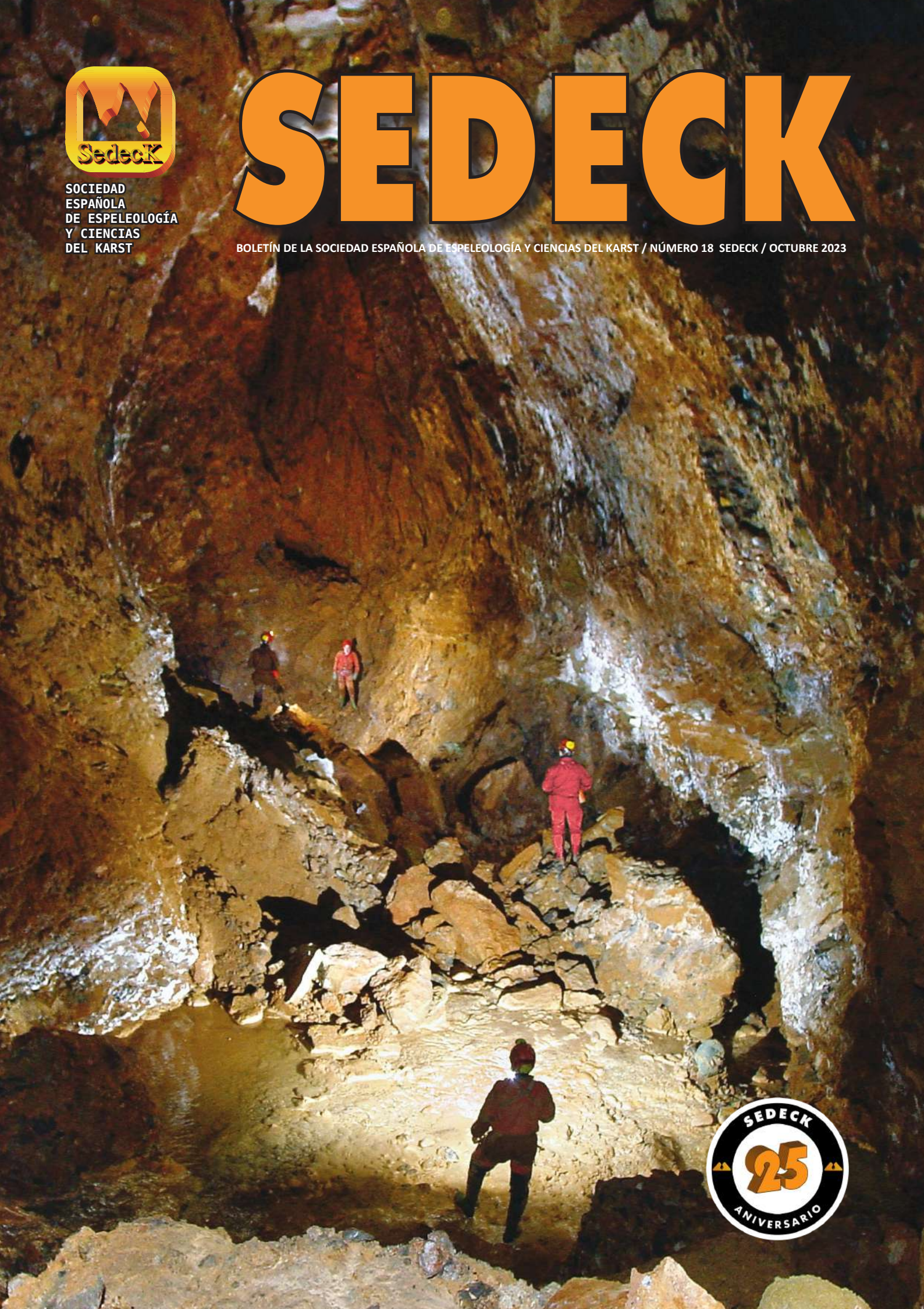
SOCIEDAD
ESPAÑOLA
DE ESPELEOLOGÍA
Y CIENCIAS
DEL KARST

SEDECK

BOLETÍN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA Y CIENCIAS DEL KARST / NÚMERO 18 SEDECK / OCTUBRE 2023



EDITA

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA Y CIENCIAS DEL KARST

FUNDACIÓN GÓMEZ PARDO
C/ ALENZA, 1 • 28003 MADRID

sedeck@sedeck.org • www.sedeck.org

EDITOR PRINCIPAL

Antonio González Ramón

EDITOR ADJUNTO

Alberto Sendra Mocholí

EDITORES ASISTENTES

Biología subterránea: Pablo Barranco Vega
Arqueología: Ana Isabel Ortega Martínez
Geología, geomorfología y espeleogénesis: Mario Sánchez Gómez
Hidrogeología: Policarp Garay Martín
Patrimonio geológico y enseñanzas en Ciencias de la Tierra: Juan José Bertomeu Oller
Ingeniería: Cristina Morell Rodríguez

SECRETARIO

Miguel Ángel Martín Merino

COMITÉ CIENTÍFICO

Alfonso Arribas Herrera
José Antonio Cuchí Oterino
Josep Fernández Peris
Marcos García Díez
Vinicius Goudela de Miranda
Jorge Jódar Bermúdez
Javier Martín Chivelet
Francisco Moral Martos
Vicente Manuel Ortuño Hernández
Ana Sofia Reboleira
Antonio Santiago Pérez
Daniel Ballesteros Posada
Gloria Cuenca Bescós
Rafael Fernández Rubio
Ángel Ginés Gracia
Sanda Iepure
Luis Javier Lambán Jiménez
Sergio Martos Rosillo
Davinia Moreno García
Eulogio Pardo Iguzquiza
Tomás Rodríguez Estrella
Peter Smith
Xavier Bellés Ros
Juan José Durán Valsero
Joan Josep Fornós Astó
Joaquín Ginés Gracia
Concepción Jiménez de Cisneros Vencelá
Manuel López Chicano
Mónica Meléndez Asensio
Pedro Oromí Masoliver
Raúl Pérez López
Joaquín Rodríguez Vidal
Roberto Vidal Eguiluz

TRADUCTOR

Peter Smith

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Vicente Aparici Seguer

WEBMASTER

Francisco Cuesta Alcázar

Depósito Legal: NA-1351-2003
ISSN: 1696-1897

Foto de portada: Cova Cuberes (Conca de Dalt, Pallars Jussà; Lleida). Foto: Victor Ferrer
Foto de contraportada: Avenc Montserrat Ubach (Odèn, Solsonès; Lleida). Foto: Víctor Ferrer

editorial

En el 25 Aniversario de la SEDECK

Este número 18 del Boletín de la SEDECK verá la luz coincidiendo con la celebración de las XXXVIII Jornadas Científicas de la SEDECK, que coorganizadas esta vez con el ICEK (Institut Català d'Espeleologia i Ciències del Karst) se celebran en Montblanc y l'Espluga de Francolí (Tarragona).

«Karst en Conglomerados» es el lema de estas jornadas y su mejor escenario estaba claro que se tenía que centrar en Cataluña, por su riqueza en este tipo de formaciones geológicas y por su larga tradición espeleológica que ha permitido situar a varias de sus cavidades en conglomerados entre las más relevantes del mundo.

Una vez más, hemos de dar las gracias a los ponentes y organizadores, a las entidades colaboradoras y, especialmente, a todos los socios y simpatizantes de la SEDECK, pues ellos son los que hacen posible que este tipo de actividades y Jornadas sigan teniendo gran éxito después de 25 años y ya casi 40 ediciones.

Este 25 Aniversario (1998-2023) también será especialmente recordado por las magníficas Jornadas (las XXXVII) celebradas el pasado mes de julio en Burgos, centradas en la Sierra de Atapuerca y donde se alcanzó una enorme cifra de participantes.

Otro hecho a destacar en este año 2023 ha sido la publicación de obras memorables, como «Habitantes de la Oscuridad», coordinada por nuestro vocal Alberto Sendra, o el libro homenaje al gran Adolfo Eraso Romero, uno de los fundadores claves de la SEDECK.

Otrosí, queremos mostrar nuestra satisfacción porque este año haya sido reconocida por el Consejo Superior de Deportes la nueva FEE (Federación Española de Espeleología), a la que damos la bienvenida y con la que deseamos que haya siempre buena sintonía y colaboraciones en la tarea común de potenciar y promover la buena imagen de la Espeleología española, tanto internamente como en su proyección internacional.

Policarp Garay (presidente de la SEDECK)

Montserrat Ubach (presidenta del ICEK)

índice

Artículos científicos

01 Els sediments sintectònics lligats a nics lligats a l'orogènesi alpina a Catalunya. página **05**
A. Martínez Rius

02 Formació de cavitats en conglomerat: el cas del massís de sabt llorenç del Munt (vora sud-est de la conca de l'Ebre) página **13**
M. Anglés Vila

03 El Carst Experimental de Rellinars: una referència en la recerca sistèmica, hidrològica i interdisciplinària del carst página **29**
J.A. Freixes, M. Monterde, J. M. Cervelló, J. Ramoneda & J. López

04 El carst conglomeràtic de Montserrat. Hidrologia actual i carst antic página **53**
J. M. Cervelló & J.A. Freixes

05 La cova de la Font Major: de jaciment arqueològic desnonat a projecte de futur página **75**
J. M. Vergès & R. Viñas

06 Existeix una fauna subterrània específica a les cavitats en conglomerats? página **98**
L. Auroux & J. Pallsé

07 L'originalitat del sistema càrstic binari de la Font Major (l'Espluga de Francolí) dins del context dels carsts en conglomerats de Catalunya. página **128**
J. M. Cervelló & J.A. Freixes

08 Avenc Montserrat Ubach. Espai d'interès geològic de Catalunya. página **141**
M. Ubach, J. M. Mata-Perelló & A. Martínez

09 L'Espluga de Francolí, un poble i una cova página **156**
M. Bosch

10 Cuevas, abrigos y arte rupestre en el entorno del Sistema Central página **180**
S. Ripoll & J. Latova

11 Aproximación hidrológica de siete manantiales kársticos de la Sierra de Espadán, Castellón página **190**
J. Almela

Notas Científicas

Mineralitzacions en conglomerats, microconglomerats i gresos página **203**
J. M. Mata - Perelló & S. Agudo

Obituario página **208**

1 Els sediments sintectònics lligats a l'orogènesi alpina a Catalunya

Los sedimentos sintectónicos ligados a la orogénesis alpina en Cataluña

Syntectonic sediments linked to the Alpine Orogeny in Catalonia

Albert Martínez Rius[1]

1 *Geòleg consultor. www.albertmartinez.com*

Resum

A Catalunya existeixen nombroses cavitats desenvolupades en conglomerats algunes d'elles amb grans recorreguts. Aquests conglomerats corresponent a sediments sintectònics dipositats al mateix temps que actuava la tectònica alpina. Una de les característiques peculiars dels Pirineus i de les serres Costero-Catalanes, és que els mantells de corriment emergeixen des de els primers estadis orogènics generant relleus que s'erosionen donant lloc a grans masses de conglomerats. Al voltant de la conca de l'Ebre, es troben potents ventalls al·luvials que van generar importants masses conglomeràtiques. Les cavitats es distribueixen entre els ventalls dels marges de la conca de l'Ebre i els afloraments situats sobre els mantells de corriment. El predomini de làmines encavalcants amb calcàries marines va poder contribuir a que els conglomerats estiguin fortament cimentats per calcita, facilitant el desenvolupament del carst.

Resumen

En Cataluña existen numerosas cavidades desarrolladas en conglomerados algunas de ellas con grandes recorridos. Estos conglomerados corresponden a sedimentos sintectónicos depositados al mismo tiempo que actuaba la tectónica alpina. Una de las características peculiares de los Pirineos y de las sierras Costero Catalanas, es que los mantos de corrimiento emergen desde los primeros estadios orogénicos generando relieves que se erosionan dando lugar a grandes masas de conglomerados. Alrededor de la cuenca del Ebro, se encuentran potentes abanicos aluviales que generaron importantes masas conglomeráticas. Las cavidades se reparten entre los abanicos de los bordes de la cuenca del Ebro y los afloramientos situados encima de los mantos de corrimiento. El predominio de láminas cabalgantes con calizas marinas pudo contribuir a que los conglomerados estén fuertemente cementados por calcita, facilitando el desarrollo del karst.

Abstract

In Catalonia numerous caves have formed in conglomerates, some of them very large. These conglomerates correspond to syntectonic sediments deposited at the time that of the Alpine orogeny. One of the peculiar characteristics of the Pyrenees and the Catalan Coastal ranges is that the nappes emerged in the first orogenic stages, generating reliefs that eroded quickly, producing large masses of conglomerates. Around the Ebro basin, there were thick alluvial fans that generated important conglomerate masses. The caves are distributed between the Ebro basin fans and the outcrops located above the nappes. The predominance of thrust sheets with marine limestone could contribute to the conglomerates being strongly cemented by calcite, facilitating the development of karst.

Paraules clau: conglomerats, sintectònic, ventall al·luvial, mantell de corriment.

Palabras clave: conglomerado, sintectónico, abanico aluvial, manto de corrimiento.

Key words: conglomerate, syntectonic, alluvial fan, thrust sheet.

Figura 1. Mapa geològic esquemàtic de la zona de Catalunya. S'han representat els següents materials: basament paleozoic, Mesozoic, Paleocè a l'Oligocè, Neògen, Quaternari I, en vermell, els conglomerats. Base de dades propis I del ICGC.

Figure 1. Schematic geological map of the area of Catalonia. The following materials are represented: Palaeozoic basement, Mesozoic, Palaeocene to Oligocene, Neogene, Quaternary and, in red, conglomerates. Base: ICGC and own data.

INTRODUCCIÓ

A grans trets, Catalunya, amb una forma triangular compren tres dominis estructurals (Fig.1). Les unitats pirenaiques, al nord, amb una direcció generalitzada est-oest; les unitats Costero-Catalanes de direcció NE-SO i, al centre, la conca de l'Ebre. La zona més oriental esta tallada per nombroses falles extensives neògenes que donen lloc a fosses tectòniques i al traçat de la costa actual.

La historia geològica es pot resumir de la següent manera: a finals del Permià va finalitzar l'orogènesi varisca i s'erosionaren totalment els relleus formats, constituint el basament. Per sobre d'aquesta superfície erosiva es dipositaren milers de metres de sediments (cobertora), des del Triàsic fins al Cretàcic superior (252-66 Ma). Durant l'orogènesi alpina va col·lisionar la subplaca tectònica Ibèrica amb la placa Euroasiàtica. A Catalunya, es va iniciar a finals del Cretaci superior, fa uns 70 Ma i va finalitzar a l'Oligocè, fa uns 25 Ma.

ELS PIRINEUS

A finals del Cretaci superior (uns 70 Ma) s'inicia una col·lisió entre la subplaca Ibèrica i l'Euroasiàtica que va donar lloc a esforços compressius de direcció nord-sud. Aquests esforços originaren la cadena dels Pirineus de direcció general E-O, formada per l'empilament de mantells de corriment amb vergència cap al nord i, els principals, cap al sud. L'emplaçament d'unitats era, generalment, en seqüència, es a dir, els encavalcaments més antics són els primers i els més moderns, els últims. Al davant de cada mantell de corriment es formava una nova conca d'avantpaís més moderna que, posteriorment, es transformava en mantell que encavalcava la següent conca d'avantpaís (Fig.2). La particularitat principal dels Pirineus, que els fa especials, és que ja des de l'emplaçament dels primers mantells, aquests emergiren fora del mar originant els primers relleus. Aquests relleus es van erosionar ràpidament originant sediments sintectònics, que estan íntimament lligats a les estructures tectòniques (Vergés et al.,

Figura 1. Mapa geológico esquemático de la zona de Cataluña. Se han representado los siguientes materiales: basamento paleozoico, Mesozoico, Paleoceno al Oligoceno, Neógeno, Cuaternario y, en rojo, los conglomerados. Base: datos propios y del ICGC.

INTRODUCCIÓN

A grandes rasgos, Cataluña, con una forma triangular comprende tres dominios estructurales: (Fig. 1) las unidades pirenaicas, al norte, con una dirección generalizada este-oeste; las unidades costero-catalanas de dirección NE-SO y, en el centro, la cuenca del Ebro. La zona más oriental está cortada por numerosas fallas extensivas neógenas que dan lugar a fosas tectónicas y al trazado de la costa actual.

La historia geológica se puede resumir de la siguiente manera: a finales del Pérmico, finalizó la orogénesis varisca y se erosionaron totalmente los relieves formados, constituyendo el basamento. Por encima de esta superficie erosiva, se depositaron miles de metros de sedimentos (cobertera), desde el Triásico hasta el Cretácico superior (252 - 66 Ma). Durante más de 180 Ma esta zona estuvo ocupada, mayoritariamente, por mares que proporcionaron grandes espesores de sedimentos carbonatados. Durante la orogénesis alpina colisionó la subplaca tectónica Ibérica contra la placa Euroasiática. En Cataluña, se inició a finales del Cretácico superior, hace unos 70 Ma y finalizó en el Oligoceno, hace unos 25 Ma.

LOS PIRINEOS

A finales del Cretácico superior (unos 70 Ma), se inicia una colisión entre la subplaca Ibérica y la Euroasiática la cual originó esfuerzos compresivos de dirección N-S. Estos esfuerzos originaron la cadena de los Pirineos de dirección general E-O. Se apilaron

2002). L'orogènia, entesa com a col·lisió de plaques i formació de mantells de corriment va finalitzar a Catalunya a l'Oligocè, fa uns 25 Ma.

ELS SEDIMENTS SINTECTÒNICS

Els sediments sintectònic són, principalment, conglomerats i bretxes, amb una barreja de mides dels clasts, que poden ser centimètrics fins a blocs mètrics (Muñoz et al., 1986). Les litologies són dels materials aflorants propers, principalment calcàries. Aquestes dades ens indiquen que es tracta d'al·luvions, sovint, de tipus torrencial amb poc recorregut des de l'àrea font. Una bona part d'aquests sediments es troben sobre dels grans mantells de corriment (conques piggyback), afectats per lamines d'encavalcament menors. L'existència d'aquests conglomerats sintectònics, és d'alt valor geològic ja que ens indica l'edat de l'emplaçament dels mantells. A la figura 3 es mostra un esquema senzill de com, en zones puntuals, la relació entre l'emplaçament de làmines encavalcants i els conglomerats sintectònics sigui un emplaçament fora de seqüència al contrari de la seqüència general. Aquests conglomerats poden fossilitzar en cavalcaments i proporcionar l'edat de finalització del seu desplaçament (Martínez et al., 1988). A la figura 4 es mostra un tall geològic de la zona del Pedraforca. S'observa com els conglomerats de la fàcies Grarumnià (Paleocè) fossilitzen l'en

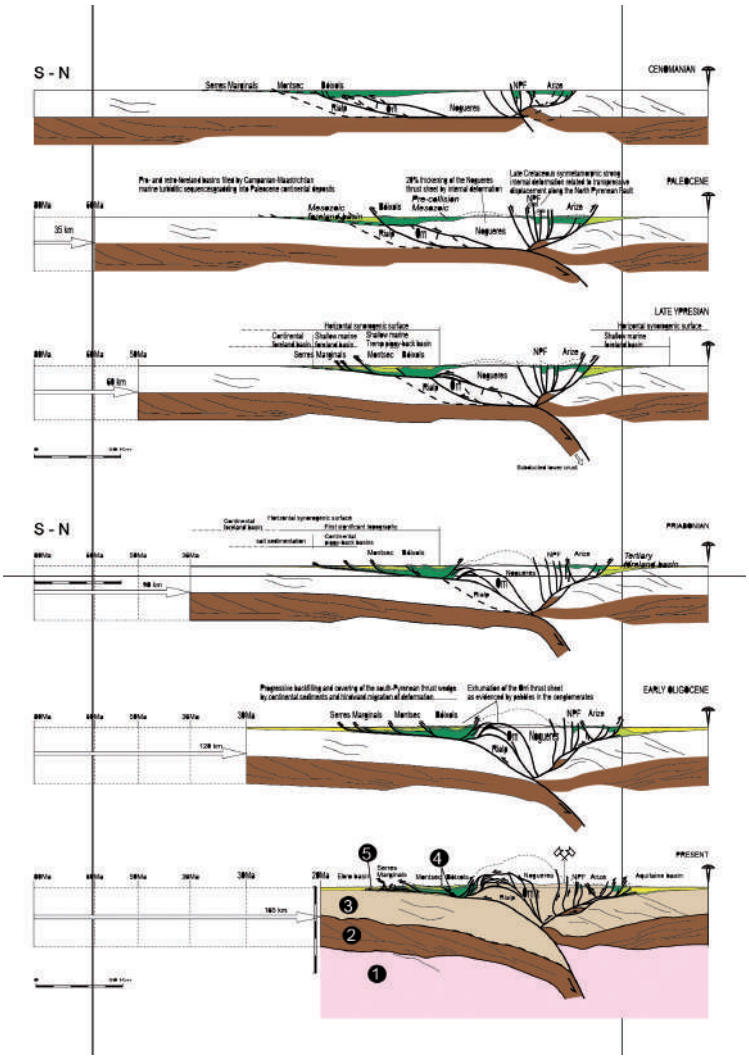


Figura 2. Evolució dels mantells de corriment dels Pirineus centrals del tall ECORS. (Modificat de Muñoz, 1992). 1, mantell superior; 2, escorça inferior; 3, escorça superior; 4, Mesozoic; 5, Paleogen.

Figure 2. Foreland vergent thrust evolution in the Central Pyrenees of the ECORS cross section (Modified from Muñoz, 1992). 1, upper mantle; 2, lower crust; 3, upper crust; 4, Mesozoic; 5, Palaeogene.

mantos de corrimiento con vergencia hacia el norte y, los principales, hacia el sur. El apilamiento de unidades era, generalmente en secuencia, es decir, los cabalgamientos más antiguos son los primeros y los más modernos, los últimos. Delante de cada manto de corrimiento se formaba una nueva cuenca de antepaís más moderna que, posteriormente, se transformaba en manto que, a su vez, cabalgaba la siguiente cuenca de antepaís (Fig. 2). La peculiaridad principal de los Pirineos, que los hacen especiales, es que ya desde el emplazamiento de los primeros mantos, éstos emergieron fuera del mar originando los primeros relieves. Estos relieves se erosionaron rápidamente originando sedimentos sintectónicos, que están íntimamente ligados a las estructuras tectónicas (Vergés et al., 2002). La orogenia, entendida como colisión de placas y formación de mantos de cabalgamiento finalizó en Cataluña en el Oligoceno, hace unos 25 Ma.

LOS SEDIMENTOS SINTECTÓNICOS

Los sedimentos sintectónicos son, principalmente, conglomerados y brechas, con una mezcla de tamaños de los clastos, que pueden ser de centimétricos hasta bloques métricos (Muñoz et al., 1986). Las litologías son de los materiales aflorantes en las cercanías, principalmente calizas. Estos datos nos indican que se tratan de aluviones, a menudo, de tipo torrencial con poco recorrido desde el área fuente. Una buena parte de estos sedimentos se encuentran encima de los grandes mantos de corrimiento, afectados por láminas cabalgantes menores. La existencia de estos conglomerados

Figura 2. Evolución de los mantos de corrimiento de los Pirineos centrales del corte ECORS. (Modificado de Muñoz, 1992). 1, manto superior; 2, corteza inferior; 3, corteza superior; 4, Mesozoico; 5, Paleógeno.

