que se describen como las Cavernas Orientales -las más bellas y de fácil acceso- y las Cavernas Occidentales -las más espectaculares por sus dimensiones y dificultad orográfica ([4][5]).

#### Las Cavernas Orientales

Desde la Gran Caverna, una senda con una fuerte pendiente parte hacia la Cámara de los Endriagos con abundantes espeleotemas, algunos de ellos de gran tamaño y aspectos fantasmagóricos,

mientras que el suelo queda salpicado de pequeños gour, que fueron la fuente de agua para los antiguos habitantes de la cavidad. Al pie de unos bloques, se pueden observar los únicos vestigios de pinturas rupestres esquemáticas encontradas.

Al NE y tras un corto recorrido se entra en la Zona de los Lagos. El techo plano, colmado de finas estalactitas fistulosas contrasta enormemente con los "siniestros" corredores excavados en las dolomías; paredes recubiertas de diminutos cristales de aragonito y calcita, y antiestagalmitas como espeleotemas peculiares.

Un poco más abajo la cueva nos vuelve a sorprender; una abertura en la pared lleva a la Laguna del Glaciar. Junto a esta se abre un orificio en la pared, que baja a la Sala de la Música y un poco más abajo a las Salas del Canchal, a una profundidad de 140 m.

#### Las Cavernas Occidentales

El conjunto de cavernas occidentales, si bien presentan un aspecto mucho más espectacular y grandioso, es bastante menos intrincado que el anteriormente descrito.

A grandes rasgos, se puede decir que este sector se encuentra dividido en tres grandes áreas: de la Gran Caverna a la Sima del Plus Ultra, la Galería Juan y Carlos y la Galería de la Universidad.

El visitante queda impresionado al asomarse a sala de la Gran Caverna y La Sima de los Dientes del Dragón. Son, sin duda alguna, los parajes más espectaculares de toda la cavidad.

El descenso de los primeros metros lleva a contemplar las enormes formaciones que dan nombre al recinto "Dientes del Dragón". Uno se siente empujado ante la visión de gigantescas estalagmitas de varios metros de diámetro, estilizadas estalactitas de gran tamaño y los enormes bloques que configuran el suelo, configurando una barrera natural hacia las partes más profundas. El paso entre los bloques es laborioso pero finalmente, tras acceder al Paso de las Uvas, alcanza una profundidad de unos 90 m.

La caverna adquiere entonces una configuración más vertical, hasta alcanzar la cabecera de la Sima del Plus Ultra. Se trata de un pozo de unos 20 metros en cuyo fondo se abren las Salas de la Virgen de las Angustias tras alcanzarse la profundidad de 150 m.

A la altura del Paso de las Uvas, pero al Oeste y tras un corto recorrido entre bloques y pasadizos bellamente decorados, se abre la entrada a las Galerías de la Universidad, en cuyo fondo se alcanza la máxima profundidad de la caverna, unos 180 m desde la entrada

Cámara de los Endriagos (foto: M.J. González Ríos)

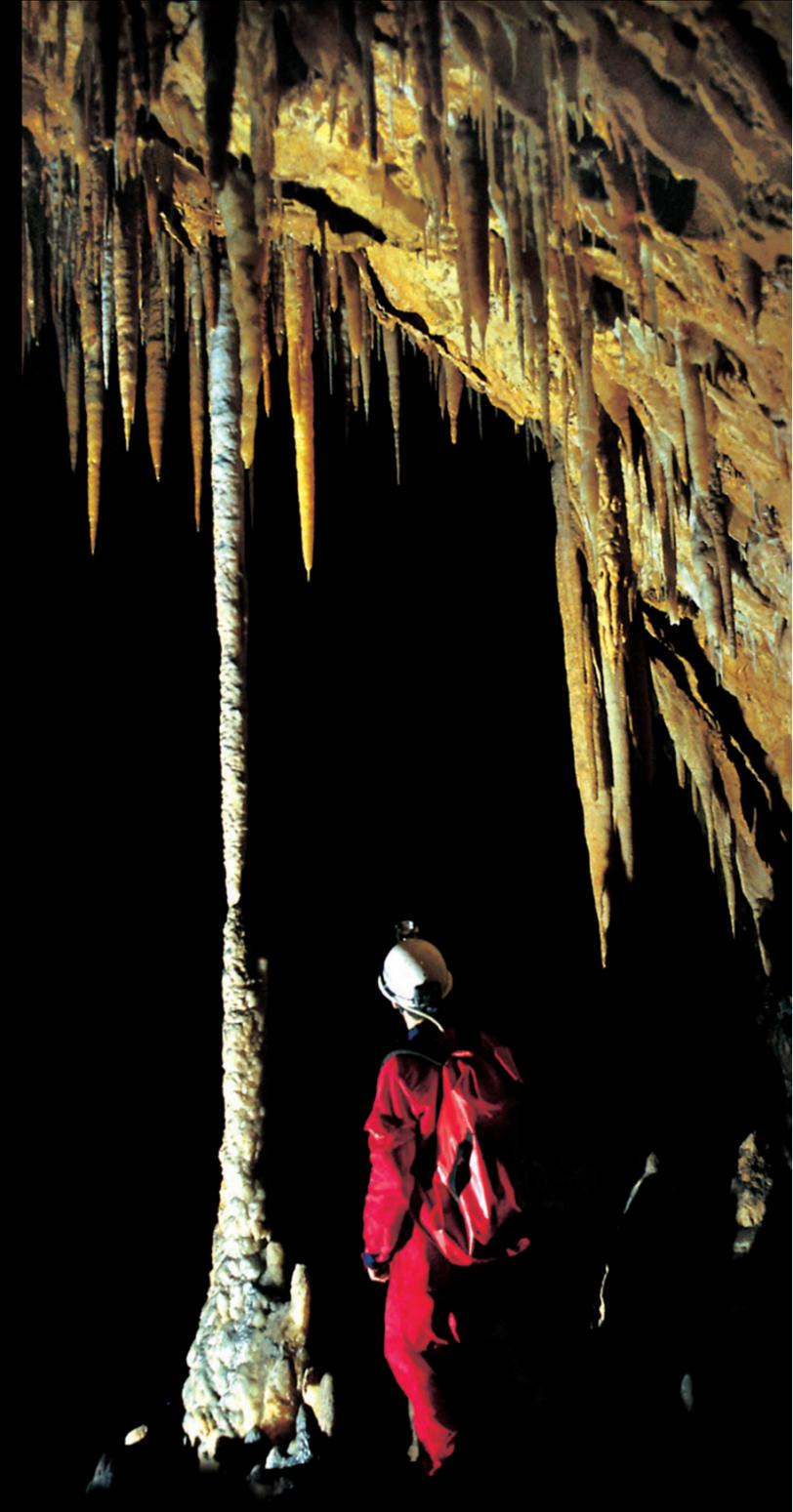


# CUEVA DEL AGUA

## IZNALLOZ - GRANADA



TOPOGRAFIA CNE - 1973



Columna Encantada (foto: J.M. González Ríos)



Laguna del Glaciar (foto: M.J. González Ríos)



El Lago Verde en la Zona de los Lagos (foto: M.J. González Ríos)

## REFERENCIAS

- [1] ALCALDE, F.; MENJÍBAR, J.L.; QUIRÓS, R.; SANTAELLA, A. y GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (2001). "Cavidades del Término Municipal de Iznalloz (Granada). Sierra Harana (1ª Parte)". *Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos*, 78 pp. Granada.
- [2] CALAFORRA, J.M.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; SÁNCHEZ-MARTOS, F.; GISBERT, J. y PULIDO-BOSCH, A. (2003). "Environmental control for determining human impact and permanent visitors capacity in a potential show cave before tourist use". *Environmental Conservation*, 30(2): 160-167. London.
- [3] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (1987). "La Cueva del Agua, Iznalloz (Granada). Historia de las Exploraciones". *Bol. Museo Andaluz de la Espeleología*, 1: 17-24. Granada.
- [4] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (2004). "La Cueva del Agua". En: "Grandes Cuevas y Simas del Mediterráneo. Guía Fotográfica" Ferrer-Rico V., 60-69. Barcelona.
- [5] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y MARÍN-MALDONADO, J.C. (1995). "La Cueva del Agua". *Diputación Provincial de Granada*, 100 pp. Granada.
- [6] GONZÁLEZ-RÍOS, M.J.; TINAUT, A.; CALAFORRA, J.M. y SÁNCHEZ-MARTOS, F. (1995). "Un laboratorio de investigación. La Cueva del Agua (Iznalloz, Granada)". *Subterránea*, 4: 30-33. Barcelona.
- [7] LINARES-PALMA, J. (1964). "La Cueva del Agua de Sierra Harana", L. Linares (ed.) 48 pp. Granada.
- [8] MARÍN-MALDONADO, J.C.; GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. y DÍAZ-GONZÁLEZ, M. (1983). "Cavidades del sector Cabezo del Asno, Sierra Harana (Granada)". *Spes*, 3: 75-91. Granada.
- [9] SÁNCHEZ-MARTOS, F.; CALAFORRA, J. M.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. y GONZÁLEZ-RÍOS, M.J. (2002). "Experiencia de visitas masivas a cavidades en condiciones naturales, la Cueva del Agua de Iznalloz (Granada)". *Geogaceta*, 31: 31-34. Madrid.
- [10] THOMAS-CASAJUANA, J.M. y MONTORIOL-POUS, J. (1951). "La Cueva del Agua de Sierra Harana (Granada)". *Speleon*, 11(1): 5-46. Oviedo.