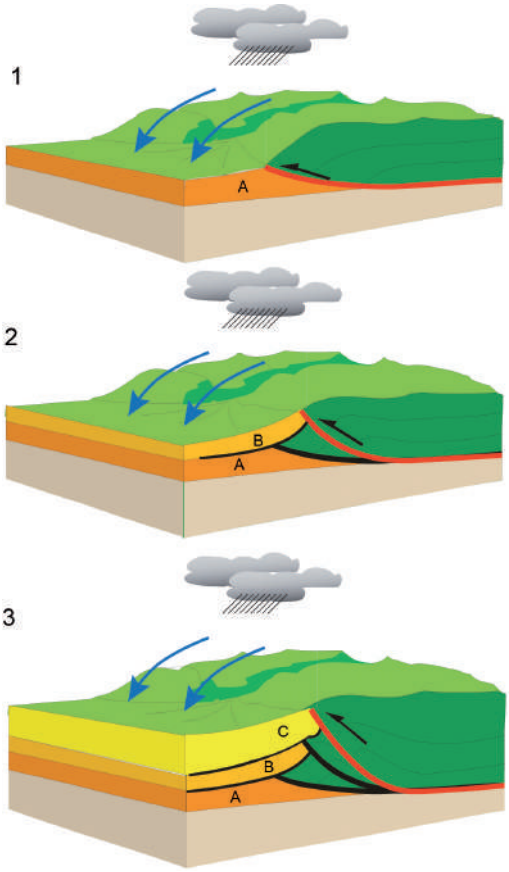


Figura 3. Esquema de l'evolució entre sediments sintectònics i emplaçament de làmines encavalcants. 1) un primer mantell encavalca els sediments A, originant un relleu que es va erosionant. 2) l'encavalcament anterior queda fassilitzat per sediments sintectònics B. 3) Els sediments C fossilitzen l'anterior encavalcament que està afectat per un altre encavalcament més modern. Es tracta d'una estructura fora de seqüència que avança cap al rerapaís, un procés local que es pot observar en nombroses rampes laterals i obliqües.

Figure 3. Diagram of the evolution between syntectonic sediments and the position of thrust sheets. 1) First thrust cuts the A sediments and creates relief that erodes. 2) This thrust is fossilized by B syntectonic sediments. 3) Later, the C sediments fossilize the previous thrust and it is cut by a more modern fault. It is a break-back thrust sequence, unlike the foreland vergence. This is a local process that can be observed in numerous lateral and oblique ramps.

cavalcament basal del mantell del Pedraforca superior. Cap al sud, s'observen varies unitats de conglomerats que estan afectades per la tectònica i fossilitzen diverses làmines cavalcants més modernes.

CONGLOMERATS CARSTIFICABLES

Com s'ha vist anteriorment, les roques que formen els mantell de corriment són, principalment, calcaries marines mesozoiques. Quan aquestes surten fora del mar es produeixen processos d'erosió i sedimentació en sistemes al·luvials amb aports de fluids molt mineralitzats amb bicarbonat càlcic, els quals, probablement, siguin els responsables de que els conglomerats tinguin el ciment calcari i clastos, principalment, de calcàries. Encara que es tracti de roques detrítiques, el ciment i els clast carbonatats fa que siguin roques molt carstificables.

CONCA DE L'EBRE I SERRES COSTERO-CATALANES

Simultàniament a la formació dels Pirineus, s'originà, a la zona oriental una cadena de direcció NE-SO, de menor envergadura que els Pirineus, i amb mantells de corriment vergents cap al nord-oest. Són les serres Costero-Catalanes que s'entronquen amb la Ibèrica en la seva part sud-est. Entre aquesta cadena i els Pirineus, es va formar la conca de l'Ebre, l'última conca d'avantpaís. Els marges d'aquesta conca corresponen als cavalcaments basals de les unitats al·lòctones del Pirineu i de les serres Costero-Catalanes. En aquests marges es desenvoluparen diversos ventalls al·luvials d'una edat que va des de l'Eocè fins l'Oligocè. En ells es dipositaren centenars de metres de conglomerats que provenien dels relleus que s'estaven aixecant tant al nord com al sud. A la figura 5 s'han representat els principals ventalls al·luvials, tant els desenvolupats en els marges de la conca de l'Ebre, com els

Figura 3. Esquema de la evolución entre sedimentos sintectónicos y emplazamiento de láminas cabalgantes. 1) Un primer manto cabalga los sedimentos A originando un relieve que se va erosionando. 2) el cabalgamiento anterior queda fosilizado por sedimentos sintectónicos B. 3) Los sedimentos C fosilizan el anterior cabalgamiento que es afectado por otro cabalgamiento más moderno. Se trata de una estructura fuera de secuencia que avanza hacia el traspaís, un proceso local que se puede observar en numerosas rampas laterales y oblicuas.

sintectónicos, es de alto valor geológico ya que nos permite datar el emplazamiento de los mantos. En la figura 3 se muestra un esquema sencillo de como, en zonas puntuales, la relación entre el emplazamiento de láminas cabalgantes y los conglomerados sintectónicos demuestran que, en este caso, se trata de un emplazamiento fuera de secuencia, al contrario de la secuencia general. Estos conglomerados pueden fosilizar cabalgamientos y proporcionar la edad de finalización de su desplazamiento (Martínez et al., 1988). En la figura 4 se muestra un corte geológico de la zona del Pedraforca. Se observa como los conglomerados de la facies Garumniense (Paleoceno) fosilizan el cabalgamiento basal del manto del Pedraforca superior. Hacia el sur, se observan varias unidades de conglomerados que están afectadas y fosilizan diversas láminas cabalgantes más modernas.

CONGLOMERADOS KARSTIFICABLES

Como se ha visto anteriormente, las rocas que componen los mantos de corrimiento son, principalmente, calizas marinas mesozoicas. Cuando éstas emergen fuera del mar se producen procesos de erosión y sedimentación en sistemas aluviales con aportes de fluidos muy mineralizados con bicarbonato cálcico, los cuales, probablemente son. los responsables de que los conglomerados tengan el cemento calcáreo y clastos, principalmente, de calizas. Aunque se trate de rocas detríticas, el cemento y los clastos carbonatados hacen que sean rocas muy karstificables.

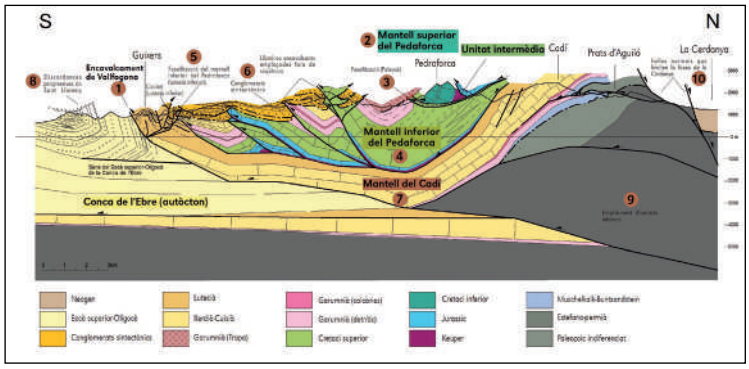


Figura 4.Tall de la zona del Pedraforca (Pirineus orientals). S'observen les relacions entre els sediments sintectònics i les làmines encavalcants. En el (3) els conglomerats sintectònics del Paleocè fossilitzen el mantell superior del Pedraforca. A la zona sud (6) diversos conglomerats fossilitzen i són tallats per vàries estructures. (5) Conglomerats de l'Eocè fossilitzen el mantell inferior del Pedraforca (Casòliva & Martínez, 2002).

Figure 4. Cross section in the Pedraforca area (eastern Pyrenees). The relationships between the syntectonic sediments and the thrust sheets can be seen. In (3) the Paleocene syntectonic conglomerates fossilise the Pedraforca upper mantle. In the southern area (6) various conglomerates fossilise and are cut by several structures. In (5) Eocene conglomerates fossilise the lower Pedraforca mantle (Casòliva & Martínez, 2002).

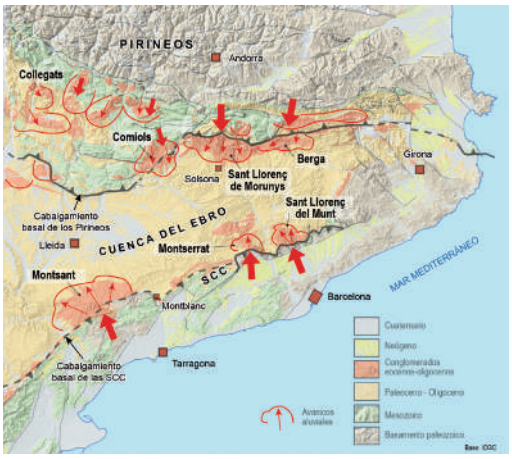


Figura 5. Mapa esquemàtic de la distribució dels principal ventalls de conglomerats de la conca de l'Ebre i conques piggyback sobre les unitats alòctones.

Figure 5. Schematic map of the distribution of the main conglomerate fans of the Ebro basin and piggyback basins on allochthonous units.

Figura 6. Discordances progressives dels conglomerats de Sant Llorenç de Morunys degudes a l'emplaçament de les unitats alòctones pirinenques més modernes (esquerra) sobre la conca d'avantpaís (conca de l'Ebre).

Figure 6. Progressive unconformities of the Sant Llorenç de Morunys conglomerates produced by the emplacement of the most modern Pyrenean allochthonous units (left) on the foreland basin (Ebro basin).

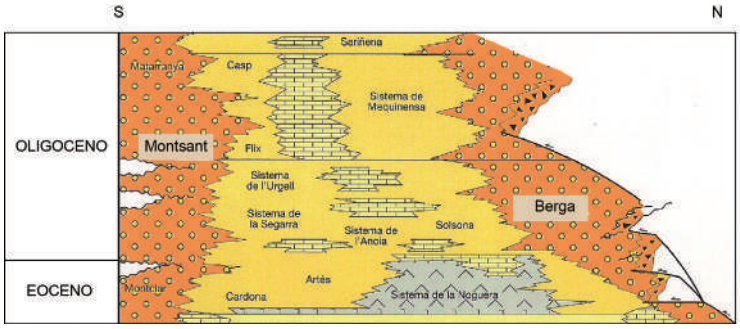


Figura 7. Esquema de la relació sedimentaria entre les unitats de la conca de L'Ebre, en vermell, els conglomerats massius situats als dos margues de dita conca.

Figure 7. Diagram of the sedimentary relationship between the units of the Ebro Basin, in red, the massive conglomerates located on the two edges of the Ebro Basin.

CUENCA DEL EBRO Y SIERRAS COSTERO CATALANAS

Simultáneamente a la formación de los Pirineos, se originó, en la zona oriental una cadena de dirección NE-SO, de menor envergadura que los Pirineos, y con mantos de corrimiento vergentes hacia el noroeste. Son las sierras Costero Catalanas que se entroncan con la Ibérica en la parte suroeste. Entre dicha cadena y los Pirineos, se formó la cuenca del Ebro, la última cuenca de antepaís. Los bordes de dicha cuenca corresponden a los cabalgamientos basales de las unidades alóctonas del Pirineo y de las sierras Costero Catalanas. En dichos bordes se desarrollaron diversos abanicos aluviales con una edad que va desde el Eoceno hasta el Oligoceno. En ellos se depositaron centenares de metros de conglomerados que provenían de los relieves que se

Figura 4. Corte en la zona del Pedraforca (Pirineos orientales). Se observa las relaciones entre los sedimentos sintectónicos y las láminas cabalgantes. En el (3) los conglomerados sintectónicos del Paleoceno fosilizan el manto superior del Pedraforca. En la zona sur (6) diversos conglomerados fosilizan y son cortados por varias estructuras. En (5) conglomerados del Eoceno fosilizan el manto inferior del Pedraforca (Casòliva & Martínez, 2002).

Figura 6. Discordancias progresivas de los conglomerados de Sant Llorenç de Morunys producidas por el emplazamiento de las unidades alóctonas pirenaicas más modernas (izquierda) sobre la cuenca de antepaís (cuenca del Ebro).

Figura 5. Mapa esquemático de la distribución de los principales abanicos de conglomerados de la cuenca del Ebro y cuencas piggyback sobre las unidades alóctonas.

Figura 7. Esquema de la relación sedimentaria entre las unidades de la cuenca del Ebro, en rojo, los conglomerados masivos situados en los dos bordes de dicha cuenca.

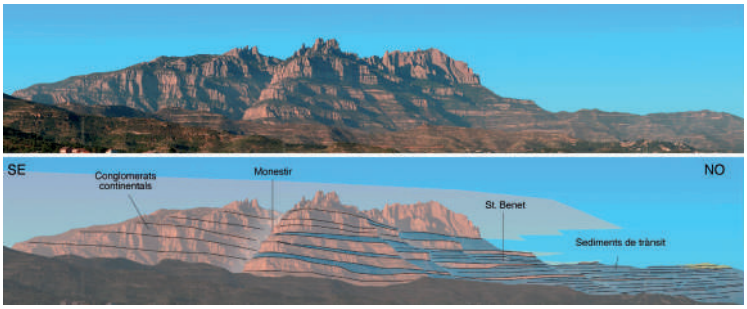


Figura 8. Panoràmica de Montserrat ons'observa com els conglomerats massius, al sud (esquerra), passen lateralment cap al nord (dreta) a fàcies marines cada vegada més fines.

Figure 8. Panoramic view of Montserrat showing how the massive conglomerates to the south (left) pass laterally to the north (right) into increasingly thinner marine facies.

situats sobre les unitats al·lòctones. Al marge sud, destaquen els ventalls de Montsant, Montserrat i Sant Llorenç del Munt. Al marge nord, destaquen Berga, Sant Llorenç de Morunys i Comiols que es situen entre la conca de l'Ebre i les unitats pirenenques centrals, fossilitzant dites estructures. Per sobre de les unitats al·lòctones del Pirineu central (mantell del Montsec, Boixols, etc…) es troben nombrosos afloraments de conglomerats de conques piggyback afectats per làminesencavalcants, com els conglomerats de Collegats. Aquests conglomerats es dipositen al mateix temps que els esforços tectònics desplacen les últimes unitats. Aquesta simultaneïtat dona lloc a espectaculars discordances progressives, com les que afloren a Sant Llorenç de Morunys (Fig. 6). Els sediments que reomplen la conca de l'Ebre són de fàcies continentals, en els marges, amb els ventalls de conglomerats massius, que passen cap al centre de la conca a fàcies cada vegada més fines i marines (Fig. 7). A la panoràmica de la figura 8 s'observa perfectament, com els conglomerats massius de Montserrat passen lateralment a fàcies marines cada vegada més fina. Les muntanyes de Montserrat i Sant Llorenç tenen el seu origen en l'erosió diferencial de roques més dures (els conglomerats ben cimentats) envoltades de roques més toves (fàcies distals). Posteriorment, falles normals neògenes van enfonsar el relleu, situat alsud-est, que constituïa l'àrea font dels conglomerats (Fig. 9).

SITUACIÓ DE LES CAVITATS EN CONGLOMERATS A CATALUNYA

Segons Espeleoindex.com, a Catalunya hi ha 946 cavitats desenvolupades en conglomerats (Fig. 10). Aquestes s'agrupen, principalment, en els ventalls al·luvials dels marges de la conca de l'Ebre. Al sud: Montsant, Montserrat i Sant Llorenç del Munt i al nord: Berga i Solsona. Diverses cavitats estan en els conglomerats, de conques piggyback, situats sobre les unitats al·lòctones pirenaiques centrals, com els conglomerats de Comiols i Collegats. Algunes cavitats, de poca importància, es reparteixen sobre el territori en afloraments de conglomerats de poca extensió. Al mapa de la figura 11 s'han situat les coves en conglomerats de més de 500 metres de recorregut. A la zona nord, sobre unitats al·lòctones i en els conglomerats de Collegats es troben tres cavitats de gran recorregut: la cova Cuberes, la de major recorregut, amb 13.513 m, el Botet de Casa Rei, amb 1.579

Figura 8. Panorámica de Montserrat en donde se observa como los conglomerados masivos, a sur (izquierda), pasan lateralmente hacia el norte (derecha) a facies marinas cada vez más finas.

estaban levantando tanto al norte como al sur. En la figura 5 se han representado los principales abanicos aluviales, tanto los desarrollados en los bordes de la cuenca del Ebro, como los situados sobre las unidades alóctonas. En el borde sur, destacan los abanicos de Montsant, Montserrat y Sant Llorenç del Munt. En el borde norte, destacan Berga, Sant Llorenç de Morunys y Comiols que se sitúan entre la cuenca del Ebro y las unidades pirenaicas centrales, fosilizando dichas estructuras. Encima de las unidades alóctonas del Pirineo central (manto del Montsec, Bóixols, etc.) se encuentran numerosos afloramientos de conglomerados de cuencas piggyback, sobre las unidades alóctonas y afectados por láminas cabalgantes, como los conglomerados de Collegats. Estos conglomerados se depositan al mismo tiempo que los esfuerzos tectónicos desplazan las últimas unidades. Esta simultaneidad da lugar a espectaculares discordancias progresivas, como las que afloran en Sant Llorenç de Morunys (Fig. 6). Los sedimentos que colmatan la cuenca del Ebro son de facies continentales, en los bordes, con los abanicos de conglomerados masivos, los cuales pasan hacia el centro de la cuenca a facies cada vez más finas y marinas (Fig.7). En la panorámica de la figura 8 se observa, perfectamente, como los conglomerados masivos de Montserrat pasan lateralmente a facies marinas cada vez más fina. Las montañas de Montserrat y Sant Llorenç tienen su origen en la erosión diferencial de rocas más duras (los conglomerados bien cementados) rodeadas de rocas más blandas (facies distales) y el posterior hundimiento del relieve, en el este, por fallas normales neógenas de las montañas que formaban

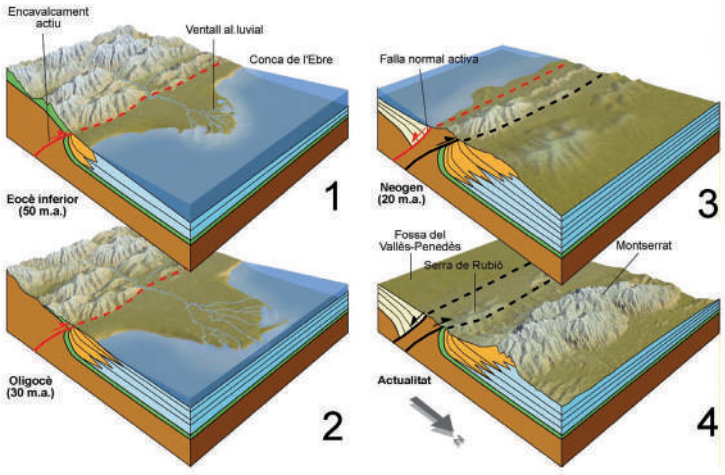


Figura 9. Reconstrucció històrica de la formació de Montserrat (Martínez, 2006).

Figure 9. Historical reconstruction of the Montserrat formation (Martínez, 2006).

Figura 10. Situació de totes les cavitats en conglomerats de Catalunya (base, Espeleoindex.com).

Figure 10. Location of all caves in conglomerates in Catalonia (base, EspeleoIndex.com).

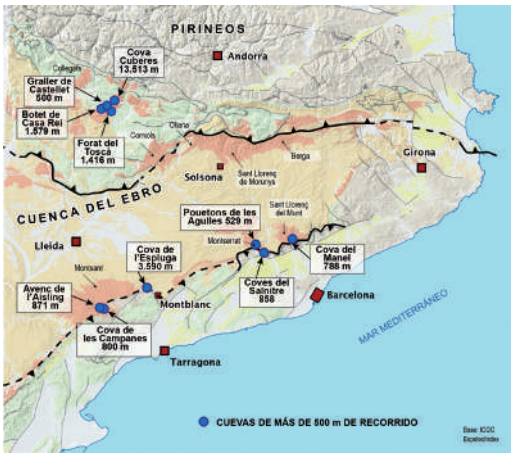


Figura 11. Situació de les coves en conglomerats de Catalunya de més de 500 m, de recorregut (base, Espeleoindex.com).

Figure 11. Location of caves in conglomerates in Catalonia over 500 m long (base, EspeleoIndex.com).

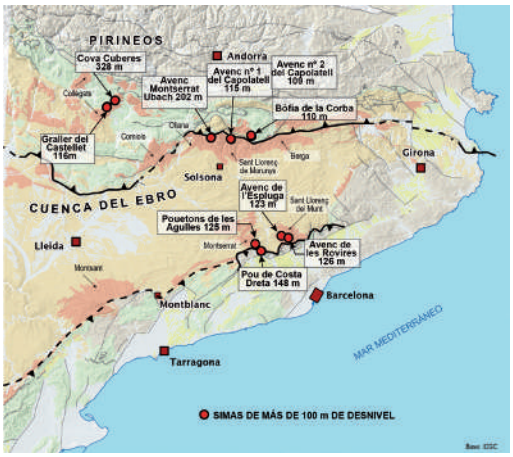


Figura 12. Situació de les cavitats en conglomerats de Catalunya de més de 100 m de desnivell (base, Espeleoindex.com).

Figure 12. Location of caves in conglomerates in Catalonia over 100 m deep (base, EspeleoIndex.com).

el área fuente (Fig. 9).

SITUACIÓN DE LAS CAVIDADES EN CONGLOMERADOS EN CATALUÑA

Según EspeleoIndex.com, en Cataluña hay 946 cavidades desarrolladas en conglomerados (Fig. 10). Estas se agrupan, principalmente, en los grandes abanicos aluviales de los bordes de la cuenca del Ebro. En el sur: Montsnat, Montserrat y Sant Llorenç del Munt y en el norte: Berga y Solsona. Diversas cavidades están en los conglomerados, de cuencas piggyback, situados sobre las unidades alóctonas pirenaicas centrales, como los conglomerados de Comiols y Collegats. Algunas cavidades, de poca importancia, se reparten sobre el territorio en afloramientos de conglomerados de poca extensión.

En el mapa de la figura 11 se han situado las cuevas en conglomerados de más de 500 m de recorrido. En la zona norte, sobre unidades alóctonas y en los conglomerados de Collegats se encuentran tres cavidades de gran recorrido: la cueva Cuberes, la de mayor recorrido, con 13.513 m, el Botet de Casa Rei, con 1.579 m y el Forat del Toscà con 1.416 m. En la parte sur destaca la cueva de l'Espluga con 3.590 m de recorrido. Se da la curiosidad que dicha cavidad no se encuentra en la parte más masiva del abanico del Montsant sino en un canal de conglomerados, de dicho abanico, pero en la parte distal. Otra cavidad singular es la cueva del Salnitre (858 m) en la montaña de Montserrat. En la figura 12 se han situado las simas o cuevas con un desnivel superior a 100 m. La cueva Cuberes no solamente tiene el mayor recorrido sino también el mayor desnivel

Figura 9. Reconstrucción histórica de la formación de Montserrat (Martínez, 2006).

Figura 10. Situación de todas las cavidades en conglomerados de Cataluña (base, EspeleoIndex.com).

Figura 11. Situación de las cuevas en conglomerados de Cataluña de más de 500 m de recorrido (base, EspeleoIndex.com).

Figura 12. Situación de las cavidades en conglomerados de Cataluña de más de 100 m de desnivel (base, EspeleoIndex.com).

m i el Forat del Toscà amb 1.416 m. A la part sud destaca la cova de l'Espluga amb 3.590 m de recorregut. Es dona la curiositat de que dita cavitat no es troba a la part més massiva del ventall del Montsant si no en un canal de conglomerats, de dit ventall, però en la seva part distal. Un altra cavitat singular és la cova del Salnitre (858 m) a la muntanya de Montserrat. A la figura 12 s'han situat els avencs o coves amb un desnivells superior als 100 m. La cova Cuberes no només té el major recorregut si no també el major desnivell amb 328 m. En els conglomerats de Sant Llorenç de Morunys, prop del cavalcament basal dels Pirineus, es troba l'avenc Montserrat Ubach que amb els seus 202 m de desnivell és la segona cavitat de Catalunya, però que durant molts anys va ser l'avenc més fondo de Catalunya. Altres cavitats de més de 100 m es troben en el marge nord i sud de la conca de l'Ebre.