## 23

EL COMPLEJO  
KÁRSTICO DEL CERRO  
DE LAS MOTILLAS

ANDRÉS PEDROCHE FERNÁNDEZ

GIEX - GRUPO DE INVESTIGACIONES ESPELEOLÓGICAS DE JEREZ

**E**l Cerro de las Motillas se localiza en el extremo oriental de la provincia de Cádiz, sirviendo de límite entre esta y la de Málaga y con la particularidad de que su extremo Oeste pertenece al término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz) y el Este a Cortes de la Frontera (Málaga).

Se accede por la carretera comarcal que partiendo de Puerto Galis se dirige a Jimena de la Frontera, una vez pasado el puente sobre el río Hozgarganta a pocas decenas de metros a la izquierda, parte una pista forestal que tras 6 km nos deja cerca del Llano del Ramblazo, punto neurálgico del que parten la mayoría de las entradas al Complejo. Otro acceso se hace partiendo de la carretera de Jerez-Cortes, a la altura del p.k. 88, situado frente al Peñón del Berrueco y siguiendo la pista forestal hasta el Llano del Ramblazo.

#### ENTORNO GEOGRÁFICA

**E**l enclave principal está dominado por las areniscas del Aljibe de época Triásica, con una dirección predominante de las estructuras geológicas NS ([3][7]). La altura máxima es el pico que le da nombre (Aljibe, 1091 m), siendo las formas redondeadas y suaves las que dominan el paisaje.

Las calizas más compactas que aparecen pertenecen al Jurásico y Cretácico Superior en una sucesión de cerros testigo, correspondientes al dominio Subbético Occidental, como son el Peñón del Berrueco, Cerro de la Fantasía, Cerro de las Motillas, Molino de la Canasta y Cerro Buenas Noches.

#### HISTORIA DE LAS EXPLORACIONES

**A**unque ya el hombre prehistórico dejó sus huellas en varias cavidades del Cerro (Cueva de las Motillas, Cueva del Higueral, Abrigo del Bombín, Cueva de los Márquez), las primeras referencias escritas que se conocen como verdaderas exploraciones datan del siglo XVIII, cuando en Mayo de 1762, el cura de la Villa de Cortes, D. Francisco Xavier Espinosa y Aguilera, acompañado de D. Francisco Garcés, Presbítero, Cura y Teniente de esa Parroquia, van a la ciudad romana de Saepona, situada en las cercanías del Peñón de la Fantasía para copiar una inscripción romana que se citaba en un manuscrito de 1760. Realizada la copia y recorrido el lugar, se relata

una descripción geográfica y topográfica de la zona, donde se hace referencia al denominado "Sitio de las Motillas" y a la travesía que hacen tres jóvenes (uno de Cortes y los otros dos de Ubrique) desde la Cueva de las Motillas al Sumidero de Parralejo [4].

D. Gabriel Puig y Larraz cita la Cueva de las Motillas [2], en su conocidísima obra "Cavernas y Simas de España" publicada en 1896, como un lugar en que se explotaba la murciélago. Y el no menos famoso Abate Henri Breuil, cita la cavidad en un artículo sobre fauna cavernícola recolectada en los primeros 400 metros de la Cueva de las Motillas, entre los años 1911 y 1913 y publicado en 1914 por los biospeleólogos R. Jeannel y E. Racovitza [1].