CONCLUSIONS

Els conglomerats que afloren a Catalunya estan relacionats amb les estructures tectòniques alpines que donaren lloc als Pirineus i serres Costero-Catalanes. Es tracta de sediments sintectònics que es dipositen al mateix temps que actuava la tectònica. La gran distribució d'aquests materials pel territori es degut a que aquestes cadenes alpines emergiren sobre el mar, des de les primeres etapes de l'orogèia.

Durant els mesozoic es dipositaren mils de metres de sediments marins, principalment calcaries. L'erosió d'aquestes calcaries va afavorir l'existència de fluids fortament mineralitzats amb carbonats que, probablement, cimentaren els conglomerats sintectònics la qual cosa va afavorir la seva carstificació. El resultat és l'existència de nombroses cavitats en conglomerats, algunes d'elles de grans dimensions. Per exemple la cova Cuberes amb més de 13 km de recorregut.

BIBLIOGRAFÍA

Casòliva, J., & Martínez, A. (2002). Geologia del Pedraforca. Mapa-poster 1:25.000. Generalitat de Catalunya Departament de Mediambient.

Martínez, A., Vergés, J., & Muñoz, J. A. (1988). Secuencias de propagación del sistema de cabalgamientos de la terminación oriental del manto del Pedraforca y relación con los conglomerados sinorogénicos: Acta Geológica Hispánica, 23, 119-128.

Martínez, A. (2006). Aproximació a la geologia de Montserrat. Muntanya, 864. CEC. Barcelona.

Muñoz, J. A., Martínez, A., & Vergés, J. (1986). Thrust sequencein the Spanish eastern Pyrenees. Journal of Structural Geology, 8, (3-4), 399-405.

Muñoz, J.A. (1992). Història Natural dels Paisos Catalans, T2. Enciclopedia Catalana.

Vergés, J., Fernàndez, M. & Martínez, A. (2002). The Pyrenean orogen: pre-, syn-, and post-collisional evolution. In: Rosenbaum, G. and Lister, G.S.. Reconstruction of the evolution of the Alpine-Himalayan Orogen. Journal of the Virtual Explorer, 8, 55 – 74.

con 328 m. En los conglomerados de Sant Llorenç de Morunys, cerca del cabalgamiento basal de los Pirineos, se encuentra la sima Montserrat Ubach que con sus 202 m de desnivel es la segunda cavidad de Cataluña, pero que durante muchos años fue la sima más profunda de Cataluña. Otras cavidades de más de 100 m se encuentran en el borde norte y sur de la cuenca del Ebro.

CONCLUSIONES

Los conglomerados que afloran en Cataluña están relacionados con las estructuras tectónicas alpinas que dieron lugar a los Pirineos y sierras Costero Catalanas. Se tratan de sedimentos sintectónicos que se depositan al mismo tiempo que actuaba la tectónica. La gran distribución de estos materiales por el territorio es debido a que estas cadenas alpinas emergieron sobre el mar, desde las primeras etapas de la orogenia.

Durante el Mesozoico se depositaron miles de metros de sedimentos marinos, principalmente, calizas. La erosión de estas calizas favoreció la existencia de fluidos fuertemente mineralizados con carbonatos que, probablemente, cementaron los conglomerados sintectónicos, lo cual favorece su karstificación. El resultado es la existencia de numerosas cavidades en conglomerados, algunas de grandes dimensiones, como por ejemplo la cueva Cuberes con más de 13 km de recorrido.

2 Formació de cavitats en conglomerat: el cas del massís de Sant Llorenç del Munt (vora sud-est de la conca de l'Ebre)

Formación de cavidades en conglomerado: el caso del macizo de Sant Llorenç del Munt (borde sur-este de la cuenca del Ebro)

Conglomerate cavern formation: the case of Sant Llorenç del Munt massif (south-east margin Ebro basin)

Marc Anglés Vila[1]

1 *Institut Català d'Espeleologia i Ciències del Karst (ICEK), Barcelona (Spain). marc.angles@outlook.es*

Resum

El massís de Sant Llorenç del Munt és un ventall deltaic Eocè desenvolupat al marge sud-est de la conca de l'Ebre (Península Ibèrica). La seva part proximal està constituïda principalment per conglomerat, on es desenvolupen centenars de cavitats, esdevenint el massís conglomeràtic amb més nombre de cavernes del nord-est peninsular.

L'espeleogènesi del massís està afavorida per l'alternança de 2 tipus de conglomerat de diferent composició disposats subhoritzontalment (conglomerat poligènic i conglomerat carbonàtic) i per la seva singular fracturació (falles, megadiàclasis i diàclasis intracapa).

A favor de la xarxa de diàclasis intracapa dels nivells de conglomerat carbonàtic es desenvolupen la majoria de coves del massís. Els avencs es formen a través de les megadiàclasis i falles que tallen indistintament ambdós tipus de conglomerat.

Resumen

El macizo de Sant Llorenç del Munt es un abanico deltaico Eoceno desarrollado en el margen sureste de la cuenca del Ebro (Península Ibérica). Su parte proximal está constituida principalmente por conglomerado, dónde se desarrollan centenares de cavidades, siendo el macizo conglomerático con más número de cavernas del noreste peninsular.

La espeleogénesis del macizo está favorecida por la alternancia de 2 tipos de conglomerado de diferente composición dispuestos subhorizontalmente (conglomerado poligénico y conglomerado carbonático) y por su singular fracturación (fallas, megadiaclasas y diaclasas intracapa).

A favor de la red de diaclasas intracapa de los niveles de conglomerado carbonático se desarrollan la mayoria de cuevas del macizo. Las simas se forman a través de las megadiaclasas y fallas que cortan indistintamente ambos tipos de conglomerado.

Abstract

The Sant Llorenç del Munt massif is an Eocene fan delta developed on the southeastern margin of the Ebro basin (Iberian Peninsula). Its proximal part is mainly made up of conglomerate, where hundreds of caves have formed, making it the conglomeratic massif with the highest number of caves in the northeastern peninsula.

The speleogenesis of the massif is favored by the alternation of two types of conglomerate with different composition arranged subhorizontally (polygenic conglomerate and carbonate conglomerate) and by its unique fracturing (faults, megajoints and intrabed joints).

Most of the massif's caves are developed in favor of the intrabed joint network in the carbonate conglomerate levels. The potholes are formed through the megajoints and faults that cut both types of conglomerate indiscriminately.

Paraules clau: conglomerat, litofàcies, diàclasis, falles, coves, avencs, espeleogènesi, conca de l'Ebre.

Palabras clave: conglomerado, litofàcies, diaclasas, fallas, cuevas, simas, espeleogénesis, cuenca del Ebro.

Key words: conglomerate, lithofacies, joints, faults, caves, potholes, speleogenesis, Ebro basin.

INTRODUCCIÓ

El conglomerat i la bretxa constitueixen les roques sedimentaries detrítiques de mida de gra més gran (rudites). Estan compostos per més d'un 50% de partícules de mida superior als 2 mm de diàmetre. El conglomerat té constituents entre arrodonits i subangulosos, mentre que la bretxa té elements angulosos (Riba, 2008). La textura d'ambdues litologies està formada per un esquelet (corresponent a les partícules de mida més gran), la matriu (sorra i lutita), el ciment (elements precipitats químicament) i la porositat (espais buits de la roca).

En funció de la composició química dels constituents de les rudites, presentaran diferent capacitat de dissolució enfront l'aigua. Generalment, els constituents solubles predominants són els carbonats (partícules detrítiques i ciments de tipus calcític i dolomític). Per contra, els elements menys solubles són les partícules silíciques.

Per tant, les rudites amb composicions carbonàtiques (amb més del 50% de partícules calcítiques i/o dolomítiques) son les que presenten una major capacitat de dissolució, i conseqüentment, la possibilitat de desenvolupar formes càrstiques de més entitat. Es poden donar formes exocàrstiques (barrancs, engolidors, surgències,...) i endocàrstiques (coves, avencs, espeleotemes,...). Generalment, les rudites presenten unes formes càrstiques menys desenvolupades que les roques calcàries i dolomítiques, donada la menor proporció de carbonats que contenen i la seva particular forma d'erosió (Goeppert et al., 2011).

Com els principals massissos de tipus rudític estan compostos majoritàriament de conglomerat (per ex. Serra de Lleràs,

INTRODUCCIÓN

El conglomerado y la brecha constituyen las rocas sedimentarias detríticas de mayor tamaño de grano (ruditas). Están compuestos por más de un 50% de partículas de tamaño superior a 2 mm de diámetro. El conglomerado tiene constituyentes entre redondeados y subangulosos, mientras que la brecha tiene elementos angulosos (Riba, 2008). La textura de ambas litologías está formada por un esqueleto (correspondiente a las partículas de mayor tamaño), la matriz (arena y lutita), el cemento (elementos precipitados químicamente) y la porosidad (espacios vacíos de la roca).

En función de la composición química de los constituyentes de las ruditas, presentarán diferente capacidad de disolución frente al agua. Generalmente, los constituyentes solubles predominantes son los carbonatos (partículas detríticas y cementos de tipo calcítico y dolomítico). Por el contrario, los elementos menos solubles son las partículas silícicas.

Por tanto, las ruditas con composiciones carbonáticas (con más del 50% de partículas calcíticas y/o dolomíticas) son las que presentan una mayor capacidad de disolución, y por consiguiente, la posibilidad de desarrollar formas kársticas de más entidad. Se pueden dar formas exokársticas (barrancos, sumideros, surgencias,...) y endokársticas (cuevas, simas, espeleotemas,...). Generalmente, las ruditas presentan unas formas kársticas menos desarrolladas que las rocas calizas y dolomíticas, dada la menor proporción de carbonatos que contienen y su particular forma de erosión (Goeppert

Montsant, Montserrat, Sant Llorenç del Munt,...), tot i que puguin tenir certa proporció de bretxes, s'utilitza el terme conglomerat per definir tot el conjunt majoritari de roques sedimentaries de tipus rudític. En endavant, al present treball s'utilitza el terme conglomerat en aquest sentit ampli.

Genèticament, les principals formacions conglomeràtiques corresponen a dipòsits de ventalls al·luvials o deltaics al peu de serralades orogèniques. Hi ha espectaculars exemples a l'entorn de la conca de l'Ebre (NE de la Península Ibèrica), per una banda relacionats amb la Serralada Pirinenca (Serra de Lleràs, Comiols, Sant Llorenç de Morunys i Berga) i per l'altra, vinculats a la Serralada Costanera Catalana (Els Ports, Montsant, Montserrat y Sant Llorenç del Munt).

El massís de Sant Llorenç del Munt i la Serra de l'Obac (en endavant, Sant Llorenç del Munt) compta amb 283 cavitats desenvolupades en conglomerat (EspeleoÍndex, 2013). Es tracta del massís amb més cavitats conglomeràtiques del nord-est peninsular, seguit del Montsant (139), Solsonès (126), Montserrat (102) i la Serra de Lleràs (54).

La gran quantitat de cavitats presents a Sant Llorenç del Munt, juntament amb la seva particular disposició litoestratigràfica, alternant 2 tipus de conglomerat de diferent composició (Anglés & Maestro, 2010-2011; Anglés, 2013), fa que sigui un sistema especialment interessant per l'estudi de la formació de coves i avencs.

Els estudis previs del massís han definit a nivell geoespeleològic els principals factors que influeixen en la formació de cavitats (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Cardona 1990), i han establert a nivell hidrogeològic les bases de la circulació de l'aigua subterrània al massís (Freixes, 1982, 1986; Freixes et al., 1983; Anglés & Monterde, 2007; Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

En el present treball, s'analitzen els elements que intervenen en la formació de les cavitats més importants a Sant Llorenç del Munt, com a exemple espeleogenètic en conglomerats.

Geològicament, es tracta d'un ventall deltaic situat al marge sud-est de la conca de l'Ebre (Fig. 1), que va funcionar durant l'Eocè mig-superior alimentat pels materials erosionats de la Serralada Costanera Catalana. La serralada constituïa un orogen de plegament reactivat per l'orogènia Alpina i estructurat amb un sòcol Paleozoic i una cobertora Mesozoica (Anadón et al., 1985a, 1985b; López-Blanco, 1994, 1996; Maestro, 1987).

A l'actualitat, el massís assoleix unes altituds màximes representades per La Mola (1102 m), el Montcau (1057 m), Castellsapera (939 m) i el turó de la Carlina (931 m).

MATERIAL I MÈTODES

La metodologia del present treball es basa, per una banda, en la revisió dels estudis previs, i per l'altra, en l'observació i presa de

et al., 2011).

Como los principales macizos de tipo rudítico están compuestos mayoritariamente de conglomerado (por ej. Serra de Lleràs, Montsant, Montserrat, Sant Llorenç del Munt,...), a pesar de que puedan tener cierta proporción de brechas, se utiliza el término conglomerado para definir todo el conjunto mayoritario de rocas sedimentarias de tipo rudítico. En lo sucesivo, en el presente trabajo se utiliza el término conglomerado en este sentido amplio.

Genéticamente, las principales formaciones conglomeráticas corresponden a depósitos de abanicos aluviales o deltaicos al pie de cordilleras orogénicas. Hay espectaculares ejemplos en torno a la cuenca del Ebro (NE de la Península Ibérica), por un lado relacionados con la Cordillera Pirenaica (Sierra de Lleràs, Comiols, Sant Llorenç de Morunys y Berga) y por otro, vinculados con la Cordillera Costero Catalana (Els Ports, Montsant, Montserrat y Sant Llorenç del Munt).

El macizo de Sant Llorenç del Munt i la Serra de l'Obac (en adelante, Sant Llorenç del Munt) cuenta con 283 cavidades desarrolladas en conglomerado (EspeleoÍndex, 2013). Se trata del macizo con más cavidades conglomeráticas del noreste peninsular, seguido del Montsant (139), Solsonès (126), Montserrat (102) y la Serra de Lleràs (54).

La gran cantidad de cavidades presentes en Sant Llorenç del Munt, junto con su particular disposición litoestratigráfica, alternando 2 tipos de conglomerado de diferente composición (Anglés & Maestro, 2010-2011; Anglés, 2013), hace que sea

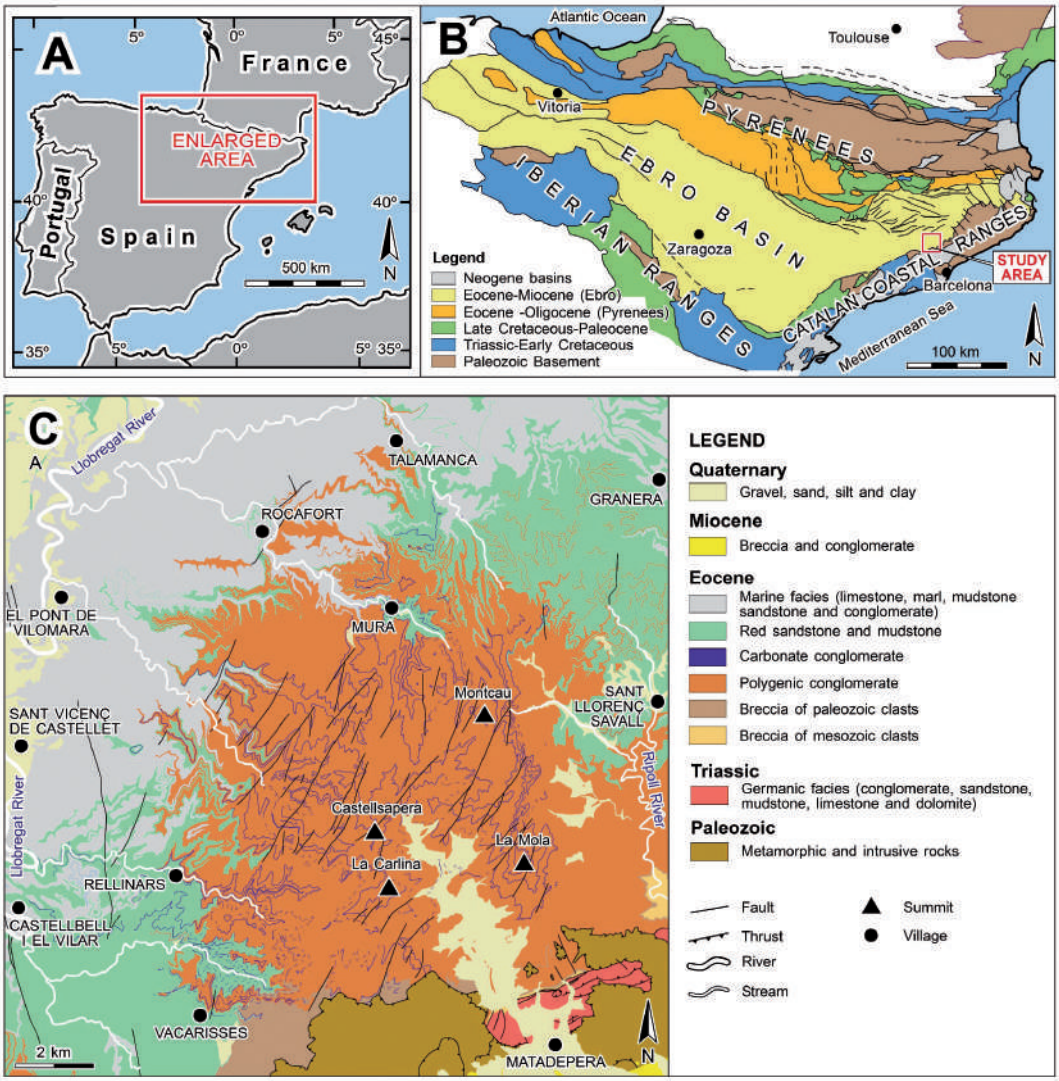


Figura 1. A-B, situació geogràfica i geològica de la conca de l'Ebre. C, mapa geològic de la zona d'estudi (a partir d'Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

Figure 1. A-B, geographical and geological setting of the Ebro Basin. C, geological map of the study area (after Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

dades a l'entorn i interior de les principals cavitats del massís.

Han estat analitzades les dades de litoestratigrafia, fracturació, geomorfologia i hidrologia subterrània de les cavitats per tal d'estudiar les relacions que s'estableixen en la seva formació.

Figura 1. A-B, situación geográfica y geológica de la cuenca del Ebro. C, mapa geológico de la zona de estudio (a partir de Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

un sistema especialmente interesante para el estudio de la formación de cuevas y simas.

Los estudios previos del macizo han definido a nivel geoespeleológico los principales factores que influyen en la formación de cavidades (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Cardona, 1990), y han establecido a nivel hidrogeológico las bases de la circulación del agua subterránea en el macizo (Freixes, 1982, 1986; Freixes et al., 1983; Anglés & Monterde, 2007; Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

En el presente trabajo, se analizan los elementos que intervienen en la formación de las cavidades más importantes en Sant Llorenç del Munt, como ejemplo espeleogenético en conglomerados.

Geológicamente, se trata de un abanico deltaico situado en el margen sureste de la cuenca del Ebro (Fig. 1), que funcionó durante el Eoceno medio-superior alimentado por los materiales erosionados de la Cordillera Costero Catalana. La cordillera constituía un orógeno de plegamiento reactivado por la orogenia Alpina y estructurado con un zócalo Paleozoico y una cobertera Mesozoica (Anadón et al., 1985a, 1985b; López-Blanco, 1994, 1996; Maestro, 1987).

En la actualidad, el macizo alcanza unas altitudes máximas representadas por La Mola (1102 m), el Montcau (1057 m), Castellsapera (939 m) y el Turó de la Carlina (931 m).

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Litoestratigrafia

Els materials sedimentaris que constitueixen el ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt es poden diferenciar a partir dels seus atributs litològics (Anglés & Maestro, 2010-2011; Anglés, 2013), identificant fins a 8 litofàcies diferents: bretxa de clasts paleozoics, conglomerat poligènic, conglomerat carbonàtic, gres i lutita vermells, conglomerat gris, gres gris, lutita gris, calcària amb marga.

Els principals relleus que conformen el massís estan desenvolupats a les litofàcies conglomeràtiques, lloc on es troben la gran majoria i més importants cavitats. La potència màxima de conglomerats és d'uns 700 m (Cirés & Berástegui, 2011). Aquests, són més resistents enfront l'erosió que els gresos i lutites del voltant, provocant la individualització d'uns relleus conglomeràtics més elevats i abruptes. En aquesta part proximal de l'antic ventall deltaic Eocè es troben les litofàcies de bretxa de clasts paleozoics, conglomerat poligènic, conglomerat carbonàtic i alguns nivells de gres i lutita vermells (Taula I).

La bretxa de clasts paleozoics està constituïda per un esquelet de clastes angulosos de

Taula I. Quadre sintètic de les litofàcies proximals del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt (a partir d'Anglés et al, 2017). Ordre de magnitud: decimètric (dm), mètric (m), decamètric (dam), hectomètric (hm). Composició mineralògica: silicats (sil), carbonats (carb), minerals opacs i matèria orgànica (others).

Table I. Synthetic table of the proximal lithofacies of the Sant Llorenç del Munt fan delta (after Anglés et al, 2017). Magnitude order: decimetric (dm), metric (m), decametric (dam), hectometric (hm). Mineralogical composition: silicates (sil), carbonates (carb), opaque minerals and organic matter (others).

	GRANULOMETRY	MINERALOGICAL COMPOSITION OF THE ROCK	THICKNESS	FRACTURE SPACING
BRECCIA OF PALEOZOIC CLASTS	Clasts: max 20-28 cm Matrix: mud-sand.	99% sil, 1% carb	dam-hm	Poorly defined
POLYGENIC CONGLOMERATE	Clasts: max. 160 cm Matrix: sand-mud.	70% sil, 30% carb	dam-hm	dam
CARBONATE CONGLOMERATE	Clasts: max. 100 cm Matrix: sand.	19% sil, 81% carb	m-dam	m
RED SANDSTONE AND MUDSTONE	Sand-mud and mud.	91% sil, 6% carb, 3% others	dm-m	dm-m

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del presente trabajo se basa, por un lado, en la revisión de los estudios previos, y por otro, en la observación y toma de datos en el entorno e interior de las principales cavidades del macizo.

Se han analizado los datos de litoestratigrafía, fracturación, geomorfología e hidrología subterránea de las cavidades para estudiar las relaciones que se establecen en su formación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Litoestratigrafía

Los materiales sedimentarios que constituyen el abanico deltaico de Sant Llorenç del Munt se pueden diferenciar a partir de sus atributos litológicos (Anglés & Maestro, 2010-2011; Anglés, 2013), identificando hasta 8 litofacies diferentes: brecha de clastos paleozoicos, conglomerado poligénico, conglomerado carbonático, arenisca y lutita rojas, conglomerado gris, arenisca gris, lutita gris, caliza con marga.

Los principales relieves que conforman el macizo están desarrollados en las litofacies conglomeráticas, lugar donde se encuentran la gran mayoría y más importantes cavidades. La potencia máxima de los conglomerados es de unos 700 m (Cirés & Berástegui, 2011). Éstos son más resistentes frente a la erosión que las areniscas y lutitas de alrededor, provocando la individualización de unos relieves

Tabla I. Cuadro sintético de las litofacies proximales del abanico deltaico de Sant Llorenç del Munt (a partir de Anglés et al, 2017). Orden de magnitud: decimétrico (dm), métrico (m), decamétrico (dam), hectométrico (hm). Composición mineralógica: silicatos (sil), carbonatos (carb), minerales opacos y materia orgánica (others).

Figura 2. Bretxa de clasts paleozoics dels nivells de Can Farrés a Les Pedritxes (Matadepera). Referència d'escala: martell 28 cm llarg.

Figure 2. Breccia of Paleozoic clasts from the Can Farrés levels in Les Pedritxes (Matadepera). Scale reference: hammer 28 cm long.

Figura 3. Conglomerat poligènic a la carena de Ses Corts (Matadepera). Referència d'escala: regle 1 m llarg.

Figure 3. Polygenic conglomerate on the Ses Corts ridge (Matadepera). Scale reference: ruler 1 m long.

pissarres i metarenites amb abundant matriu lutítica i sorrenca (Fig. 2). La composició mineralògica total de la roca és silícica (Taula I). Està associat a dipòsits sintectònics al front dels encavalcaments de roques paleozoiques (Anadón, 1978). La seva mala cimentació fa que sigui fàcilment erosionable i no formi part dels relleus més enèrgics del massís. La fracturació pràcticament inexistent i la seva composició no carbonàtica, provoca que en aquesta litologia no es desenvolupin cavitats.

El conglomerat poligènic està format per un esquelet aproximadament del 60% de clastes subarrodonits a subangulosos de pissarres i metarenites, amb un 25% clastes de carbonats i un 15% d'altres litologies (quars, granitoïds, gres, lidites,...) (Fig. 3). Al microscopi, es pot observar una matriu sorrenca i lutítica, de composició principalment siliciclàstica. Es troba cimentat per calcita. La composició mineralògica total de la roca és silícica (Taula I). Correspon a dipòsits de fluxos aquosos, alternats minoritàriament per alguns dipòsits fluxos cohesius. La seva composició poligènica suggereix una àrea font eocena emplaçada en materials paleozoics i mesozoics de la Serralada Costanera Catalana. El conglomerat poligènic constitueix paquets de potències decamètriques a hectomètriques. Presenta una fracturació subvertical amb un espaiat entre fractures d'ordre decamètric.

El conglomerat carbonàtic té un esquelet aproximadament del 80% de clastes

Figura 2. Brecha de clastos paleozoicos de los niveles de Can Farrés en Les Pedritxes (Matadepera). Referencia de escala: martillo 28 cm largo.

Figura 3. Conglomerado poligénico en la loma de Ses Corts (Matadepera). Referencia de escala: regla 1 m largo.

conglomeráticos más elevados y abruptos. En ésta parte proximal del antiguo abanico deltaico Eoceno se encuentran las litofacies de brecha de clastos paleozoicos, conglomerado poligénico, conglomerado carbonático y algunos niveles de arenisca y lutita rojas (Tabla I).

La brecha de clastos paleozoicos está constituida por un esqueleto de clastos angulosos de pizarras y metarenitas con abundante matriz lutítica y arenosa (Fig. 2). La composición mineralógica total de la roca es silícica (Tabla I). Está asociado a depósitos sintectónicos al frente de los cabalgamientos de rocas paleozoicas (Anadón, 1978). Su mala cementación hace que sea fácilmente erosionable y no forme parte de los relieves más enérgicos del macizo. La fracturación prácticamente inexistente y su composición no carbonática provoca que en esta litología no se desarrollen cavidades.

El conglomerado poligénico está formado por un esqueleto aproximadamente del 60% de clastos subredondos a subangulosos de pizarras y metarenitas, con un 25% clastos de carbonatos y un 15% de otras litologías (cuarzo, granitoides, arenisca, liditas,...) (Fig. 3). En el microscopio, se puede observar una matriz arenosa y lutítica, de composición principalmente siliciclástica. Se encuentra cementado por calcita. La composición mineralógica total de la roca es silícica (Tabla I). Corresponde a depósitos de flujos acuosos, alternados minoritariamente por algunos depósitos flujos cohesivos. Su composición poligénica sugiere un área fuente eocena emplazada en materiales

arrodonits a subangulosos de carbonats, amb un 20% de clasts d'altres litologies (pissarres, metarenites, quars, granitoïds, gres, lidites,...) (Fig. 4). Al microscopi, es pot observar una matriu sorrenca i escassament lutítica, de composició principalment carbonàtica. Es troba cimentat per calcita. La composició mineralògica total de la roca és carbonàtica (Taula I). S'ha depositat a partir de fluxos aquosos, alternat minoritàriament per alguns dipòsits de fluxos cohesius. La seva composició predominantment carbonàtica suggereix una àrea font eocena relativament restringida en materials triàsics (principalment de la fàcies Muschelkalk) de la Serralada Costanera Catalana. El conglomerat carbonàtic constitueix nivells de potències mètriques a decamètriques. Presenta una fracturació subvertical amb un espaiat entre fractures d'ordre mètric.

El gres i lutita vermells estan constituïts per sorra heteromètrica amb llim i argila, llim i argila. Es presenten entre molt mal i moderament seleccionats. Al microscopi, es pot observar una granulometria sorrenca i lutítica, de composició principalment siliciclàstica. Es troba cimentat per calcita. La composició mineralògica total de la roca és silícica (Taula I). Corresponen a dipòsits d'inundació en làmina i de desbordament de canals, producte de la deposició distal dels fluxos originaris que sedimentaven els conglomerats. El gres i lutita vermells es troben principalment a la zona de ventall al·luvial distal, però també es presenten localment en forma nivells intercalats entre els conglomerats de la part proximal. Els nivells de gresos poden presentar fractures subverticals amb un espaiat d'ordre decimètric, generalment limitades pels nivells lutítics intercalats (Fig. 5).

Figura 4. Conglomerat carbonàtic a Pregona (Sant Llorenç Savall). Referència d'escala: bossa càmera 15 cm alt.

Figure 4. Carbonate conglomerate in Pregona (Sant Llorenç Savall). Scale reference: camera bag 15 cm high.

Relacions estratigràfiques

Les formacions de bretxa de clasts paleozoics es troben a la part més proximal del massís, al front dels encavalcaments de materials paleozoics. Es van aprimant i interestratificant cap al NO entre els sediments conglomeràtics i gresosos del ventall al·luvial.

Els nivells de conglomerat carbonàtic

paleozoicos y mesozoicos de la Cordillera Costero Catalana. El conglomerado poligénico constituye paquetes de potencias decamétricas a hectométricas. Presenta una fracturación subvertical con un espaciado entre fracturas de orden decamétrico.

El conglomerado carbonático tiene un esqueleto aproximadamente del 80% de clastos redondeados a subangulosos de carbonatos, con un 20% de clastos de otras litologías (pizarras, metarenitas, cuarzo, granitoides, arenisca, liditas,...) (Fig. 4). En el microscopio, se puede observar una matriz arenosa y escasamente lutítica, de composición principalmente carbonática. Se encuentra cementado por calcita. La composición mineralógica total de la roca es carbonática (Tabla I). Se ha depositado a partir de flujos acuosos, alternado minoritariamente por algunos depósitos de flujos cohesivos. Su composición predominantemente carbonática sugiere un área fuente eocena relativamente restringida en materiales triásicos (principalmente de la facies Muschelkalk) de la Cordillera Costero Catalana. El conglomerado carbonático constituye niveles de potencias métricas a decamétricas. Presenta una fracturación subvertical con un espaciado entre fracturas de orden métrico.

La arenisca y lutita rojas están constituidas por arena heterométrica con limo y arcilla, limo y arcilla. Se presentan entre muy mal y moderadamente seleccionados. En el microscopio, se puede observar una granulometría arenosa y lutítica, de composición principalmente siliciclástica. Se encuentran cementadas por calcita. La composición

Figura 4. Conglomerado carbonático en Pregona (Sant Llorenç Savall). Referencia de escala: bolsa cámara 15 cm alto.

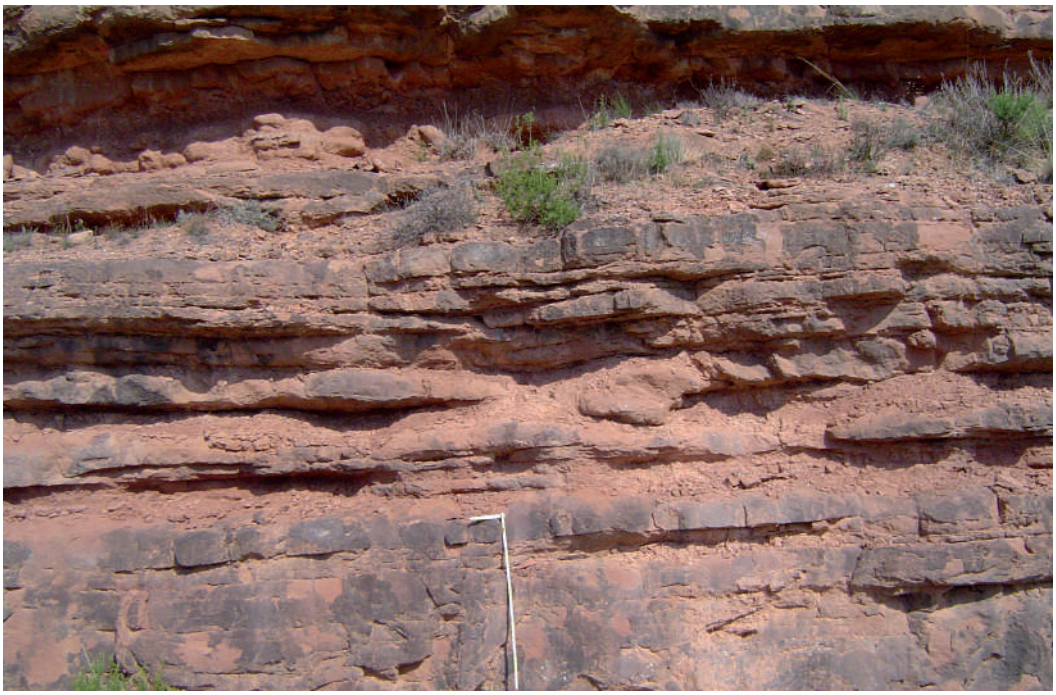


Figura 5. Gres i lutita vermells a Cantacorbs (Mura). Es poden observar varis nivells de gres amb fractures limitades pels nivells lutítics intercalats. Referència d'escala: regle 1 m llarg.

Figure 5. Red sandstone and mudstone in Cantacorbs (Mura). Observe several levels of sandstone with fractures limited by the intercalated lutitic levels. Scale reference: ruler 1 m long.

s'intercalen entre els paquets de conglomerat poligènic (Fig. 6). Hi ha fins a 4 nivells principals de conglomerat carbonàtic i diversos petits subnivells.

Frontal i lateralment als dipòsits conglomeràtics, tant poligènics com carbonàtics, es desenvolupen els gresos i lutites vermells.

Fracturació

El massís de Sant Llorenç del Munt presenta una marcada xarxa de diàclasis i falles, clarament visible a nivell de camp i en imatge aèria. A partir de les mesures de direcció de fractures sobre imatge aèria i en galeries i pous de les cavitats (Freixes et al., 1983), es constata una orientació predominant de la fracturació (NNE-SSO) i diverses orientacions minoritàries (NE-SO, ENE-OSO, N-S, NO-SE). La majoria de cavitats es troben desenvolupades a favor de la direcció de la fracturació predominant NNE-SSO, seguida de l'orientació NE-SO.

A Sant Llorenç del Munt es distingeixen 2 tipus de diàclasis (a partir d'Andrés, 1964) (Fig. 7):

- Megadiàclasis: grans esquerdes que afecten a la majoria de nivells litoestratigràfics del massís. Formen sistemes d'orientació definida. Les megadiàclasis tallen paquets de

Figura 5. Arenisca y lutita rojas en Cantacorbs (Mura). Se pueden observar varios niveles de arenisca con fracturas limitadas por los niveles lutíticos intercalados. Referencia de escala: regla 1 m largo.

mineralógica total de la roca es silícica (Tabla I). Corresponden a depósitos de inundación en lámina y de desbordamiento de canales, producto de la deposición distal de los flujos originarios que sedimentaban los conglomerados. La arenisca y lutita rojas se encuentran principalmente en la zona de abanico aluvial distal, pero también se presentan localmente en forma niveles intercalados entre los conglomerados de la parte proximal. Los niveles de arenisca pueden presentar fracturas subverticales con un espaciado de orden decimétrico, generalmente limitadas por los niveles lutíticos intercalados (Fig. 5).

Relaciones estratigráficas

Las formaciones de brecha de clastos paleozoicos se encuentran en la parte más proximal del macizo, frente a los cabalgamientos de materiales paleozoicos. Se van adelgazando e interestratificando hacia el NO entre los sedimentos conglomeráticos y areníticos del abanico aluvial.

Los niveles de conglomerado carbonático se intercalan entre los paquetes de conglomerado poligénico (Fig. 6). Existen hasta 4 niveles principales de conglomerado carbonático y varios pequeños subniveles.

Frontal y lateralmente a los depósitos conglomeráticos, tanto poligénicos como carbonáticos, se desarrollan las areniscas y lutitas rojas.

Fracturación

El macizo de Sant Llorenç del Munt presenta una

Figura 6. Panoràmica N-S del massís de Sant Llorenç del Munt, on es pot observar l'alternança de nivells de conglomerat carbonàtic (formant les cingleres: 1, 2, 3 i 4) entre paquets de conglomerat poligènic (amb relleus més suaus).

Figure 6. N-S panoramic view of the Sant Llorenç del Munt massif, where you can see the alternation of carbonate conglomerate levels (forming the cliffs: 1, 2, 3 and 4) between polygenic conglomerate packages (with softer reliefs).

conglomerat poligènic conjuntament amb els nivells de conglomerat carbonàtic i petits nivells gres i lutita que es trobin intercalats.

- Diàclasis intracapa: esquerdes que tan sols afecten algun nivell litoestratigràfic, en general els més durs i compactes. Les diàclasis intracapa són pròpies del conglomerat carbonàtic i d'alguns nivells de gres escassament lutítics i ben cimentats.

Pel que fa a l'espaiat de diaclasament, els nivells de conglomerat carbonàtic presenten una densitat de fracturació major que els paquets de conglomerat poligènic (Fig. 8). Aquest fet s'explica per la major freqüència de fracturació que es dóna quan menor gruix tenen els nivells estratigràfics (Alsaker et al., 1996), i per la naturalesa més fràgil que presenta el conglomerat carbonàtic.

Geomorfologia

Per tal d'estudiar la formació de cavitats al massís de Sant Llorenç del Munt cal analitzar el comportament de les litofàcies presents enfront l'erosió.

Pel que fa al conglomerat carbonàtic, la majoria dels seus constituents són solubles enfront l'àcid carbònic de les aigües meteòriques, provocant que la seva erosió sigui principalment per dissolució càrstica. Subterràniament, s'excaven conductes càrstics a favor de les diàclasis intracapa que presenta aquesta litologia (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Cardona et al., 1979; Freixes, 1986; Cardona, 1990; Anglés i Monterde, 2007; Anglés, 2013). D'aquesta manera, la formació de cavitats als nivells de conglomerat carbonàtic respon a uns mecanismes de carstificació similars a les demés roques carbonàtiques, amb la particularitat que es generarà un residu insoluble de la fracció siliciclàstica en forma de còdols, sorra i fang.

En el cas del conglomerat poligènic, donada la seva menor proporció de carbonats, el mecanisme de meteorització és diferent. El ciment calcític i els clastes carbonàtics es poden dissoldre, a la vegada que la fracció lutítica de la matriu s'hidrata i s'altera. Això produeix un franja superficial de roca

marcada red de diaclasas y fallas, claramente visible a nivel de campo y en imagen aérea. A partir de las medidas de dirección de fracturas sobre imagen aérea y en galerías y pozos de las cavidades (Freixes et al., 1983), se constata una orientación predominante de la fracturación (NNE-SSO) y diversas orientaciones minoritarias (NE-SO, ENE-OSO, N-S, NO-SE). La mayoría de cavidades se encuentran desarrolladas a favor de la dirección de la fracturación predominante NNE-SSO, seguida de la orientación NE-SO.

En Sant Llorenç del Munt se distinguen 2 tipos de diaclasas (a partir de Andrés, 1964) (Fig. 7):

- Megadiaclasas: grandes grietas que afectan a la mayoría de niveles litoestratigráficos del macizo. Forman sistemas de orientación definida. Las megadiaclasas cortan paquetes de conglomerado poligénico conjuntamente con los niveles de conglomerado carbonático y pequeños niveles arenisca y lutita que se encuentren intercalados.

- Diaclasas intracapa: grietas que sólo afectan a algún nivel litoestratigráfico, en general los más duros y compactos. Las diaclasas intracapa son propias del conglomerado carbonático y de algunos niveles de arenisca escasamente lutítica y bien cementada.

Por lo que respecta al espaciado de diaclasado, los niveles de conglomerado carbonático presentan una densidad de fracturación mayor que los paquetes de conglomerado poligénico (Fig. 8). Este hecho se explica por la mayor frecuencia de fracturación que se da cuando menor grosor tienen los niveles estratigráficos (Alsaker et al., 1996), y por la naturaleza más frágil que presenta el conglomerado

Figura 6. Panorámica N-S del macizo de Sant Llorenç del Munt, donde se puede observar la alternancia de niveles de conglomerado carbonático (formando los riscos: 1, 2, 3 y 4) entre paquetes de conglomerado poligénico (con relieves más suaves).

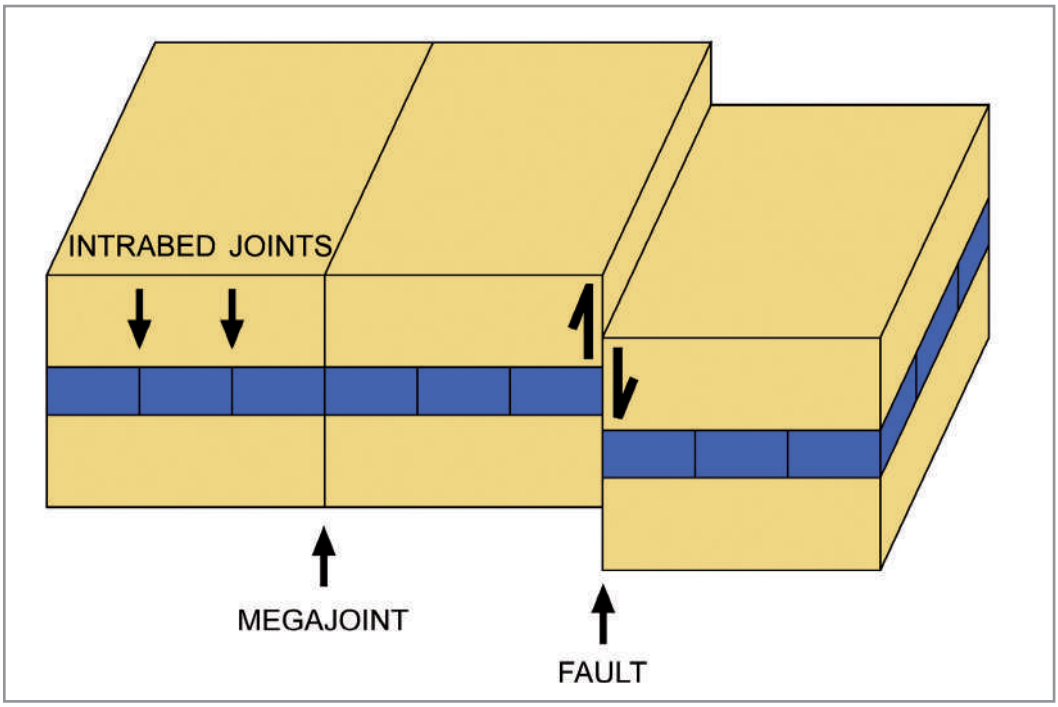


Figura 7. Diferents tipus de fractures que afecten al massís de Sant Llorenç del Munt.

Figure 7. Different types of fractures affecting the Sant Llorenç del Munt massif.

alterada, a partir de la qual, gràcies a l'acció de la gravetat i/o la circulació de l'aigua, es desprenen els clastes i es disgrega la matriu amb certa facilitat (Bergadà et al., 1997; Fernández, 2000; Goeppert et al., 2011). El resultat és la dissolució de la fracció carbonàtica i la generació d'un important residu insoluble de la fracció siliciclàstica en forma de còdols, sorra i fang.

Així doncs, podem dir que l'erosió del conglomerat poligènic es dóna per disgregació dels seus constituents. Aquest fenomen és especialment visible a l'interior de les cavitats excavades en conglomerat poligènic, on es troba la superfície de la roca molt alterada i friable, juntament amb abundant sediment gravós al terra de galeries i pous.

La formació de cavitats en conglomerat poligènic està relacionada amb les principals megadiàclasis i falles del massís, uns sistemes de fractures amb un abast i obertura suficients per tal de mobilitzar l'abundant residu sedimentari que es genera per la disgregació de les seves parets. Sota aquestes condicions, es desenvolupen les cavitats de

Figura 7. Diferentes tipos de fracturas que afectan al macizo de Sant Llorenç del Munt.

carbonático.

Geomorfología

Para estudiar la formación de cavidades en el macizo de Sant Llorenç del Munt es necesario analizar el comportamiento de las litofacies presentes frente a la erosión.

Por lo que respecta al conglomerado carbonático, la mayoría de sus constituyentes son solubles frente al ácido carbónico de las aguas meteóricas, provocando que su erosión sea principalmente por disolución kárstica. Subterráneamente, se excavan conductos kársticos a favor de las diaclasas intracapa que presenta esta litología (Llopis, 1944; Andrés, 1964; Cardona et al., 1979; Freixes, 1986; Cardona, 1990; Anglés y Monterde, 2007; Anglés, 2013). De esta manera, la formación de cavidades en los niveles de conglomerado carbonático responde a unos mecanismos de karstificación similares a las demás rocas carbonáticas, con la particularidad de que se generará un residuo insoluble de la fracción siliciclástica en forma de cantos rodados, arena y barro.

En el caso del conglomerado poligénico, dada su menor proporción de carbonatos, el mecanismo de meteorización es distinto. El cemento calcítico y los clastos carbonáticos se pueden disolver, a la vez que la fracción lutítica de la matriz se hidrata y altera. Esto produce una franja superficial de roca alterada, a partir de la cual, gracias a la acción de la gravedad y/o la circulación del agua, se desprenden los clastos

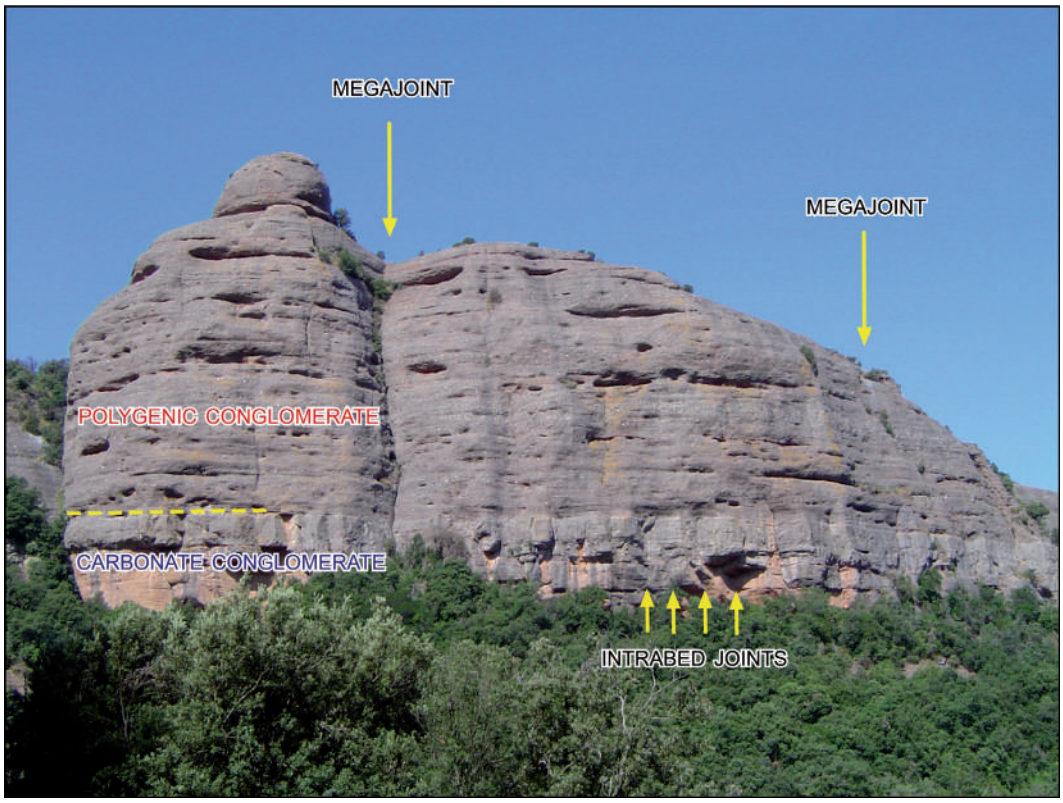


Figura 8. A la cinglera de la Falconera es pot observar un nivell de conglomerat carbonàtic afectat per diverses diàclasis intracapa, i alhora travessat per algunes megadiàclasis que tallen tot el conjunt conglomeràtic.