Hay un tremendo salto hasta nuestros días, en que por el año 1974 el GERS de San Fernando (Cádiz), el GIE y GEX de Jerez de la Frontera, de forma independiente comienzan las exploraciones; posteriormente el GERS invita a la SEII de Madrid que también inicia sus andaduras por el Complejo para proseguir, tras la fusión del GIE y GEX en el actual GIEX, conjuntamente las exploraciones desde 1979 [8].

Desde entonces, el peso de los descubrimientos constantes ha recaído en el GIEX de Jerez de la Frontera, e iniciará una revisión del Complejo y zonas colindantes, actualmente en curso [5].

## DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

La estructura del karst que nos ocupa se presenta unos caracteres hidrológicos muy simples, pero a la vez con una riqueza en formas endokársticas muy diversificada. En la actualidad se compone de ocho bocas intercomunicadas, además de otras cavidades que claramente forman parte del Complejo pero que físicamente no se pueden sumar a este.

En la formación del enrejado de galerías tienen fundamental importancia las simas-sumidero, destacando sobre las demás el Sumidero del Ramblazo -por el que se pierde el arroyo del mismo nombre y que constituye la boca superior del Complejo- y el de Parralejo, que drena las aguas del torrente de la Guindaleta.

Tomando la entrada del Ramblazo, se advierte que en su morfología predomina claramente la sucesión de pozos en cascada, ganándose profundidad muy rápidamente, hecho que no sucede con el resto del Complejo. Su boca, tras un resalte de 4 m, accede a una galería donde los fenómenos clásicos dejan paso a un meandro que muere en la cabecera de un bello pozo de 17 m con las paredes lavadas por la acción del agua. A partir de aquí, la cavidad continúa con un trazado meandriforme que desemboca en un espectacular pozo de 30 m y otro de 9 m que abren el acceso a una zona de galerías fósiles. Sigue el recorrido por un meandro descendente que nos sitúa ante un nuevo

pozo de 7 m, con una profunda poza en su base. A continuación, un lago residual, que se salva mediante un pasamanos instalado con cable de acero, nos deja en la cabecera de un pozo de 9 m. De frente se abre la galería de conexión Ramblazo-Parralejo, que tras una fuerte rampa nos deja en la Sala de la Pérdida en la que tendremos que bajar dos escarpes hasta alcanzar su fondo. Una escalada nos permite alcanzar una galería horizontal colgada que tras dos pequeños pozos nos permite alcanzar el sifón terminal.

La galería de conexión Ramblazo-Parralejo, presenta un recorrido horizontal, con claras muestras de erosión freática en paredes y bóvedas y potentes depósitos de sedimentos arenosos que cubren el suelo.

El Sumidero de Parralejo es sin duda el mayor y más espectacular del sistema, con una cuenca vertiente de unos 5 km<sup>2</sup>, se estima que ha generado las galerías de una buena parte del Complejo. Por su entrada de grandes dimensiones se precipita, en épocas de avenida, una cascada que se puede salvar por un pozo lateral. Presenta unos rasgos morfológicos distintos al Sumidero de Ramblazo, con una red de galerías como la denominada Galería Fósil, con claros vestigios de una pretérita circulación (cantos rodados, gravas, depósitos de arenas junto con abundantes espeleotemas). En esta galería se encuentra la unión con las Simas de la Murcielaguina y Cochinos, antiguas entradas del Complejo; la galería nos conducirá a la Cueva de las Motillas y del Quejigo.