Figure 8. In the Falconera cliff, a level of carbonate conglomerate is affected by various intrabed joints and crossed by some megajoints that cut through the entire conglomeratic set.

més desnivell de Sant Llorenç del Munt: avenc de les Rovires (-126 m), avenc de l'Espluga (-123 m), avenc del Club (-90 m), avenc de Castellsapera (-84 m), avenc de la Carbonera (-80 m), etc... Un clar exemple de gran cavitat desenvolupada a favor d'una falla principal del massís és l'avenc de les Rovires (Guillemot et al., 2021).

Els nivells de gres i lutita vermells que es troben intercalats entre ambdós tipus de conglomerat a la part proximal del sistema tenen generalment uns gruixos d'ordre decimètric. La seva erosió es dona per dissolució del ciment calcític i la disgregació dels seus constituents. S'observa que a major fracció lutítica, més fàcilment es disgrega. D'aquesta manera, a l'interior de les cavitats, un nivell de gres pot constituir un eixamplament o un estretament de la secció de pous i galeries en funció de la seva facilitat o dificultat d'erosió respecte el conglomerat en el qual es troba intercalat.

y se disgrega la matriz con cierta facilidad (Bergadà et al. , 1997; Fernández, 2000; Goeppert et al., 2011). El resultado es la disolución de la fracción carbonática y la generación de un importante residuo insoluble de la fracción siliciclástica en forma de cantos rodados, arena y barro.

Así pues, podemos decir que la erosión del conglomerado poligénico se da por disgregación de sus constituyentes. Este fenómeno es especialmente visible en el interior de las cavidades excavadas en conglomerado poligénico, donde se encuentra la superficie de la roca muy alterada y friable, junto con abundante sedimento gravoso en el suelo de galerías y pozos.

La formación de cavidades en conglomerado poligénico está relacionada con las principales megadiaclasas y fallas del macizo, unos sistemas de fracturas con alcance y apertura suficientes para movilizar el abundante residuo sedimentario que se genera por la disgregación de sus paredes. Bajo estas condiciones, se desarrollan las cavidades de más desnivel de Sant Llorenç del Munt: sima de las Rovires (-126 m), sima de l'Espluga (-123 m), sima del Club (-90 m), sima de Castellsapera (-84 m), sima de la Carbonera (-80 m), etc... Un claro ejemplo de gran cavidad desarrollada a favor de una falla principal del macizo es la sima de Les Rovires (Guillemot et al., 2021).

Los niveles de arenisca y lutita rojas que se encuentran intercalados entre ambos tipos de conglomerado en la parte proximal del sistema tienen generalmente unos grosores de orden decimétrico. Su erosión se da

Figura 8. En el risco de la Falconera se puede observar un nivel de conglomerado carbonático afectado por diversas diaclasas intracapa, y a su vez atravesado por algunas megadiaclasas que cortan todo el conjunto conglomerático.

Hidrologia subterrània

La circulació subterrània al massís de Sant Llorenç del Munt ve condicionada per la litoestratigrafia i per la fracturació (Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

La major fracturació que presenten els nivells de conglomerat carbonàtic (diàclasis intracapa) respecte les litofàcies de conglomerat poligènic (megadiàclasis i falles), fa que aquests darrers actuïn com a nivell de base local relatiu (Llopis, 1944; Andrés, 1964), afavorint la circulació subhoritzontal de les aigües subterrànies per la xarxa de diàclasis intracapa del conglomerat carbonàtic. Aquest fet queda constatat pel desenvolupament de la majoria de les coves del massís a través del conglomerat carbonàtic: cova Simanya Gran (372 m), cova de les Ànimes (264 m), Cort Fosca de Matarrodona (125 m), cova del Triangle (121 m), cova Gran de les Fogueroses (120 m), cova de Santa Agnès (90 m), cova del Frare (80 m), etc.

Localment, els nivells de gres i lutita més potents intercalats entre els conglomerats també poden limitar fractures que tallen al conglomerat suprajacent, esdevenint petits nivells de base.

Tot i que les aigües subterrànies puguin circular localment a favor del cabussament, ja sigui pel contacte entre els 2 tipus de conglomerat o entre conglomerat i gres lutític, la presència de falles i megadiàclasis que travessen el conjunt rocós amb un espaiat major, acaben afavorint línies de flux subverticals cap a nivells aqüífers més profunds (Fig. 9). A través d'aquesta xarxa de falles i megadiàclasis de la zona vadosa del sistema es desenvolupen les cavitats verticals del massís (avencs), diverses d'elles alimentades per l'aigua subterrània aportada d'algun nivell de conglomerat carbonàtic (per exemple, l'avenc de les Rovires i l'avenc de l'Espluga).

Actualment, la circulació d'aigua a les cavitats de Sant Llorenç del Munt és dona només en temporades plujoses i ho fa principalment de forma lliure. Observant antics conductes de circulació a pressió en moltes de les cavitats, es pot interpretar que la seva excavació és l'herència d'un antic règim de carstificació més humit i de més relleu que l'actual (Llopis, 1944).

Durant els períodes d'abundants i continuades precipitacions, incrementen els nivells aqüífers profunds del sistema i una sèrie de petites cavitats situades a les parts més baixes del massís són inundades per les aigües subterrànies, funcionant com a surgències temporals (Vives, 1977; Cardona et al., 1979; Cuadrat et al., 1982; Badiella, 1986; Freixes, 1986; Anglés & Monterde, 2007). Aquestes principals surgències es troben al sector de Rellinars: la Barbotera, la Pedregosa, la Saiola i els Caus del Guitard. Totes elles travessen o es desenvolupen a favor de petits nivells de conglomerat

por disolución del cemento calcítico y la disgregación de sus constituyentes. Se observa que a mayor fracción lutítica, más fácilmente se disgrega. De esta forma, en el interior de las cavidades, un nivel de arenisca puede constituir un ensanchamiento o un estrechamiento de la sección de pozos y galerías en función de su facilidad o dificultad de erosión respecto al conglomerado en el que se encuentra intercalado.

Hidrología subterránea

La circulación subterránea en el macizo de Sant Llorenç del Munt viene condicionada por la litoestratigrafía y por la fracturación (Anglés, 2013; Anglés et al., 2017).

La mayor fracturación que presentan los niveles de conglomerado carbonático (diaclasas intracapa) respecto a las litofacies de conglomerado poligénico (megadiaclasas y fallas), hace que estos últimos actúen como nivel de base local relativo (Llopis, 1944; Andrés, 1964), favoreciendo la circulación subhorizontal de las aguas subterráneas por la red de diaclasas intracapa del conglomerado carbonático. Este hecho queda constatado por el desarrollo de la mayoría de las cuevas del macizo a través del conglomerado carbonático: cueva Simanya Gran (372 m), cueva de Les Ànimes (264 m), Cort Fosca de Matarrodona (125 m), cueva del Triangle (121 m), cueva Gran de les Fogueroses (120 m), cueva de Santa Agnès (90 m), cueva del Frare (80 m), etc.

Localmente, los niveles de arenisca y lutita más

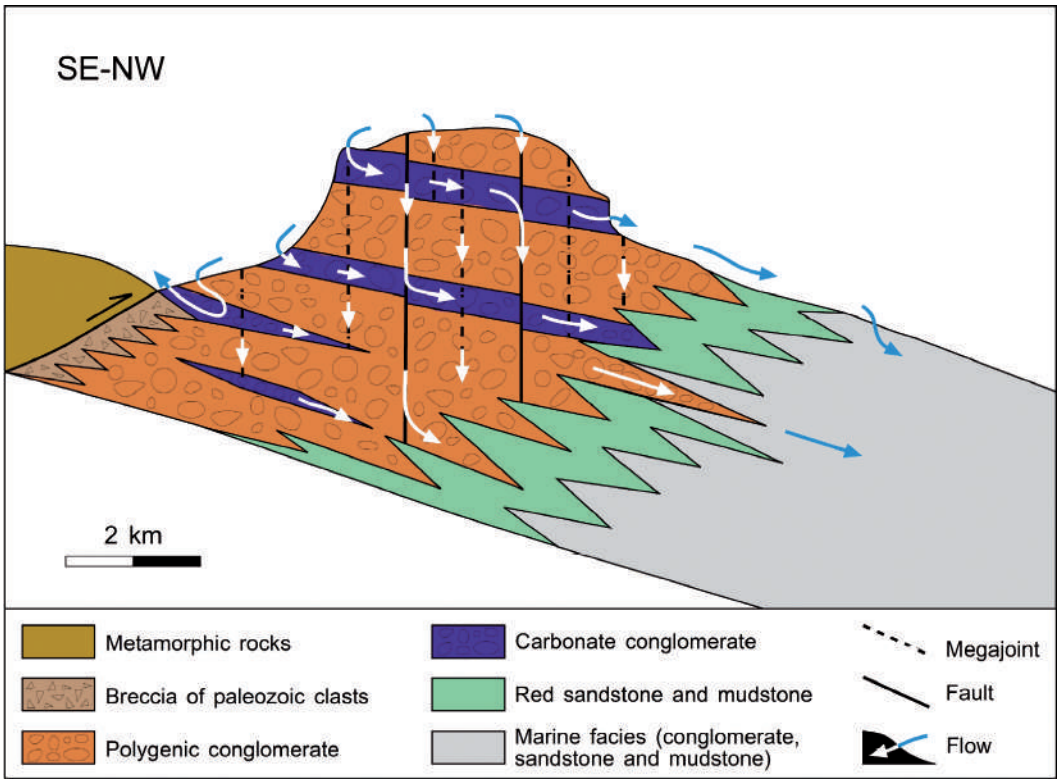


Figura 9. Model hidrogeològic conceptual del massís de Sant Llorenç del Munt (a partir d'Anglés, 2013).

Figure 9. Conceptual hydrogeological model for the Sant Llorenç del Munt massif (after Anglés, 2013).

carbonàtic, els quals afavoreixen l'aportació i la circulació de les aigües subterrànies (Anglés, 2013).

CONCLUSIONS

Les principals cavitats del massís de Sant Llorenç del Munt es desenvolupen als conglomerats de la zona de ventall al·luvial proximal. L'alternança de conglomerat carbonàtic (composició: 19% silicats, 81% carbonats) amb conglomerat poligènic (composició: 70% silicats, 30% carbonats), disposats subhoritzontalment, permet el desenvolupament de nivells de diferent carstificació. El conglomerat carbonàtic està afectat per dissolució càrstica, mentre que el conglomerat poligènic pateix una dissolució selectiva dels components carbonàtics i l'alteració i disgregació dels altres.

La diferència d'espaiat de fracturació entre ambdós tipus de conglomerats, permet una circulació local de l'aigua subterrània a favor de la xarxa de diàclasis intracapa dels nivells de conglomerat carbonàtic, fins que

potentes intercalados entre los conglomerados también pueden limitar fracturas que cortan al conglomerado suprayacente, convirtiéndose en pequeños niveles de base.

Aunque las aguas subterráneas puedan circular localmente a favor del buzamiento, ya sea por el contacto entre los 2 tipos de conglomerado o entre conglomerado y arenisca lutítica, la presencia de fallas y megadiaclasas que atraviesan el conjunto rocoso con un espaciado mayor, acaban favoreciendo líneas de flujo subverticales hacia niveles acuíferos más profundos (Fig. 9). A través de esta red de fallas y megadiaclasas de la zona vadosa del sistema se desarrollan las cavidades verticales del macizo (simas), varias de ellas alimentadas por el agua subterránea aportada de algún nivel de conglomerado carbonático (por ejemplo, la sima de las Rovires y la sima de l'Espluga).

Actualmente, la circulación de agua en las cavidades de Sant Llorenç del Munt se da sólo en temporadas lluviosas y lo hace principalmente de forma libre. Observando antiguos conductos de circulación a presión en muchas de las cavidades, se puede interpretar que su excavación es la herencia de un antiguo régimen de karstificación más húmedo y de mayor relieve que el actual (Llopis, 1944).

Durante los períodos de abundantes y continuadas precipitaciones, incrementan los niveles acuíferos profundos del sistema y una serie de pequeñas cavidades situadas en las partes más bajas del macizo son inundadas por las aguas subterráneas, funcionando como surgencias temporales (Vives,

Figura 9. Modelo hidrogeológico conceptual del macizo de Sant Llorenç del Munt (a partir de Anglés, 2013).

són captades per les megadiàclasis i falles que tallen el conjunt rocós, generant un flux subvertical i una profundització de les aigües.

Atenent a les característiques hidrogeològiques del massís, la majoria de coves s'han desenvolupat a favor dels nivells de conglomerat carbonàtic, mentre que els principals avencs s'han format a través de les megadiàclasis i falles que afecten ambdós tipus de conglomerat.

El desenvolupament de cavitats als trams de conglomerat poligènic és més dificultós, donada la seva menor capacitat de dissolució. No obstant, a partir de les megadiàclasis i falles més importants, i amb una aportació destacada d'aigua subterrània bàsicament provinent dels nivells de conglomerat carbonàtic, s'han format importants avencs al massís.

Actualment, la circulació d'aigua a les cavitats del massís es dóna només en temporades plujoses i ho fa principalment de forma lliure. No obstant, en períodes d'abundants i continuades precipitacions, hi ha una sèrie de petites cavitats situades a les parts més baixes del massís que són inundades per les aigües subterrànies funcionant com a surgències temporals.

L'alternança de diferents nivells de circulació subhoritzontal de les aigües subterrànies, juntament amb la seva compartimentació i profundització a través d'importants megadiàclasis i falles, es configuren com els elements clau per la generació d'un abundant i variat registre espeleològic a Sant Llorenç del Munt, a diferència d'altres massissos conglomeràtics amb una litoestratigrafia i fracturació més uniformes (per exemple, Montserrat).

AGRAÏMENTS

A la María José, per tot el seu recolçament i comprensió.

A tots els companys i companyes de l'interclub Espeleopringuer, per la seva incansable motivació per la prospecció i el coneixement de cavitats a Sant Llorenç del Munt, el Mont Alegre.

A l'ICEK, per la confiança i el suport ofert.

A la SIS del CET, el meu bressol de l'espeleologia.

1977; Cardona et al., 1979; Cuadrat et al., 1982; Badiella, 1986; Freixes, 1986; Anglés & Monterde, 2007). Estas principales surgencias se encuentran en el sector de Rellinars: la Barbotera, la Pedregosa, la Saiola y els Caus del Guitard. Todas ellas atraviesan o se desarrollan a favor de pequeños niveles de conglomerado carbonático, los cuales favorecen la aportación y circulación de las aguas subterráneas (Anglés, 2013).

CONCLUSIONES

Las principales cavidades del macizo de Sant Llorenç del Munt se desarrollan en los conglomerados de la zona de abanico aluvial proximal. La alternancia de conglomerado carbonático (composición: 19% silicatos, 81% carbonatos) con conglomerado poligénico (composición: 70% silicatos, 30% carbonatos), dispuestos subhorizontalmente, permite el desarrollo de niveles de distinta karstificación. El conglomerado carbonático está afectado por disolución kárstica, mientras que el conglomerado poligénico sufre una disolución selectiva de los componentes carbonáticos y la alteración y disgregación de los demás.

La diferencia de espaciado de fracturación entre ambos tipos de conglomerados, permite una circulación local del agua subterránea a favor de la red de diaclasas intracapa de los niveles de conglomerado carbonático, hasta que son captadas por las megadiaclasas y fallas que cortan el conjunto rocoso, generando un flujo subvertical y una profundización de las aguas.

Atendiendo a las características hidrogeológicas del macizo, la mayoría de cuevas se han desarrollado a favor de los niveles de conglomerado carbonático, mientras que las principales simas se han formado a través de las megadiaclasas y fallas que afectan a ambos tipos de conglomerado.

El desarrollo de cavidades en los tramos de conglomerado poligénico es más dificultoso, dada su menor capacidad de disolución. Sin embargo, a partir de las megadiaclasas y fallas más importantes, y con un aporte destacado de agua subterránea básicamente proveniente de los niveles de conglomerado carbonático, se han formado importantes simas en el macizo.

Actualmente, la circulación de agua en las cavidades del macizo se da sólo en temporadas lluviosas y lo hace principalmente de forma libre. Sin embargo, en períodos de abundantes y continuadas precipitaciones, hay una serie de pequeñas cavidades situadas en las partes más bajas del macizo que son inundadas por las aguas subterráneas funcionando como surgencias temporales.

La alternancia de diferentes niveles de circulación subhorizontal de las aguas subterráneas, junto con su compartimentación y profundización a través de importantes megadiaclasas y fallas, se configuran como los elementos clave para la generación de un abundante y variado registro espeleológico en Sant Llorenç del Munt, a diferencia de otros macizos conglomeráticos con una litoestratigrafía y fracturación más uniformes (por ejemplo, Montserrat).

AGRADECIMIENTOS

A María José, por todo su apoyo y comprensión. A todos los compañeros y compañeras del interclub Espeleopringuer, por su incansable motivación por la prospección y el conocimiento de cavidades en Sant Llorenç del Munt, el Mont Alegre. Al ICEK, por la confianza y el apoyo ofrecido. A la SIS del CET, mi cuna de la espeleología.

BIBLIOGRAFÍA

Alsaker, E., Gabrielsen, R.H., & Roca, E. (1996). The significance of the fracture pattern of the Late-Eocene Montserrat fan-delta, Catalan Coastal Ranges (NE Spain). Tectonophysics, 266, 465-491.

Anadón, P. (1978). El Paleogeno continental anterior a la transgresión Biarritziense (Eoceno medio) entre los ríos Gaià y Ripoll (Provincias de Tarragona y Barcelona). Tesi Doctoral, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 256 p.

Anadón, P., Cabrera, L., Guimerà, J., & Santanach, P. (1985a). Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the southeastern margin of the Ebro Basin. In: Biddle, K.T. & Christie-Blic, N. (eds.). Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation, 37, 303-318. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication.

Anadón, P., Marzo, M., & Puigdefàbregas, C. (1985b). The Eocene fan delta of Montserrat (Southeastern Ebro Basin, Spain). In: Milàm M.D., & Rosell, J. (eds.), 3, 108-146. Excursion guidebook, 6th European Regional Meeting I.A.S.

Andrés, O. (1964). Karstificación en conglomerados. Su estudio en el macizo de Sant Llorenç del Munt - serra de l'Obac (Barcelona). Geo y Bio Karst, 2, 9-12.

Anglés, M. (2013). Hidroestratigrafia del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt (Eocè mig-superior, Conca de l'Ebre). Tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Espanya, 182 p.

Anglés, M., Folch, A., Oms, O., Maestro, E., & Mas-Pla, J. (2017). Stratigraphic and structural controls on groundwater flow in an outcropping fossil fan delta: the case of Sant Llorenç del Munt range (NE Spain). Hydrogeology Journal, 25, 2467-2487.

Anglés, M., & Maestro, E. (2010-2011). Els conglomerats de Sant Llorenç del Munt (Eocè mitjà-superior). Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 76, 71-82.

Anglés, M., & Monterde, E. (2007). Les surgències del vessant sud-oest del massís de Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 113, 199-212.

Badiella, X. (1986). Els Caus del Guitard. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 47-48, 1167-1169.

Bergadà M. M., Cervelló J. M., & Serrat D. (1997). Karst in conglomerates in Catalonia (Spain): morphological forms and sedimentary sequence types recorded on archaeological sites. Quaternaire, 8 (2-3), 267-277.

Cardona, F. (1990). Grans Cavitats de Catalunya. Volum 2: El sistema Mediterrani i la Depressió Central. Sant Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Espeleo Club de Gràcia, Barcelona, 484 p.

Cardona, F., Miret, F., & Salvador, F. (1979). Las surgencias del torrent de la Saiola. Serra de l'Obac. Cavernas, 21 (4), 5-44.

Cirés, J., & Berástegui, X. (2011). Mapa geològic de Catalunya. Geotreball I. Mapa geològic 1:25.000 - Full 392-2-1 (72-29) Castellar del Vallès. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.

Cuadrat, A., Claverí, J., Moreno, P., Martínez, M., Navarro, F., Gutiérrez, J., & Pérez, J.A. (1982). Contribució al coneixement de l'aparell càrstic del Caus del Guitard. Butlletí del Grup d'Exploracions Subterrànies del Club Muntanyenc de Terrassa, 3.

EspeleoÍndex. Base de dades online de les cavitats de Catalunya. https://espeleoindex.com [data de consulta: 5 juliol 2023].

Fernández, F. (2000). El karst en Cantabria. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 8 (1), 2-12.

Freixes, A. (1982). Problemática hidrogeológica de la vertiente occidental de los conglomerados de Sant Llorenç del Munt (Sector Vacarisses-Rellinars). Trabajo práctico del 16 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea, Barcelona.

Freixes, A. (1986). El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic. Tesi de Llicenciatura, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 152 p.

Freixes, A., Monterde, M., & Cervelló, J.M. (1983). El paleocarst i el carst actual de les serres de Sant Llorenç del Munt i de l'Obac. El carst experimental de Rellinars. Espeleo Club de la Unió Excursionista de Sabadell, Sabadell, 55 p.

Goeppert, N., Goldscheider, N., & Scholz, H. (2011). Karst geomorphology of carbonatic conglomerates in the Folded Molasse zone of the Northern Alps (Austria/Germany). Geomorphology, 130, 289-298.

Guillemot, J., Anglés, M., Tàpias, Q., Camí, M., Navarro, J., Suades, R., Solbas, Q., & Mañosa, M. (2021). 20 anys d'Espeleopringuer (2001-2021): Avenc de les Rovires. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 7 (5a època), 84-119.

Llopis, N. (1944). Morfoestructura de los relieves de pundingas de Sant Llorenç del Munt - serra de l'Obac (Barcelona). Estudios Geográficos, 17, 687-814.

López-Blanco, M. (1994). Estructuras contractivas de la Cordillera Prelitoral Catalana entre la sierra de Les Pedritxes y el río Ripoll: evolución y relación con los depósitos del márgen de la cuenca del Ebro. Geogaceta, 16, 43-46.

López-Blanco, M. (1996). Estratigrafía secuencial de sistemas deltaicos en cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno, cuenca de antepaís surpireanica). Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona, 238 p.