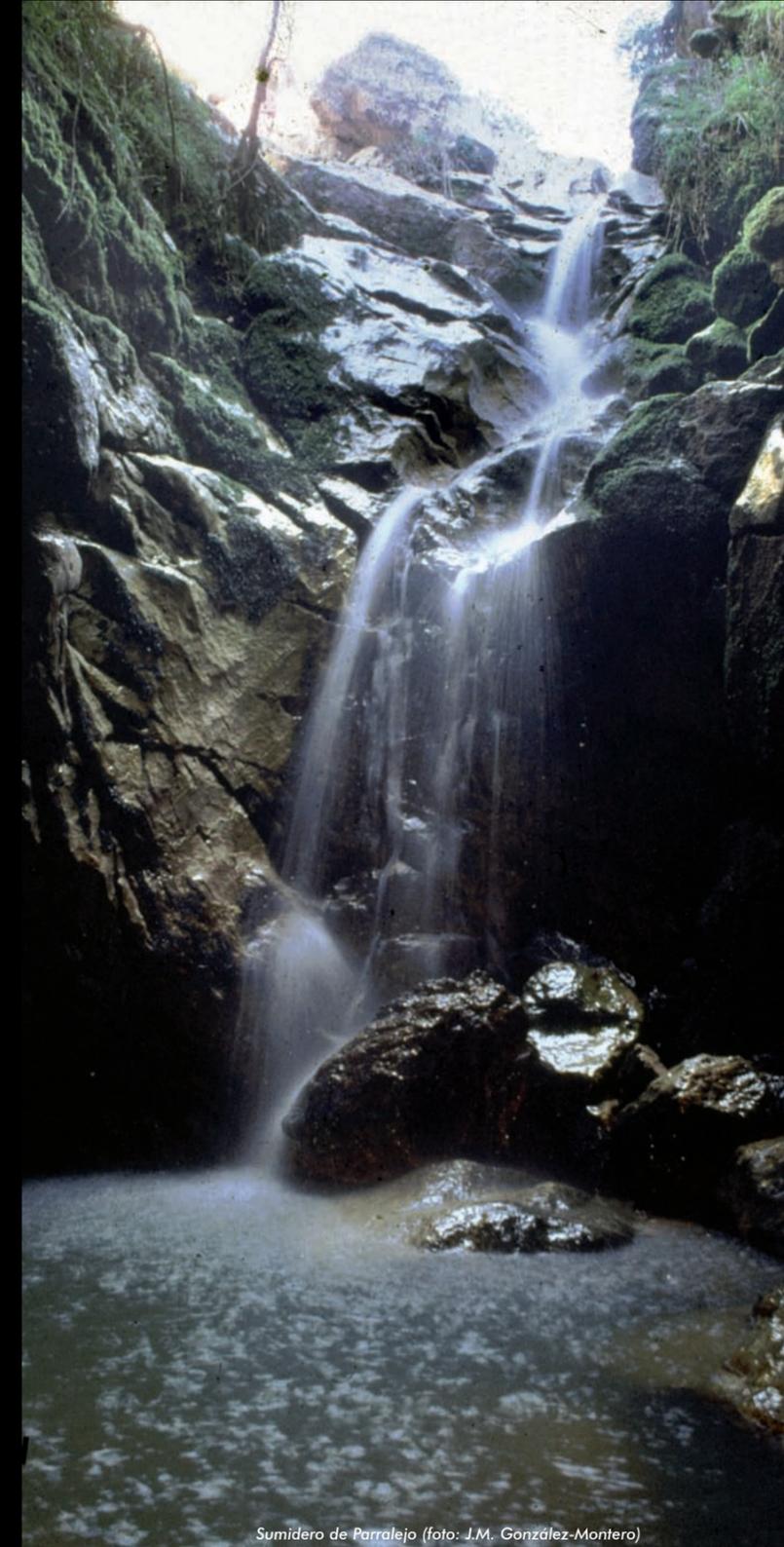
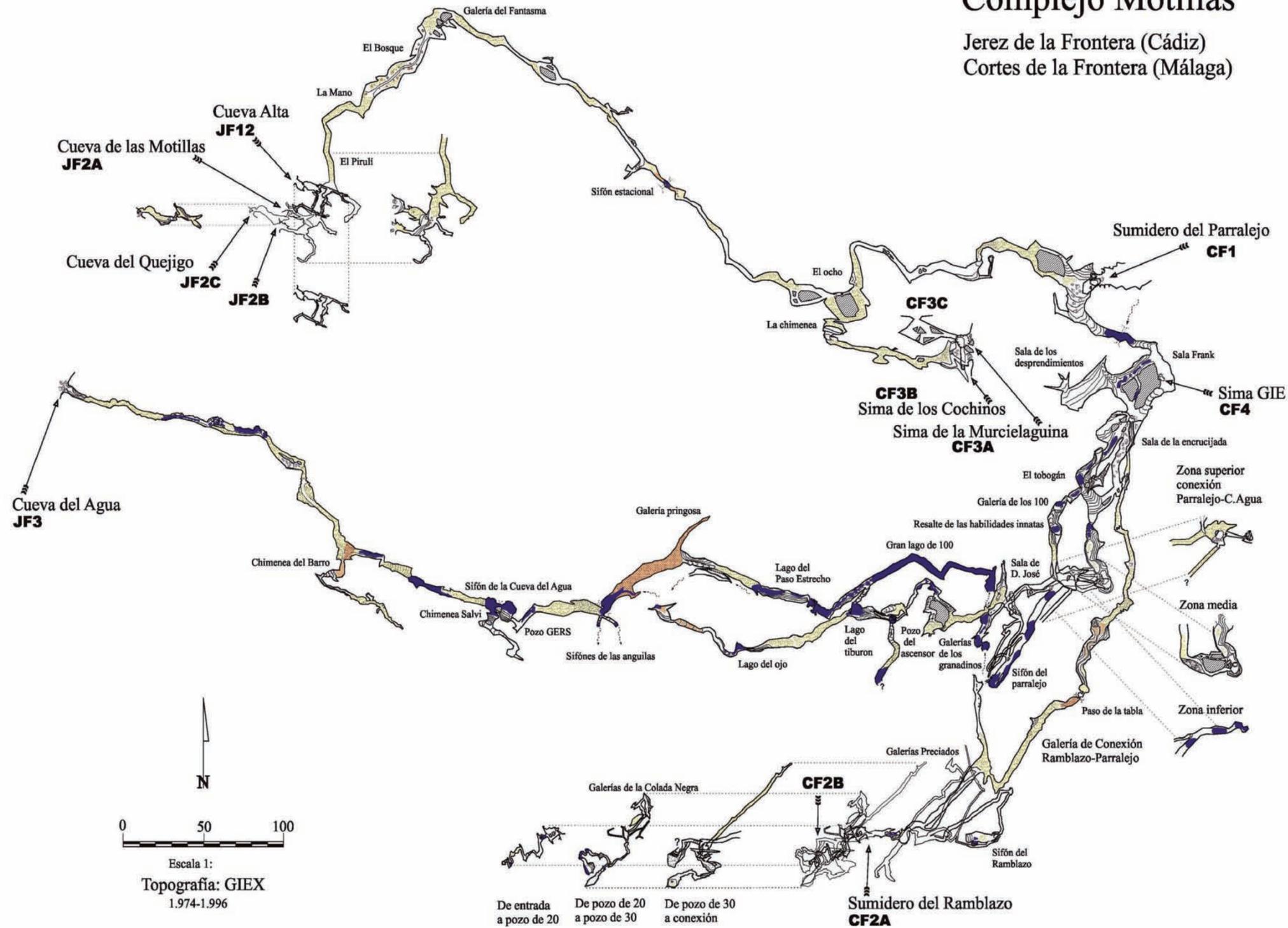
Complejo Motillas - Ramblazo (foto: Francisco Hoyos Méndez)