Maestro, E. (1987). Estratigrafia i fàcies del complex deltaic (Fan delta) de Sant Llorenç del Munt (Eocè mig-superior. Catalunya). Tesi Doctoral, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 302 p.

Riba, O. (2008). Diccionari de Geologia. Edició en línia. Institut d'Estudis Catalans. https://cit.iec.cat/DGEOL [consultat: 12 juny 2023].

Vives, S. (1977). Les fonts intermitents de la serra de l'Obac. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 16, 580-594.

3 El Carst Experimental de Rellinars: una referència en la recerca sistèmica, hidrològica i interdisciplinària del carst

El Karst Experimental de Rellinars: una referencia en la investigación sistémica, hidrológica e interdisciplinaria del karst

The Experimental Karst of Rellinars: paradigm in the systemic, hydrological and interdisciplinary research of karst

Antoni Freixes[1, 2, 4], Manel Monterde[1, 2, 5], Josep M. Cervelló[1, 2, 6], Joan Ramoneda[1, 2, 7], Juanma López[1, 2, 3, 8]

1 *Kras, hidrologia experimental (www.kras.cat)*
2 *Societat Catalana d'Hidrologia i Carst (www.kras.cat)*
3 *Geoservei, S.L.*
4 *freixesantoni@gmail.com*
5 *manelmonterde7@gmail.com*
6 *jmcervello@gmail.com*
7 *jramoneda@probodelt.com*
8 *jm.lopez@geoservei.com*

Resum

El Carst Experimental de Rellinars fou una iniciativa orientada al coneixement hidrològic del carst en els conglomerats de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. El treball desenvolupat els anys 1980, 1981 i 1982 va utilitzar una metodologia hidrològica d'enfocament sistèmic, interdisciplinària i experimental. La recerca consistí en l'estudi de la descàrrega natural d'origen subterrani situada al torrent de la Saiola o riera de Rellinars (tributària del riu Llobregat): fonts de Rellinars, Falsa, Carlets, Barbotera, Pedregosa i Saiola i també s'estudiaren els Caus del Guitart, surgència temporal situada al torrent de serra Llarga, afluent de la riera de Gaia (Llobregat), prop del límit de l'encavalcament de les Pedritxes (metapelites i metapsammites del Paleozoic) amb els conglomerats de l'Eocè. El present treball és una revisió i síntesi de la tesi de llicenciatura de Freixes (1986).

Resumen

El Karst Experimental de Rellinars fue una iniciativa orientada al conocimiento hidrológico del karst en los conglomerados de Sant Llorenç del Munt y el Obac. El trabajo realizado los años 1980, 1981 y 1982 utilizó una metodología hidrológica de enfoque sistémico, interdisciplinaria y experimental. La investigación consistió en el estudio de la descarga natural de origen subterráneo situada en el torrente de la Saiola o riera de Rellinars: fuentes de Rellinars, Falsa, Carlets, Barbotera, Pedregosa y Saiola, y también se estudiaron los Caus del Guitart, surgencia temporal situada en el torrente de sierra Llarga, afluente de la riera de Gaia (Llobregat), cerca del límite septentrional del cabalgamiento de las Pedritxes (metapelitas y metapsammitas del Paleozoico) con los conglomerados del Eoceno. El presente trabajo es una revisión y síntesis de la tesis de licenciatura de Freixes (1986).

Abstract

Experimental Karst in Rellinars was an initiative oriented to the hydrological knowledge of karst in conglomerates from Sant Llorenç del Munt and Obac. Work which developed in 1980, 1981 and 1982 used a hydrological methodology characterised by a systemic, interdisciplinary and experimental approach. Research consisted of a study in the natural discharge of a subterranean origin situated in the Saiola torrent or Rellinars stream (a tributary of the Llobregat River): springs of Rellinars, Falsa, Carlets, Barbotera, Pedregosa and Saiola and the Caus of the Guitart were also studied. The latter is a temporary spring located in the torrent of the Llarga mountain range, tributary of the stream of Gaia (Llobregat). This is near the límit of the thrust fault of the Pedritxes (metapelites and metapsammites of Paleozoic) with the conglomerates of the Eocene. The present study is a review and summary of the graduate dissertation of Freixes (1986).

Paraules clau: carst, conglomerats, sistèmica, hidrologia, interdisciplinari, experimental.

Palabras clave: karst, conglomerados, sistema, hidrología, interdisciplinario, experimental.

Key words: karst, conglomerates, system analysis, hydrology, interdisciplinarity, experimental.

INTRODUCCIÓ

L'any 1978, després de l'anada a la reunió de Tarbes: «Le karst: son originalité phisique, son importance économique» (A.G.SO, 1978) en què visitarem les conques experimentals de la regió pirinenca de l'Arieja, decidirem crear una conca o sistema càrstic experimental a Catalunya, encara que els mitjans que disposàvem eren molt limitats. Aquesta unitat o conca experimental es creà a Rellinars als conglomerats de l'Eocè de la serra de l'Obac.

Es tractava d'impulsar unes condicions favorables pel desenvolupament de l'aproximació hidrològica al carst que facilitessin una recerca interdisciplinària i si fos possible, en les quatre disciplines o característiques més bàsiques: la circulació o flux (HD), la temperatura (HT), el contingut químic i isotòpic (HQ) i, finalment, la fauna de microcrustacis o bé d'altres organismes biològics com a marcadors d'interès del funcionament del carst (HB). La metodologia reflecteix una explícita perspectiva interdisciplinària amb la hidrologia com a aproximació bàsica i general. L'enfocament sistèmic introduït en la hidrologia constitueix el pressupòsit epistemològic i metodològic fonamental (Walliser, 1977) i la perspectiva experimental la defineix la quantificació dels processos hidrològics del carst (cabal, temperatura, química-isòtops, fauna). En aquest esquema metodològic també s'ha d'assenyalar la transdisciplinarietat que situa els objectius i resultats de la recerca més enllà de la interdisciplinarietat.

INTRODUCCIÓN

En 1978, después de regresar de la reunión de Tarbes: «Le karst: son originalité phisique, son importance économique» (A.G.SO, 1978) durante la que visitamos las cuencas experimentales de la región pirenaica del Ariège, decidimos crear una cuenca o sistema kárstico experimental en Cataluña, a pesar de que los medios con los que contábamos eran muy limitados. Esta unidad o cuenca experimental se creó en Rellinars en los conglomerados del Eoceno de la sierra del Obac.

Se trataba de impulsar unas condiciones favorables para el desarrollo de la aproximación hidrológica al karst que facilitara una investigación interdisciplinaria y si fuera posible, en las cuatro disciplinas o características más básicas: la circulación o flujo (HD), la temperatura (HT), el contenido químico e isotópico (HQ) y, finalmente, la fauna de microcrustáceos o de otros organismos biológicos como marcadores de interés del funcionamiento del karst (HB). La metodología refleja una explícita perspectiva interdisciplinaria con la hidrología como aproximación básica y general. El enfoque sistémico introducido en la hidrología constituye el presupuesto epistemológico y metodológico fundamental (Walliser, 1977) y la perspectiva experimental la define la cuantificación de los procesos hidrológicos del karst (caudal, temperatura, química-isótopos, fauna). En este esquema metodológico también hay que destacar la transdisciplinariedad que sitúa los objetivos y resultados de la investigación más allá de la interdisciplinariedad.

A més, el Carst Experimental de Rellinars es va ubicar en una conca de naturalesa carbonàtica però de particulars característiques lito-estructurals com són els conglomerats de les serres de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Des de les diferents aproximacions disciplinàries es podien conèixer els dos aspectes hidrològics més importants: el funcionament hidrològic i l'estructura de buits càrstics i/o altres més o menys importants; les aportacions hídriques dels diferents punts d'aigua, les característiques i la importància relativa de la infiltració ràpida i lenta i de l'escorrentia subterrània, la «limitada regulació», malgrat el caràcter inercial de les surgències i la importància de la infiltració lenta a les corbes de recessió i l'escassa entitat de les diferents zones saturades o inundades, a partir d'alguns marcadors com la pCO_2 eq i l'ΔpH. I tanmateix l'estudi del procés de dissolució analitzat a partir de la pCO_2 eq, l'ΔpH i les concentracions dels ions implicats a l'equilibri calcocarbònic i de la seva evolució en els episodis de crescuda estudiats, i, finalment, la utilització de l'anàlisi factorial de components principals (ACP) com a eina de tractament global de les dades, entre altres.

A més, en els estudis realitzats a Rellinars també es van introduir els conceptes de la Termodinàmica dels Processos Irreversibles (Freixes, 1986, 2014 i 2020; Mangin, 1978, 1982, 1994, 1998; Prigogine, 1974, Wagensberg, 1985). En efecte, la introducció del concepte d'entropia té tant interès en l'explicació de la gènesi de sistema càrstic (aqüífer càrstic) i de la seva organització funcional com en la comprensió de la transició o evolució del sistema o carst funcional al no funcional o paleocarst. A Sant Llorenç del Munt i l'Obac és possible una anàlisi aprofundida dels carsts actuals i dels paleocarsts o paleosistemes (Freixes et al., 1984). Precisament els exemples estudiats a la serra de l'Obac indiquen un escàs desenvolupament de la carstificació i per tant una evolució molt limitada del drenatge i de la seva organització que els situa prop dels aqüífers poc carstificats.

La recerca realitzada a Rellinars es complementa amb el treball desenvolupat al XVI Curs Internacional Hidrologia Subterrània, que, a part dels punts d'aigua subterrània del torrent de Saiola, introdueix els punts d'aigua subterrània (fonts i pous) existents en l'àmbit que va del contraforts occidentals de l'Obac fins pràcticament el curs fluvial del Llobregat als relleus de Montserrat, espai conegut com a depressió de Vacarisses (Freixes, 1982).

A la monografia de Freixes (2014 i 2020) es realitza una actualització i síntesi dels resultats del Carst Experimental de Rellinars (vegeu la nota 10).

En aquest article s'incorporen els resultats preliminars de l'estudi de la deriva faunística de les fonts de Rellinars (Ramoneda &Freixes, 1990).

Además, el «Carst Experimental de Rellinars» se ubicó en una cuenca de naturaleza carbonática, pero de particulares características lito-estructurales como son los conglomerados de las sierras de Sant Llorenç del Munt y del Obac.

Desde las diferentes aproximaciones disciplinarias se podían conocer los dos aspectos hidrológicos más importantes: el funcionamiento hidrológico y la organización interna del sistema/karst. Las aportaciones hídricas de los diferentes puntos de agua, las características y la importancia relativa de la infiltración rápida y lenta y de la escorrentía subterránea, la «limitada regulación», a pesar del carácter inercial de las surgencias, la importancia de la infiltración lenta en las curvas de recesión y la escasa entidad de las diferentes zonas saturadas o inundadas, pueden analizarse a partir de algunos marcadores como la pCO_2 eq y el ΔpH. Así como el estudio del proceso de disolución, que se puede analizar a partir de pCO_2 eq, el ΔpH y las concentraciones de iones implicados en el equilibrio calcocarbónico y de su evolución en los episodios de crecida estudiados y, finalmente, se puede aplicar el análisis factorial de componentes principales (ACP) como herramienta de tratamiento global de los datos, entre otras.

Además, en los estudios realizados en Rellinars también se introdujeron los conceptos de la Termodinámica de los Procesos Irreversibles (Freixes, 1986, 2014 y 2020; Mangin, 1978, 1982, 1994, 1998; Prigogine, 1974, Wagensberg, 1985). En efecto, la introducción del concepto de entropía

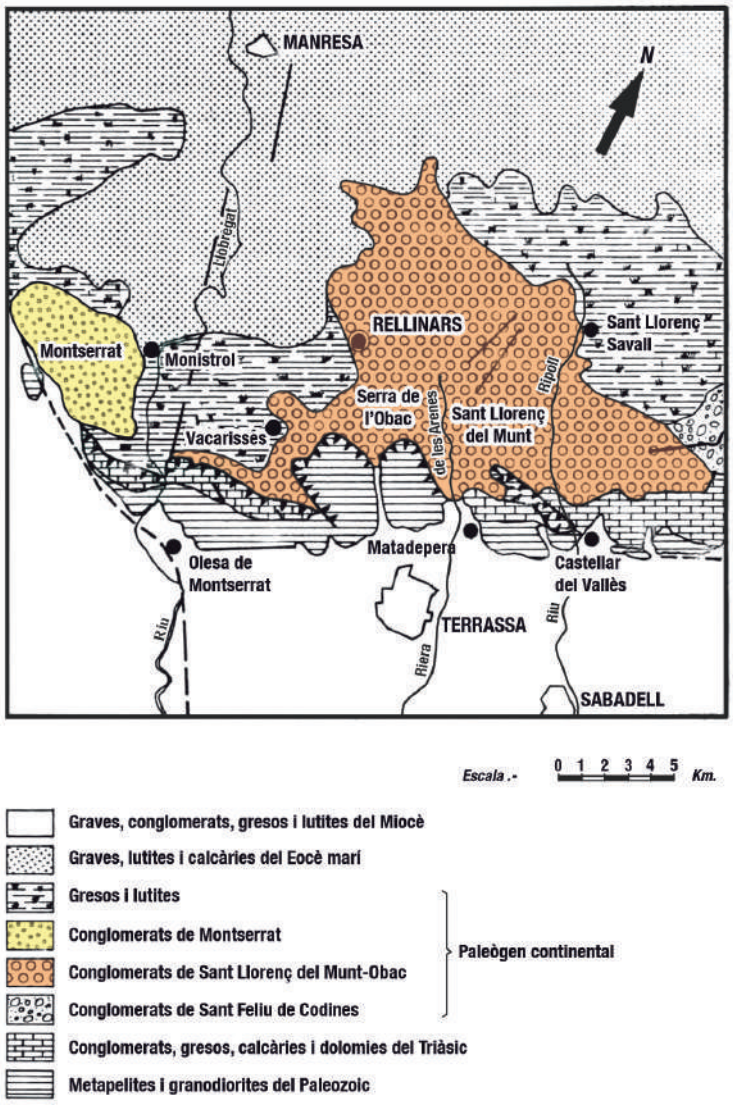


Figura 1. Situació geològica.

Figure 1. Geological and geographical setting.

SITUACIÓ GEOGRÀFICA, GEOLOGIA I HIDROLOGIA

El carst experimental de Rellinars està situat a la part oest del relleus conglomeràtics de Sant Llorenç del Munt-Serra de l'Obac (Fig. 1, 2 i 3). En aquesta part occidental del massís de l'Obac hi ha la riera de Rellinars o torrent de la Saiola amb una significativa i original descàrrega subterrània objecte de la recerca desenvolupada en el Carst Experimental de Rellinars (Freixes et al., 1983; Freixes, 1986). La conca experimental es troba a l'oest de la serra de l'Obac als conglomerats massius del ventall al·luvial deltaic de Sant Llorenç del Munt-Obac (López-Blanco, 1996). En aquests conglomerats massius hi ha nivells de conglomerats de característiques litològiques (sedimentològiques) distintes i també intercalacions de gresos vermells i lutites; aquests diferents nivells de conglomerats tingueren una diferent resposta al camp o camps d'esforços i la deformació resultant és molt contrastada d'uns nivells als altres. Així es poden definir conglomerats de característiques lito-estructurals ben diferents que tanmateix observen característiques hidrogeològiques diferents. Així quan intervenen els processos de carstificació s'ha de considerar que hi ha nivells de conglomerats de naturalesa més carbonàtica i amb una deformació tectònica més desenvolupada que són més susceptibles de carstificar-se; també hi ha nivells de naturalesa menys carbonàtica i amb una molt baixa densitat de diàclasis que observen una major resistència a la carstificació com així ja ho indicaven el estudis històrics i altres més recents (Llopis-Lladó, 1944; Freixes et

Figura 1. Situación geològica.

tiene tanto interés en la explicación de la génesis del sistema kárstico (acuífero kárstico) y de su organización funcional como en la comprensión de la transición o evolución del sistema o karst funcional al no funcional o paleokarst. En Sant Llorenç del Munt y el Obac es posible profundizar en el análisis de los karst actuales y de los paleokarst o paleosistemas (Freixes et al., 1983). Precisamente los ejemplos estudiados en la sierra del Obac indican un escaso desarrollo de la karstificación y por tanto una evolución muy limitada del drenaje y de su organización que les sitúan cerca de los acuíferos poco karstificados.

La investigación realizada en Rellinars se complementa con el trabajo desarrollado en el XVI Curso Internacional de Hidrología Subterránea que, además de los puntos de agua del torrente de Saiola, introduce los puntos de agua subterránea (fuentes y pozos) existentes en el ámbito que se desarrolla de los contrafuertes occidentales del Obac hasta prácticamente el curso fluvial del Llobregat que limita con los relieves de Montserrat, espacio conocido como depresión de Vacarisses (Freixes, 1982).

En la monografía de Freixes (2014 y 2020) se realiza una actualización y síntesis de los resultados de «Carst Experimental de Rellinars». En el presente artículo se incorporan los resultados preliminares del estudio de la deriva faunística de las fuentes de Rellinars (Ramoneda & Freixes, 1990).

al., 1983; Freixes, 1986; Anglès, 2013).

No obstant, a part d'aprofundir en les recerques experimentals del carst en conglomerats és indispensable una anàlisi a partir del concepte de potencial de carstificació i de l'anàlisi del factor hidrodinàmic en els processos de carstificació en conglomerats (Freixes, 2014, 2020).

El massís conglomeràtic de Sant Llorenç del Munt-Obac observa tres zones de descàrrega natural més importants: la font del Llor i la vall d'Horta al NE, les fonts i els Caus de Mura a la vall de Mura al NO, el sistema càrstic de Rellinars (torrent de la Saiola) i la font de can Còdol al torrent de les Vendranes a l'O i els Caus del Guitart al torrent de serra Llarga al S (Fig. 2).

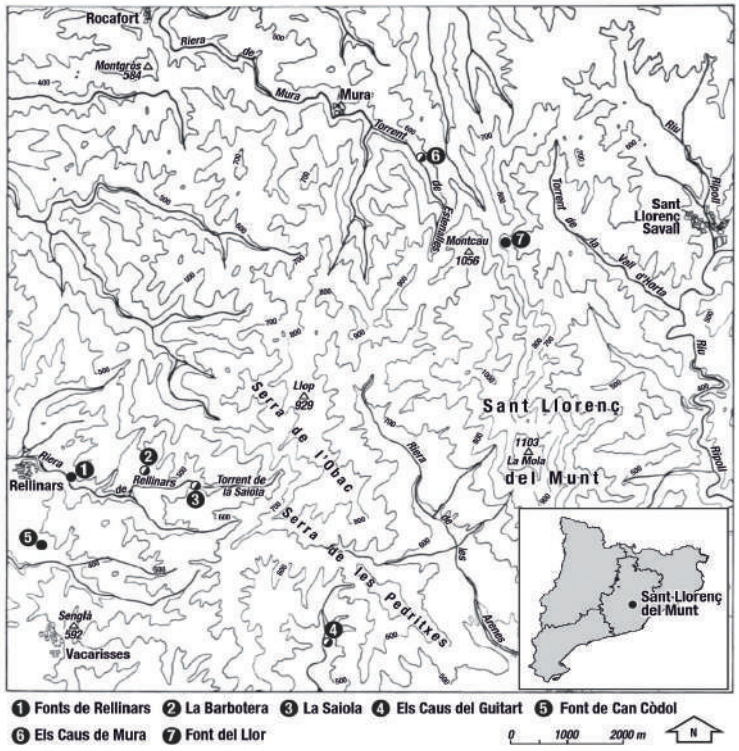


Figura 2. Situació geogràfica i hidrològia.

Figure 2. Geographical setting and hydrology.

EL CARST EXPERIMENTAL DE RELLINARS EN LA RECERCA DEL CARST I ELS SEUS PROCESSOS

Metodologia

Els treballs de referència de la recerca metodològica desenvolupada al Laboratori Subterrani de Moulis (CNRS, França) són els següents: Mangin, 1975, 1978; Bakalowicz, 1979; Andrieux, 1978; Rouch, 1978; Bakalowicz & Mangin, 1980. Aquest enfocament metodològic és el que s'utilitzà al Carst Experimental de Rellinars.

Hidrodinàmica

A Rellinars hi ha una diversitat notable de punts d'aigua de característiques contrastades (Fig. 4). Els cabals de descàrrega són en general més aviat baixos i el cabals màxims marquen aproximadament els límits superiors en les respostes analitzades, que s'han de considerar, també com a poc importants (La Saiola té un cabal màxim de 360 L/s) (Taules I, II i III). En una primera aproximació s`ha de distingir entre fonts permanents i fonts temporals o sobreeixidors. Les fonts permanents són les de Rellinars i Carlets i les temporals o sobreeixidors són les següents:

SITUACIÓN GEOGRÁFICA, GEOLÓGICA E HIDROLÓGICA

El karst experimental de Rellinars está situado en la parte oeste de los relieves conglomeráticos de Sant Llorenç del Munt-Serra del Obac (Fig. 1, 2 y 3). En esta parte occidental del macizo del Obac se localiza la riera de Rellinars o torrente de la Saiola con una significativa y original descarga subterránea objeto de la investigación desarrollada en el «Carst Experimental de Rellinars (Freixes et al., 1983; Freixes, 1986). La cuenca experimental se encuentra al oeste de la sierra del Obac en los conglomerados masivos del abanico aluvial deltaico de Sant Llorenç del Munt-Obac (López-Blanco, 1996). Entre estos conglomerados masivos se encuentran niveles de conglomerados de características litológicas (sedimentológicas) distintas, así como intercalaciones de areniscas rojas y lutitas: estos diferentes niveles de conglomerados tuvieron una diferente respuesta al campo o campos de esfuerzos y la deformación resultante es muy contrastada de unos niveles a otros. De esta manera se pueden definir conglomerados de características lito-estructurales bien diferenciadas que a su vez tienen características hidrogeológicas diferentes. Así, cuando intervienen los procesos de karstificación hay que considerar que existen niveles de conglomerados de naturaleza más carbonática y con una deformación tectónica más desarrollada que son más susceptibles de karstificarse; también hay niveles de naturaleza menos carbonática y con una densidad de diaclasas muy baja que presentan una mayor resistencia a la karstificación como así ya lo indicaban los estudios históricos y otros más

Figura 2. Situación geográfica e hidrológica.

Figura 3. Conglomerats carstificats de l'Eocè a la serra de l'Obac.

Figure 3. Eocene karstified conglomerates of the Serra de l'Obac.

Taula I. Classificació de les surgències.

Table I. Classification of the springs.

SURGÈNCIA	Tipus	Altimetria (m s.n.m.)
Fonts de Rellinars	Permanent	345
Font de can Còdol	Permanent	345
Font Falsa	Temporal	363
Font de Carlets	Permanent	385
La Barbotera	Temporal	425
La Pedregosa	Temporal	427
La Saiola	Temporal	460
Els Caus del Guitart	Temporal	473

Falsa, Barbotera, Pedregosa, Saiola i Caus de Guitart. No obstant, s'ha d'assenyalar que en episodis de sequera molt marcats (fins i tot, abans que hi tingués influència l'escalfament global), les surgències definides com a permanents (Rellinars i Carlets), poden deixar de brollar completament. Així malgrat existir una certa zona inundada que alimenta les descàrregues permanents es fa evident que la zona inundada no és important i té un caràcter temporal i tanmateix que la carstificació actual o més recent a Rellinars té un desenvolupament limitat. Els episodis de pluja-recàrrega analitzats en el període d'hivern-primavera de 1982 (Fig. 5).

L'anàlisi d'hidrogrames (cicle 1980-1981) centrat en l'estudi de la corba de recessió (Mangin, 1975; Freixes, 1986) es fonamenta en les equacions:

$$Q_{(t)} = \varphi_{(t)} + \Psi_{(t)}$$

[Equació de la corba de recessió: zona saturada i zona no saturada]

$$\varphi_{(t)} = Q_0 e^{-\alpha t}$$

[Equació de la zona saturada (esgotament)]

$$\Psi_{(t)} = q_0 \frac{1-\eta' t}{1+\varepsilon t}$$

[Equació de la zona no saturada (caracterització de la infiltració)]

$$V = \int_0^{\infty} Q_0 \, e^{-\alpha t} \;\; ; \;\; V = \frac{Q_0}{\alpha \, (C)}$$

[Càlcul del volum dinàmic: aproximació a la zona saturada]

Figura 3. Conglomerados karstificados del Eoceno de la serra de l'Obac.

Tabla I. Clasificación de las surgencias.

recientes (Llopis-Lladó, 1944; Freixes et al., 1983; Freixes, 1986; Anglès, 2013).

No obstante, al margen de profundizar en las investigaciones experimentales del karst en conglomerados es indispensable un análisis a partir del concepto de potencial de karstificación y del análisis del factor hidrodinámico en los procesos de karstificación en conglomerados (Freixes, 2014, 2020).

El macizo conglomerático de Sant Llorenç del Munt-Obac observa tres zonas de descarga natural más importantes: la fuente del Llor y el valle de Horta al NE, las fuentes y los Caus de Mura en el valle de Mura al NO, el sistema kárstico de Rellinars (torrente de la Saiola) y la fuente de Can Còdol en el torrente de Vendranes al O y los Caus del Guitart en el torrente de la sierra Llarga al S (Fig. 2).

EL «*CARST EXPERIMENTAL DE RELLINARS*» EN LA INVESTIGACIÓN DEL KARST Y SUS PROCESOS

Metodología

Los trabajos de referencia de la investigación metodológica desarrollada en el Laboratorio Subterráneo de Moulis (CNRS, Francia) son los siguientes: Mangin, 1975, 1978; Bakalowicz, 1979; Andrieux, 1978; Rouch, 1978; Bakalowicz & Mangin, 1980. Este enfoque metodológico es el que se utiliza en el «Carst Experimental de Rellinars».

Taula II. Cabals màxims i mínims observats.

Table II. Maximum and minimum discharge.

SURGÈNCIA	Q mínim (L/s)	Q màxim (L/s)
Fonts de Rellinars	1	120
Font de Carlets	1	20
La Barbotera	0	110
La Pedregosa	0	227
La Saiola	0	360
Els Caus del Guitart	0	90

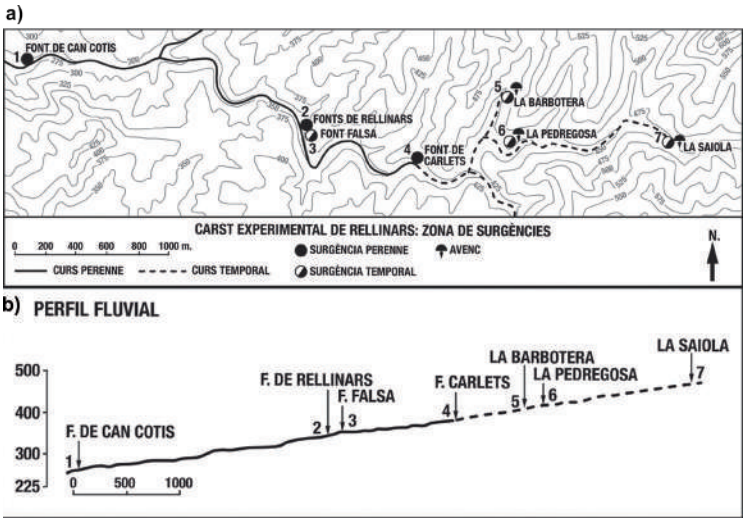


Figura 4. Situació de la conca experimental de Rellinars: mapa (a) i perfil (b).

Figure 4. Rellinars experimental basin: map (a) and profile (b).

Taula III. Ordre de funcionament dels sobreeixidors.

Table III. Order of operation of overflow.

TROP-PLEIN	Ordre d'entrada en funcionament	Ordre en què deixen de funcionar
Primera	La Barbotera	La Pedregosa
Segona	La Pedregosa	La Font Falsa
Tercera	La Saiola	La Barbotera
Quarta	La Font Falsa	Els Caus del Guitart
Cinquena	Els Caus del Guitart	La Saiola

Aquestes equacions permeten definir les característiques de la infiltració i la importància de la zona inundada o saturada en el carst o sistema de Rellinars. A més, també permeten calcular els índexs: «i» i «k» que determinen la classificació del sistema (Fig. 7) (Freixes, 1986).

Es poden remarcar els resultats següents:

El temps de durada de la infiltració és molt elevat (superior als 50 dies) que indica un predomini de la infiltració lenta respecte de la ràpida.

L'aportació total del sistema de Rellinars és superior als 2 hm^3.

El cabal màxim de sistema és 0,83 m^3/s.

La zona saturada o inundada és poc important: entre 0,1 i 0,3 hm^3.

Hidrodinámica

En Rellinars existe una diversidad notable de puntos de agua de características contrastadas (Fig. 4). Los caudales de descarga son en general bajos y los caudales máximos marcan los límites superiores en las respuestas analizadas, que hay que considerar, también como poco importantes (La Saiola tiene un caudal máximo de 360 L/s) (Tablas I, II y III). En una primera aproximación hay que distinguir entre fuentes permanentes y fuentes temporales o rebosaderos. Las fuentes permanentes son las de Rellinars y Carlets y las temporales o rebosaderos son las siguientes: Falsa, Barbotera, Pedregosa, Saiola y Caus del Guitart. No obstante, hay que destacar que en episodios de sequía muy marcados (incluso antes de la influencia del calentamiento global), las surgencias definidas como permanentes (Rellinars y Carlets), pueden secarse totalmente.

De este modo, a pesar de existir una cierta zona saturada que alimenta las descargas permanentes, se pone de manifiesto que ésta no es importante y tiene un carácter temporal y, asimismo, la karstificación actual o más reciente en Rellinars tiene con un desarrollo limitado. Los episodios de lluvia-recarga analizados en el periodo invierno-primavera de 1982 se pueden observar en la figura 5 y sus hidrogramas en la figura 5.

El análisis de hidrogramas (ciclo 1980-1981) centrado en el estudio de la curva de recesión (Mangin, 1975; Freixes, 1986) se fundamenta en las ecuaciones:

Tabla II. Caudales máximos y mínimos observados.

Taula III. Orden de funcionamiento de los rebosaderos.

Figura 4. Situación de la cuenca experimental de Rellinars: mapa (a) y perfil (b).

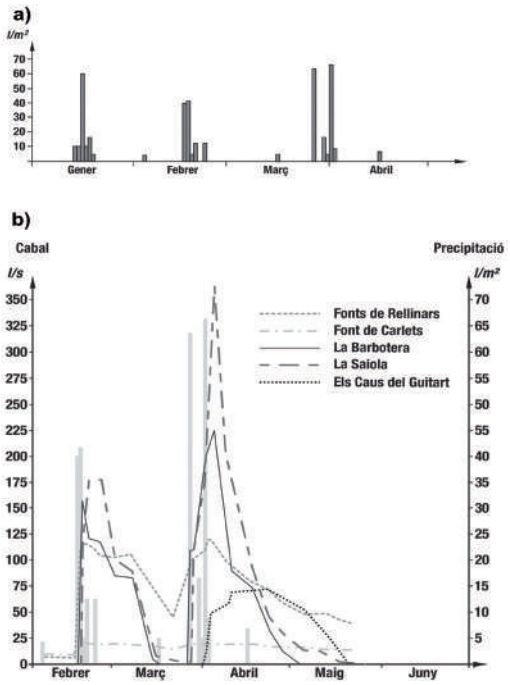


Figura 5. Precipitacions (a) i hidrogrames (b) d'hivern i primavera de 1982.

Figure 5. Winter and spring precipitation (a) and hydrographs (b) (1982).

> El sistema està situat en el domini dels sistemes complexos, que estan formats per sistemes elementals, és a dir, per parts més o menys diferenciades o individualitzades.

A més, en el retard de la infiltració hi podria contribuir l'aportació diferida dels aqüífers penjats de la part superior del massís cap a la circulació més profunda del massís: Rellinars i altres descàrregues càrstiques; aquesta aportació diferida es podria comparar, encara que amb matisos importants, al paper de l'epicarst en els carsts carbonàtics (Baget, Garraf, Cadí-Bastareny...). En el cas del sistema de Rellinars, com a exemple d'aqüífer penjat proper hi ha el de la font de la Pola, entre altres; no obstant, la incidència en el funcionament del sistema ha de ser molt poc important.

Les característiques hidrodinàmiques indiquen clarament un limitat desenvolupament de la carstificació, és a dir, el carst actual en el sistema de Rellinars i, en general, als conglomerats a Sant Llorenç i l'Obac és poc important (Fig. 2). A partir de les dades experimentals, l'explicació pot estar en què la infiltració ràpida té un desenvolupament menor i, en conseqüència, les condicions de dissolució en profunditat són també limitades i l'organització de l'estructura de drenatge és molt poc important.

No obstant, algunes observacions són pròpies que existeix una certa carstificació que a nivell local pot no ésser menyspreable, això es particularment evident en el nivells de conglomerats més carbonàtics i més fissurats.

A la Barbotera, la Pedregosa i la Saiola, que constitueixen punts de descàrrega alimentats per conductes situats en un pla inferior, s'hi observen en plena crescuda variacions del nivell de descàrrega com si es tractes d'una pulsació: és el fenomen de cop d'ariet característic de la hidrodinàmica del carst que es produeix quan una circulació més o menys

Figura 5. Precipitaciones (a) e hidrogramas (b) de invierno y primavera 1982.

$$Q_{(t)} = \varphi_{(t)} + \psi_{(t)}$$

[Ecuación de la curva de recesión: zona saturada y zona no saturada]

$$\varphi_{(t)} = Q_0 e^{-\alpha t}$$

[Ecuación de la zona saturada (agotamiento)]

$$\psi_{(t)} = q_0 \frac{1-\eta' t}{1+\varepsilon t}$$

[Ecuación de la zona no saturada (caracterización de la infiltración)]

$$V = \int_0^{\infty} Q_0 e^{-\alpha t} \quad ; \quad V = \frac{Q_0}{\alpha\ (C)}$$

[Cálculo del volumen dinámico: aproximación a la zona saturada]

Estas ecuaciones permiten definir las características de la infiltración y la importancia de la zona inundada o saturada en el karst o sistema de Rellinars. Además, también permiten calcular los índices: «i» y «k» que determinan la clasificación del sistema (Fig. 6) (Freixes, 1986).

Se pueden destacar los siguientes resultados:

El tiempo de duración de la infiltración es muy elevado (superior a 50 días) que indica un predominio de la infiltración lenta respecto a la rápida.

Taula IV. Volums de trànsit de les surgències permanents i temporals. Aportació total del sistema.

Table IV. Total annual runoff of permanent and temporary springs. Total annual runoff of the system.

FONTS	VOLUMS DE TRÀNSIT
Fonts de Rellinars i Carlets	0,62 hm³
Font Falsa	0,01 hm³
La Pedregosa	0,25 hm³
La Barbotera	0,45 hm³
La Saiola	0,70 hm³
Sistema de Rellinars (Total)	2,03 hm³
Els Caus del Guitart	0,17 hm³

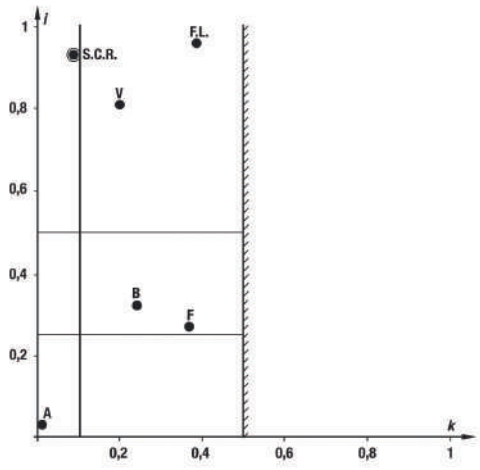


Figura 6. Classificació de Mangin (1975) «i» i «k» del sistema de Rellinars.

Figure 6. «i» and «k» Mangin's classification (1975) of Rellinars system.

profunda es veu frenada i obligada a circular ascendentment per acabar descarregant en una surgència situada en un pla superior, la transformació de l'energia cinètica en potencial s'expressa en la variació del nivell de descàrrega a la surgència, entre altres conseqüències.

Els hidrogrames dels punts d'aigua de Rellinars i dels Caus del Guitart observen diferents característiques morfològiques: Rellinars, Carlets, Barbotera, Saiola i els Caus del Guitart (Fig. 5).

Les aportacions hídriques o volums de trànsit de les distintes surgències es poden veure a la taula IV. És interessant remarcar el volum superior als 2 hm³ aportat pel que es defineix com a sistema càrstic de Rellinars.

Hidrogeotèrmia

La temperatura de les diferents fonts també aporta informació d'interès. La taula V indica que la variabilitat de la temperatura al llarg de cicle hidrològic és molt poc important a les fonts de Carlets i la Saiola, amb unes amplituds respectivament de 0,3ºC i 0,4ºC, mentre que les amplituds són significativament superiors a les fonts de Rellinars amb 0,9ºC i a la Barbotera amb 1,2ºC, precisament aquesta és l'amplitud màxima de la temperatura assolida per una surgència del conjunt de surgències existents al torrent de la Saiola (aigua amunt de les fonts de Rellinars). La Barbotera, que és el primer sobreeixidor important en entrar en funcionament en situació de crescuda, té un cabal màxim de 227 L/s

La aportación total del sistema de Rellinars es superior a los 2 hm³.

El caudal máximo del sistema es 0,83 m³/s.

La zona saturada o inundada es poco importante: entre 0,1 y 0,3 hm³.

El sistema está situado en el dominio de los sistemas complejos, que están formados por sistemas elementales, es decir, por partes más o menos diferenciadas o individualizadas.

Además, al retardo de la infiltración podría contribuir la aportación diferida de los acuíferos colgados de la parte superior del macizo hacia la circulación más profunda: Rellinars y otras descargas kársticas; esta aportación diferida se podría comparar, aunque con matices importantes, con el papel del epikarst en los karsts carbonáticos (Baget, Garraf, Cadí-Bastareny…). En el caso del sistema de Rellinars, como ejemplo de acuífero colgado cercano existe el de la fuente de la Pola, entre otros; no obstante, la incidencia en el funcionamiento del sistema ha de ser muy poco importante (Freixes, 1986).

Las características hidrodinámicas indican claramente un desarrollo limitado de la karstificación, es decir, el karst actual del sistema de Rellinars y, en general, en los conglomerados de Sant Llorenç y del Obac está poco evolucionado (Fig. 2). A partir de los datos experimentales, la explicación puede estar en que la infiltración rápida tiene un desarrollo menor y, en consecuencia, las condiciones de disolución en profundidad también son limitadas y la organización de la estructura de drenaje es poco importante.

Tabla IV. Volúmenes de transito de las surgencias permanentes y temporales. Aportación total anual del sistema.

Figura 6. Clasificación de Mangin (1975) «i» y «k» del sistema Rellinars.

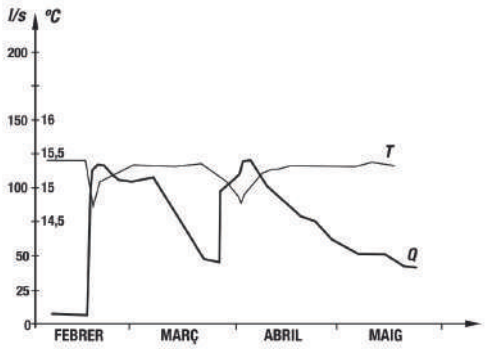


Figura 7. Resposta tèrmica de les fonts de Rellinars.

Figure 7. Thermic response of Rellinars springs.

i, tot indica, quan s'analitzen les diverses respostes hidrològiques: cabal, temperatura, geoquímica i és considera la seva situació hidrològica i geològica al torrent de la Saiola, que està ben relacionat amb les fonts de Rellinars. La Pedregosa, que segurament constitueix un sub-*trop-plein* de La Barbotera, aporta un cabal màxim de 110 L/s i l'amplitud de la temperatura és de 0,9ºC, comparable amb les calculades a les fonts de Rellinars i Barbotera.

La Saiola presenta una amplitud molt baixa de només 0,4ºC i un cabal màxim de 360 L/s, que és el més elevat de totes les surgències estudiades; de fet, el cabal de la Saiola és el més elevat que es pot mesurar en una surgència al massís de sant Llorenç del Munt i l'Obac. Aquestes característiques de la Saiola relatives a la temperatura i el cabal suposen una certa excepcionalitat en la marc de les surgències de Sant Llorenç de Munt i l'Obac i dels aqüífers càrstics estudiats a Catalunya (Freixes et al., 1998a; Freixes, 2014, 2020) doncs, generalment, els punts d'aigua amb una certa variabilitat del cabal no presenten

Taula V. Dades de temperatura de les surgències.

Table V. Water temperature of the springs.

	TEMPERATURA DE L'AIGUA (ºC)				
FONTS	**MITJANA**	**MÍNIMA**	**MÀXIMA**	**AMPLITUD**	**MESURES**
Fonts de Rellinars	15,3	14,4	15,6	0,9	104
Font de Carlets	14,9	14,7	15,0	0,3	106
La Barbotera	14,7	14,0	15,2	1,2	20
La Pedregosa	14,6	14,0	14,9	0,9	13
La Saiola	14,3	14,1	14,5	0,4	23
Els Caus del Guitart	19,2	18,6	19,4	0,8	12

Figura 7. Respuesta térmica de las fuentes de Rellinars.

Tabla V. Datos de temperatura de las surgencias.

No obstante, algunas observaciones son propias de que existe una cierta karstificación que a nivel local puede no ser despreciable, eso es particularmente evidente en los niveles de conglomerados más carbonáticos y más fisurados.

En la Barbotera, la Pedregosa y la Saiola, que constituyen puntos de descarga alimentados por conductos situados en un plano inferior, se observan en plena crecida variaciones del nivel de descarga como si se tratase de una pulsación: es el fenómeno de golpe de ariete característico de la hidrodinámica del karst que se produce cuando una circulación más o menos profunda se ve frenada y obligada a circular ascendentemente para acabar descargando en una surgencia situada en un plano superior, la transformación de la energía cinética en potencial se expresa en la variación del nivel de descarga en la surgencia, entre otras consecuencias.

Los hidrogramas de los puntos de agua de Rellinars y de los Caus del Guitart muestran distintas características morfológicas: Rellinars, Barbotera, Saiola y los Caus del Guitart (Fig. 5).

Las aportaciones hídricas o volúmenes de tránsito de las distintas surgencias se pueden ver en la tabla IV. Es interesante remarcar el volumen anual superior a los 2 hm^3 aportado por el que se define como sistema kárstico de Rellinars.

Hidrogeotèrmia

La temperatura de las diversas fuentes también aporta información de interés. La tabla V indica

variacions o amplituds de temperatura tan baixes com a la Saiola.

L'aportació hídrica total de la Saiola en el període de desenvolupament de les crescudes de 1982 és de 0,7 hm^3, la més elevada de totes les surgències (Taula IV, Fig. 5).

En general, la variabilitat de la temperatura observada per al conjunt de surgències és més aviat baixa. El valors mitjos i les amplituds de cada surgència són molt explícits. Això permet afirmar que es tracta d'un sistema hidrològic de limitada carstificació i, en general, poc evolucionat.

A més, les respostes tèrmiques de les fonts de Rellinars indiquen clarament que no hi efecte de descàrrega, i la limitada entitat de la zona saturada (Fig. 7).

La figura 8 compara les respostes tèrmiques de les diferents surgències en els episodis de crescuda de 1982

Aquestes característiques determinen que la carstificació analitzada globalment, si més no en els carsts actuals situats a la perifèria del massís també seria el reflex d'una carstificació poc desenvolupada: font del Llor a l' alta vall d'Horta, fonts i Caus de Mura al torrent d'Estenalles o riera de Mura (Freixes, 1986; Freixes et al., 1983; Morin,1995).

Les dades de temperatura del carst experimental de Rellinars sempre han estat una referència en la caracterització de sistemes poc carstificats, particularment

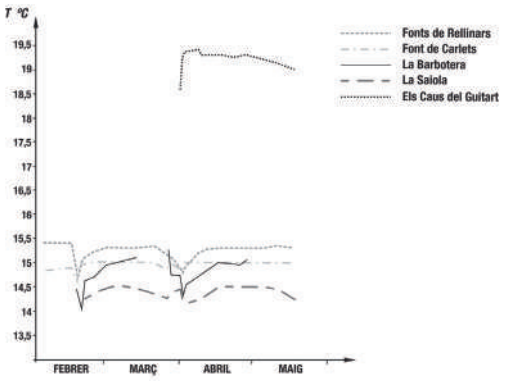


Figura 8. Termogrames de les diferents surgències (respostes tèrmiques).

Figure 8. Thermogram of different springs (thermic response).

quan encara no es disposava de dades de temperatura dels aqüífers càrstics del Pirineus de Catalunya (Fou de Bor, Fonts del Llobregat, Fonts del Bastareny, Uelhs deth Joeu, Lastoar, Tèrme-Pila i Aigüèira (Freixes et al.,1998; Freixes, 2014, 2020; Cervelló et al., 2023; Monterde et al., 2023).

Al sistema de Rellinars, com s'ha comentat més amunt, s'ha de remarcar les baixes amplituds de les surgències de Carlets amb 0,3ºC i de la Saiola amb 0,4ºC, que, en una primera interpretació, indicarien una carstificació poc desenvolupada i la més elevada d'1,2 ºC de la Barbotera que indicaria un cert grau de carstificació, però tanmateix poc important.

Hidrogeoquímica

Introducció

Les variables estudiades com es pot veure a Freixes (1986) són: conductivitat, ions

que la variabilidad de la temperatura a lo largo del ciclo hidrológico es muy poco importante en las fuentes de Carlets y la Saiola, con unas amplitudes respectivamente de 0,3ºC y 0,4ºC, mientras que las amplitudes son significativamente superiores en las fuentes de Rellinars con 0,9ºC y en la Barbotera con 1,2ºC, precisamente esta es la amplitud máxima de la temperatura registrada en una surgencia del conjunto de las existentes en el torrente de la Saiola (aguas arriba de las fuentes de Rellinars). La Barbotera, que es el primer rebosadero importante en entrar en funcionamiento en situación de crecida, tiene un caudal máximo de 227 L/s y, todo indica, cuando se analizan las diversas respuestas hidrológicas: caudal, temperatura, geoquímica y se considera su situación hidrológica y geológica en el torrente de la Saiola, que está bien relacionado con las fuentes de Rellinars. La Pedregosa, que seguramente constituye un sub-*trop-plein* de La Barbotera, aporta un caudal máximo de 110 L/s y la amplitud de la temperatura es de 0,9ºC comparable con las calculadas en las fuentes de Rellinars y Barbotera.

La Saiola presenta una amplitud muy baja de sólo 0,4ºC y un caudal máximo de 360 L/s, que es el más elevado de todas las surgencias estudiadas; de hecho, el caudal de la Saiola es el más elevado que se puede medir en una surgencia del macizo de Sant Llorenç del Munt y el Obac. Estas características de la Saiola relativas a la temperatura y al caudal suponen una cierta excepcionalidad en el marco de las surgencias de Sant Llorenç del Munt y el Obac y de los acuíferos kársticos estudiados en Catalunya

Figura 8. Termogramas de las diferentes surgencias (respuestas térmicas).