Sumidero de Parralejo. Espeleotemas. (foto: J.M. González-Montero)

# Complejo Motillas

Jerez de la Frontera (Cádiz)  
Cortes de la Frontera (Málaga)



Sumidero de Parralejo (foto: J.M. González-Montero)



Sumidero de Parralejo. Galería Alta (foto: J.M. González-Montero)

Siguiendo la parte activa del Parralejo, se accede a amplias galerías que, tras un sifón inundado en época de lluvias, permite la unión por el techo con la Sima GIE. Más adelante, la conexión con Ramblazo en una zona de bloques y siguiendo el curso del río, a la derecha, se abre una nueva galería fósil paralela a la activa. Tras un pozo de 7 m, la cavidad toma de nuevo dimensiones espectaculares, con un gran pozo de 15 m y fondo en marmita. Dos pequeños escarpes dan acceso a una zona semihorizontal con partes inundadas y una compleja red de conductos freáticos (Galería de los Granadinos) que llevan al sifón final.

La red fósil, tras un accidentado y complejo recorrido por zonas que incluso hay que desobstruir todos los años (Sala Don José),

pequeños pozos que nunca superan los 15 metros de profundidad, meandros inundados, lagos residuales y un recorrido por una zona inundada (la red activa), sifonada gran parte del año, nos conducirá al Pozo GERS, punto de conexión con la Cueva del Agua.

La salida al exterior por la Cueva del Agua se hace sin mayores complicaciones, cruzando varias zonas inundadas que forman lagos residuales, en un nuevo tramo horizontal. Esta zona actúa de trop-plein del Complejo cuando las surgencias de los Charcos Hediondos no pueden desalojar todo el caudal que se sume por Parralejo y Ramblazo.

#### REFERENCIAS

- [1] JEANNEL, R. y RACOVITZA, E. (1914). "Enumeration Des Grottes Visitées, 1911-1913". Archives de Zoologie Expérimentales et Générale, 53: 349-350.
- [2] PUIG Y LARRAZ, G. (1896). "Cavernas y simas de España". Boletín de la Comisión del Mapa Geológico; Imp. de Viuda e Hijos de M. Tello, Madrid, 391 pp.
- [3] ROBLES, J. (1993). "Geología Estructural y Geomorfología del Cerro de las Motillas". Caos, 7: 1-17. GIEX, Jerez de la Frontera.
- [4] SANTIAGO-PÉREZ, A. (1998). "Primeras referencias sobre la Cueva de las Motillas (Jerez de la Frontera, Cádiz)". Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología, 12: 3-7. Granada.
- [5] SANTIAGO-PÉREZ, A.; GUTIERREZ, J.M.; GILES, F.; AGUILERA, L.; AGUILERA y GONZÁLEZ, J.M. (en prensa). "El Complejo Kárstico del Cerro de las Motillas (Jerez de la Frontera-Cortes). Estudio de los modelos de ocupación humana desde la Prehistoria a la Edad Media". Federación Andaluza de Espeleología. Málaga.
- [6] SANTIAGO-VILCHES, J.M. (1980). "El Complejo Kárstico del Cerro de las Motillas. (Cádiz-Málaga)". Speleon, 25: 47-64. Barcelona.
- [7] SANTIAGO-VILCHES, J.M. (1980). "Influencia de la estructura en la génesis del karst de las Motillas". Andalucía Subterránea, 3: 3-13
- [8] SEII-GIEX (1980). "El Complejo Motillas-Ramblazo". Jumar, 4: 6-16. Madrid.



El Mundo Subterráneo:  
El Reino donde la Vida y el Tiempo se alejaron del Hombre

**El Reino:** El reino de la oscuridad y del silencio. Un mundo donde el tiempo no existe, el día y la noche, el verano y el invierno han dejado de tener sentido. El Hombre es el único que se atreve a romper esta quietud y desentrañar desde el interior de la tierra su misterio todavía escondido y desconocido para muchos. Es el Mundo Subterráneo, el mundo de las cuevas y simas.

**La Vida:** Los organismos que allí viven han quedado atrapados en su propio paraíso, uno de los paraísos más frágiles que existen en el planeta. Todo es constante, pero cualquier variación puede resultar fatal. Hace miles de años que el Hombre decidió salir de este paraíso, no era para él. Para vivir allí hace falta adaptarse y desprenderse de lo superfluo, ¡hasta de los ojos!

**El Tiempo:** Pero, ¿cómo se ha formado este Mundo? Solo hace falta algo que el hombre no tiene: Tiempo. A la Naturaleza le sobra. En este Mundo confluye la delicadeza y la fuerza. Cuando nos introducimos en él quedamos inmediatamente sorprendidos de lo que es capaz de hacer una gota de agua: estalactitas, estalagmitas y miles de caprichosas formas minerales sutilmente labradas. A la vez, nos conmovió su inmensidad: grandes galerías, inmensas salas debajo de la tierra que el agua, en su ímpetu por salir de este Mundo, ha trabajado durante cientos de miles de años. Cientos de miles de años es mucho tiempo, algo que la mente del Hombre es incapaz de abarcar.

**El Hombre:** ¿Qué nos lleva a intentar conocer este Mundo? ¿Es simplemente la curiosidad humana ante lo desconocido? o ¿es una mirada atrás, a nuestros ancestros, a aquellos hombres que abandonaron las cavidades? Sea como fuere, acercarnos a conocer lo insólito siempre sorprende. Pero tenemos que darnos cuenta de que no solo visitamos una cueva, sino que irrumpimos en un Mundo ajeno a nosotros, frágil e insustituible. Dañarlo es dañar aquello que la Naturaleza conservaba como un niño esconde su cofre favorito, donde nadie lo vea, donde nadie lo encuentre: en el **Mundo Escondido**, quien se adentre en él nunca perderá la ilusión de los niños.

José María Calaforra



## El karst DE ANDALUCÍA



# Elkarst DE ANDALUCÍA

*Geoespeleología,  
Bioespeleología y  
Presencia Humana*