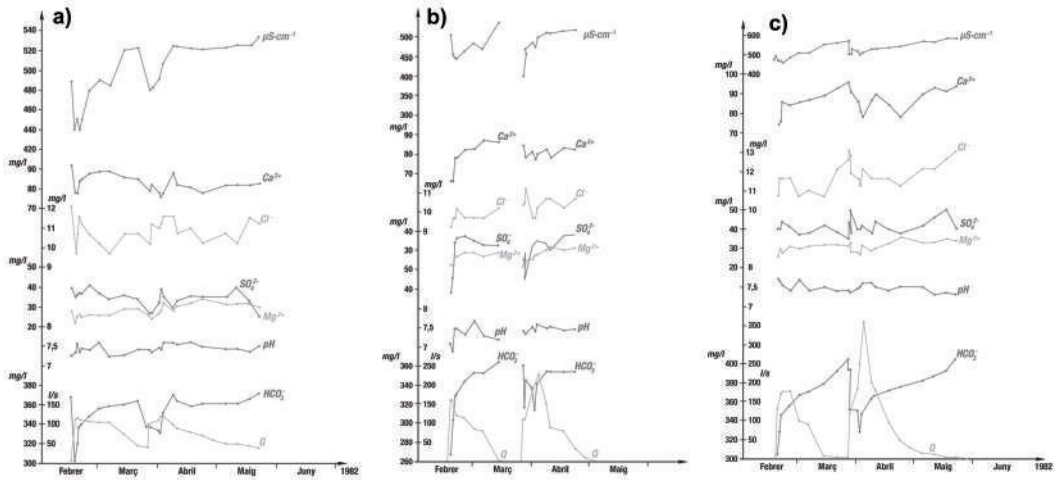


Figura 9. Quimiogrames i respostes químiques de les fonts de Rellinars (a), Barbotera (b) i Saiola (c).

Figure 9. Chemograms and chemical response of the Rellinars (a), Barbotera (b) and Saiola (c) springs.

fonamentals (bicarbonat, sulfat, clorur, calci, magnesi, sodi i potassi), pH, ΔpH i pCO_2 eq.

El càlcul de l'ΔpH i pCO_2 eq:

$$\Delta pH = pHm - pHe$$

$$pHe = - \log Ks + \log K_2 - \log (Me^{2+}) - \log (HCO_3^-) + \log [1- K_5 (SO_4^{2-}] + CMg$$

El càlcul de la pCO_2 eq es realitza a partir de les equacions:

$$\log m\ CO_2 = \log (HCO_3^-) - \log K_1 - pH$$

$$\log pCO_2 = \log m\ CO_2 - \log K_0$$

En l'anàlisi de l'equilibri del sistema calcocarbònic l'ΔpH i la pCO_2 eq són els paràmetres fonamentals. L'ΔpH permet conèixer l'estat de la solució en relació a l'equilibri i la pCO_2 eq és una aproximació al CO_2 dissolt (Fleyfel, 1979; Bakalowicz, 1980, 1981, 1995; Fleyfel & Bakalowicz, 1980; Mangin 1980).

L'aproximació hidrogeoquímica realitzada al sistema de Rellinars també s'ocupà de l'estudi de les respostes a les crescudes estudiades (tipus de resposta, variabilitat, amplituds mesurades...) a cada surgència i el tractament individualitzat i global de les dades de cada surgència amb les ACP (vegeu un desenvolupament exhaustiu a Freixes, 1986).

Conductivitat i HCO_3^-:

A les fonts de Rellinars la distribució de freqüències de la conductivitat o bé del bicarbonat presenten vàries modes indican la complexitat del sistema, malgrat la limitada carstificació. Aquesta complexitat, com succeeix en l'anàlisi hidrodinàmica, indica que aquesta unitat hidrogeològica està

Figura 9. Quimiogramas y respuestas químicas de las fuentes de Rellinars (a), Barbotera (b) y Saiola (c).

(Freixes, et al., 1998a; Freixes, 2014, 2020) pues, generalmente, los puntos de agua con una cierta variabilidad de caudal no presentan variaciones o amplitudes de temperatura tan bajas como la Saiola.

La aportación hídrica total de la Saiola en el periodo de desarrollo de las crecidas de 1982 es de 0,7 hm^3, la más elevada de todas las surgencias (Tabla IV, Fig. 5).

En general, la variabilidad de la temperatura observada en el conjunto de surgencias es más bien baja. Los valores medios y las amplitudes de cada surgencia son muy explícitos. Esto permite afirmar que se trata de un sistema hidrológico de limitada karstificación y, en general, poco evolucionado. Además, las respuestas térmicas de las fuentes de Rellinars indican claramente que no existe efecto de descarga y hay una limitada entidad de la zona saturada (Fig. 7). La figura 8 compara las respuestas térmicas de las diferentes surgencias en los episodios de crecida de 1982.

Estas características determinan que la karstificación, analizada globalmente, en los karst actuales situados en la periferia del macizo también sería el reflejo de una karstificación poco desarrollada: fuente del Llor (zona alta del valle de Horta), fuentes y Caus de Mura (torrente de Estenalles y riera de Mura) (Freixes, 1986; Freixes et al., 1983; Morin, 1995).

Los datos de temperatura del «Carst Experimental de Rellinars» siempre han sido una referencia en la caracterización de sistemas poco karstificados, particularmente cuando todavía no se disponía de datos de temperatura de los acuíferos kársticos

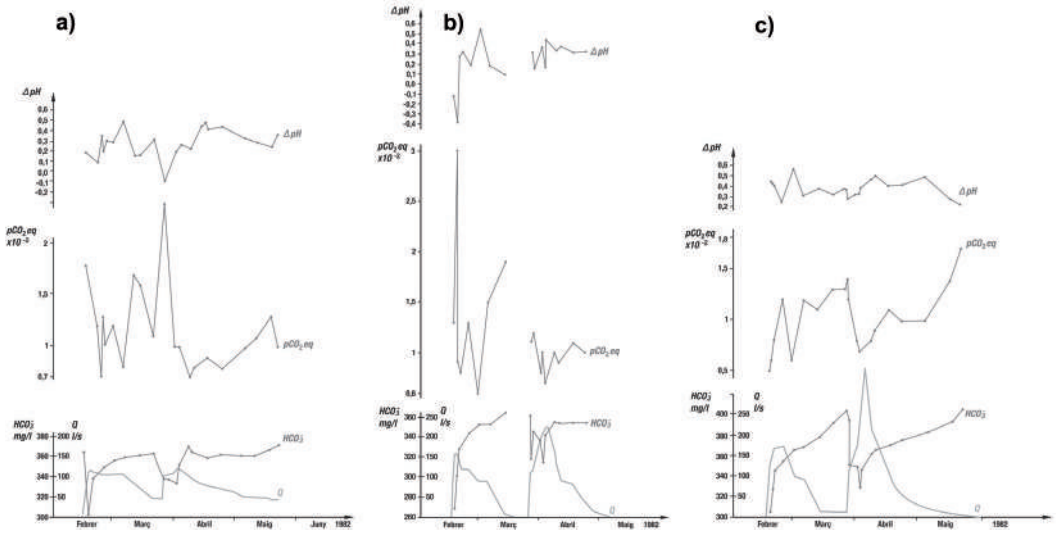


Figura 10. ΔpH i pCO_2 eq i de les fonts de Rellinars (a), Barbotera (b) i Saiola (c).

Figure 10. ΔpH and pCO_2 eq of Rellinars (a), Barbotera (b) and Saiola (c) springs.

formada per sistemes o parts elementals.

HCO_3^- i TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}):

A les fonts de Rellinars s'observa en les dues crescudes el mateix esquema: els cabals màxims presenten una correlació forta i negativa amb el HCO_3^- i TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}) , respostes pròpies des sistemes sense efecte de descarrega i de limitat desenvolupament de la zona saturada. A la Barbotera i la Pedregosa les respostes en HCO_3^- i TH observen característiques semblants a Rellinars, mentre que a Carlets també són comparables, però amb amplituds de variació menys marcades (Fig. 9).

A la Saiola les dues crescudes (febrer i març-abril) es produeixen sense solució de continuïtat a diferencia de la Barbotera i la Pedregosa (Fig. 9). El caràcter inercial és tan fort que aquest sobreeixidor manté el funcionament durant quasi tres mesos aquesta és un característica original de la Saiola i del sistema de Rellinars. A la Saiola s'observa una diferència important en relació a les restants fonts: en situació de decrescuda als dos episodis de crescuda el bicarbonat, el calci i magnesi augmenten progressivament, mentre que Rellinars, Carlets i Barbotera presenten un clara estabilització (Fig. 9).

pCO_2 eq i ΔpH:

A les fonts de Rellinars l'evolució de les variables pCO_2 eq i ΔpH presenta una variabilitat notablement acusada en les dues crescudes estudiades. A la primera els valors són moderadament elevats : $1{\cdot}10^{-2}$ a $1{,}5{\cdot}10^{-2}$ atm. Mentre que la segona crescuda (de tipus complex) observa un elevat valor de la pCO_2

del Pirineo de Catalunya: Fou de Bor, fuentes del Llobregat, fuentes del Bastareny, Uelhs deth Joeu, Lastoar, Tèrme-Pila y Aigüèira (Freixes et al., 1998a; Freixes, 2014, 2020, Cervelló et al., 2023; Monterde et al., 2023).

En el sistema de Rellinars, como se ha comentado anteriormente, hay que remarcar las bajas amplitudes de las surgencias de Carlets con 0,3°C y de la Saiola con 0,4°C, que, en una primera interpretación, indicarían una carstificación poco desarrollada y la más elevada de 1,2°C de la Barbotera que indicaría un cierto grado de karstificación, pero poco importante.

Hidrogeoquímica

Introducción

Como puede verse las variables estudiadas en Freixes (1986) son: conductividad eléctrica (C), iones fundamentales (bicarbonato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, sodio y potasio), pH, ΔpH y pCO_2 eq.

El cálculo del ΔpH y pCO_2 eq se realiza a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\Delta pH = pHm - pHe$$

$$pHe = - \log Ks + \log K_2 - \log (Me^{2+}) - \log (HCO_3^-) + \log [1- K_5 (SO_4^{2-}] + CMg$$

El cálculo de la pCO_2 eq se realiza a partir de las ecuaciones:

$$\log m\ CO_2 = \log (HCO_3^-) - \log K_1 - pH$$

$$\log pCO_2 = \log m\ CO_2 - \log K_0$$

Figura 10. ΔpH y pCO_2 eq de las fuentes de Rellinars (a), Barbotera (b) y Saiola (c)..

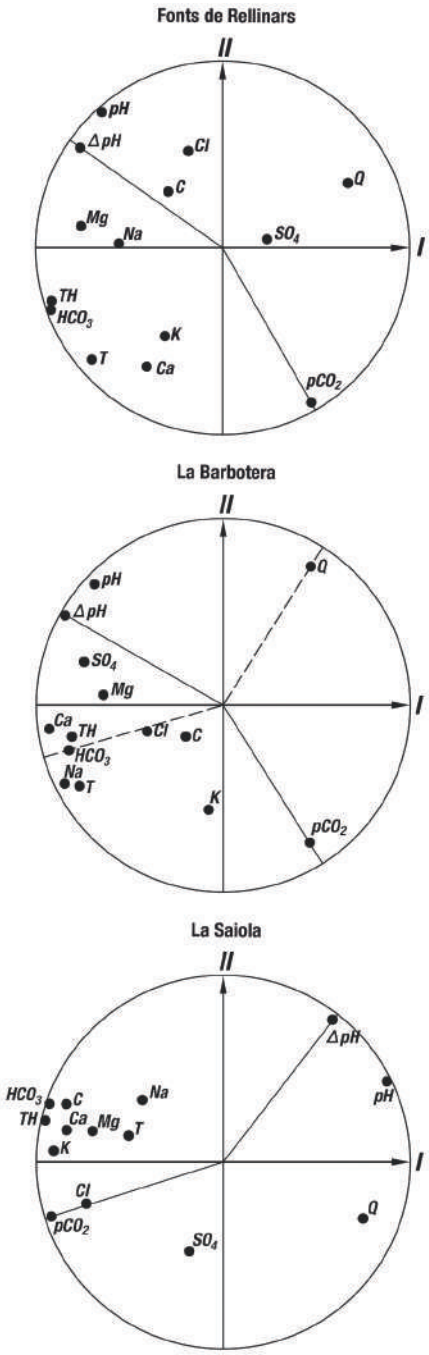


Figura 11. ACP de les fonts de Rellinars, Barbotera i Saiola.

Figure 11. ACP of Rellinars, Barbotera and Saiola springs.

eq amb $2{,}4 \cdot 10^{-2}$ que correspon a un mínim molt marcat de l' ΔpH = - 0,1, que indica una clara infrasaturació de l'aigua, pròpia d'aigües d'infiltració ràpida que influeixen en la disminució dels bicarbonat i el TH. La resta de valors de l'ΔpH de 0,1 a 0,5 indiquen una sobresaturació molt acusada de l'aigua (Fig. 10).

A la surgència temporal de la Barbotera a la primera crescuda hi ha un valor de la pCO_2 eq molt marcat amb $3 \cdot 10^{-2}$ atm, que es correspon amb un valor d'ΔpH = - 0,4, de forta infrasaturació: es tracta d'aigües d'infiltració ràpida. Per altra banda els valors elevats de l'ΔpH entre 0,2 i 0,5 i el valors moderats de la pCO_2 eq de $0{,}7 \cdot 10^{-2}$ i $1{,}5 \cdot 10^{-2}$ caracteritzen una infiltració lenta, segons la definició de Bakalowicz (1980) i de Fleyfel & Bakalowicz (1980), doncs per valors d'ΔpH ≥ 0, quan la pCO_2 eq augmenta, l'ΔpH decreix (Fig. 10).

A la surgència de la Saiola els valors de la pCO_2 eq van de $0{,}5 \cdot 10^{-2}$ a $1{,}7 \cdot 10^{-2}$ atm i els d'ΔpH varien de 0,2 a 0,6 indicant aigües sobresaturades en els dos episodis de crescuda (Fig. 9 i 10).

A més, cal remarcar la correlació positiva existent entre la mineralització: HCO_3^-, Ca^{2+} i Mg^{2+} i la pCO_2 eq, evolució que ens indicaria l'existència d'una zona inundada, encara que menor, alimentant aquesta font (Fig. 9 i 10)

Als Caus del Guitart els valors de pCO_2 eq

Figura 11. ACP de las fuentes de Rellinars, Barbotera y Saiola.

En el análisis del equilibrio del sistema calcocarbónico el ΔpH y la pCO_2 eq son los parámetros fundamentales. El ΔpH permite conocer el estado de la solución en relación al equilibrio y de la pCO_2 eq es una aproximación al CO_2 disuelto (Fleyfel, 1979; Bakalowicz, 1980, 1981, 1995; Fleyfel & Bakalowicz, 1980; Mangin, 1980).

La aproximación hidrogeoquímica realizada en el sistema de Rellinars también se ocupa del estudio de las respuestas de las crecidas estudiadas (tipo de respuesta, variabilidad, amplitudes medidas…) en cada surgencia y el tratamiento individualizado y global de los datos con los ACP (ver un desarrollo exhaustivo en Freixes, 1986).

Conductividad y HCO_3^-:

En las fuentes de Rellinars la distribución de la conductividad eléctrica y del bicarbonato presenta varias modas indicando la complejidad del sistema, a pesar de su limitada karstificación. Esta complejidad, como sucede en el análisis hidrodinámico, indica que esta unidad hidrogeológica está formada por sistemas o partes elementales.

HCO_3^- y TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}):

En las fuentes de Rellinars se observa en las dos crecidas el mismo esquema: los caudales máximos presentan una correlación fuerte y negativa con el HCO_3^- y TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}), respuestas propias de sistemas sin efecto de descarga y de limitado desarrollo de la zona saturada. En la Barbotera y la Pedregosa las respuestas en HCO_3^- y TH presentan características parecidas a Rellinars, mientras que

són, en general, elevats: d'1,1·10^{-2} a 3,10^{-2} atm i els d'ΔpH són sobresaturats al llarg de tota la crescuda, variant de 0,1 a 0,6.

Anàlisis de components principals

La quantitat de variables hidrogeoquímiques més el cabal i la temperatura, exigeix un mètode d'anàlisi global que permeti conèixer millor les relacions existents entre elles (Mangin, 1979). A la monografia de Freixes (1986) trobareu una informació exhaustiva sobre les característiques de l'anàlisi de components principals (ACP). A continuació es presenten de manera molt sintètica els resultats d'aquest tractament aplicat a les dades de cadascuna de les fonts (temporal) i també una anàlisi espacial que inclou les dades sincròniques de totes les surgències a les crescudes d'hivern i primavera de l'any 1982.

Anàlisi de components principals temporal de les fonts de Rellinars, Barbotera, Saiola i Caus del Guitart

ACP de les fonts de Rellinars (Fig. 11):

El factor I oposa Q a HCO_3^- i TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}) i es pot interpretar com el factor mineralització (temps de permanència de l'aigua a l'aqüífer). És el factor que expressa la relació de la solució amb la fase sòlida.

El factor II oposa la pCO_2 eq a l' ΔpH. Aquest factor expressa els intercanvis que existeixen entre la solució i la fase gasosa. El factor II indica que la zona saturada és, des del punt de vista químic, poc important.

A les fonts de Rellinars es caracteritzen els dos tipus d'infiltració: ràpida i retardada (lenta).

ACP de la Barbotera (Fig. 11):

El factor I oposa Q a HCO_3^-, Ca^{2+}, TH, Na+ i ΔpH i constitueix el factor mineralització (factor temps de permanència de l'aigua a l'aqüífer) que expressa la relació de la solució amb la fase sòlida.

El factor II oposa Q a pCO_2 eq i K^+ (i en menor grau a l'ΔpH). Aquest factor explica els bescanvis entre la solució i la fase gasosa, és a dir, els intercanvis entre l'aigua i l'aire.

A la Barbotera el tipus de dinàmica que es caracteritza respon també als dos tipus d'infiltració: ràpida i retardada (lenta)

ACP de la Saiola (Fig. 11):

El factor I oposa TH, HCO_3^-, pCO_2 eq, K^+ i Ca^{2+} al Q i a l'ΔpH. Aquest factor s'ha d'interpretar com el factor mineralització que expressa la relació entre la solució i la fase sòlida. El factor II oposa l'ΔpH al SO_4^{2-}, i en menor grau a la pCO_2 eq. El caràcter menys definit del Factor II pel que fa a l'oposició de l' ΔpH i la pCO_2 eq i l'associació de la mineralització amb la pCO_2 eq indiquen l'existència d'una certa zona inundada.

en Carlets también son comparables, pero con amplitudes de variación menos marcadas (Fig. 9).

En la Saiola, las dos crecidas (febrero y marzo-abril de 1982) se produjeron sin solución de continuidad a diferencia de la Barbotera y la Pedregosa (Fig. 9). El carácter inercial es tan fuerte que este rebosadero se mantuvo en funcionamiento durante casi tres meses. Esta es una característica original de la Saiola y del sistema de Rellinars. En la Saiola se observó una diferencia importante en relación a las restantes fuentes: en situación de decrecida en los dos episodios de crecida, el bicarbonato, calcio y magnesio aumentaron progresivamente (Fig. 9 y 10), mientras que Rellinars, Carlets y Barbotera presentaron una clara estabilización (Fig. 9).

pCO_2 eq y ΔpH:

En las fuentes de Rellinars la evolución de las variables pCO_2 eq y ΔpH presenta una variabilidad notablemente acusada en las dos crecidas estudiadas. En la primera los valores son moderadamente elevados: 1·1^{-2} a 1,5·10^{-2} atm. Mientras que la segunda crecida (de tipo complejo) observa un elevado valor de la pCO_2 eq con 2,4·10^{-2} atm que corresponde a un mínimo muy marcado del ΔpH = - 0,1, que indica una clara infrasaturación del agua, propia de aguas de infiltración rápida que influyen en la disminución del bicarbonato y el TH. El resto de valores del ΔpH de 0,1 a 0,5 indican una sobresaturación muy acusada del agua (Fig. 10).

En la surgencia temporal de la Barbotera, en la primera crecida hay un valor de la pCO_2 eq muy marcado con 3·10^{-2} atm que se corresponde con

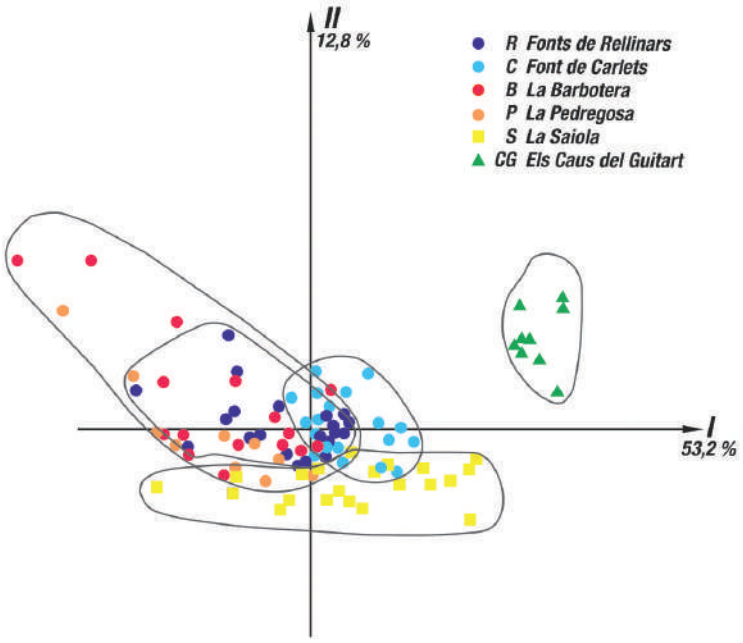


Figura 12. ACP (Espacial): Rellinars, Carlets, Falsa, Barbotera, Pedregosa, Saiola i Caus del Guitart.

Figure 12. ACP (Spatial) of Rellinars, Carlets, Falsa, Barbotera, Pedregosa, Saiola and Caus del Guitart springs.

ACP dels Caus del Guitart:

El factor I oposa C, HCO_3^-, TH, ΔpH i Na^+ a la pCO_2 eq (en presència d'una fase gasosa important) Es tracta del factor mineralització o temps de permanència de l'aigua a l'aqüífer. El factor II oposa SO_4^{2-}, Mg^{2+} i ΔpH a la pCO_2 eq. L'oposició entre la pCO_2 eq i l'ΔpH assenyala que es tracta del factor que expressa el bescanvi entre la fase líquida i la fase gasosa. La infiltració té un paper important en l'adquisició de la mineralització. L'associació Q i T indica una correlació positiva entre cabal i temperatura que és un argument per posar en relació amb els Caus amb una certa zona inundada.

Anàlisi de Components Principals Espacial de les surgències de Rellinars, Falsa, Carlets, Barbotera, Pedregosa, Saiola i Caus del Guitart (crescudes de 1982)

Aquesta anàlisi de components principals s'ha realitzat considerant totes les dades disponibles. Les variables: Q (cabal), T (temperatura), C (conductivitat), pH, HCO_3^-, Cl^- i $SO4^{2-}$ Ca^{2+}, Mg^{2+}, TH, Na^+ i K^+, i 106 unitats estadístiques (mostres) que responen al funcionament sincrònic de totes les surgències en les crescudes d'hivern i primavera de 1982 (Fig. 12).

A les fonts de Rellinars, Carlets, Falsa, Pedregosa i Barbotera el Factor I és el factor mineralització (cabal/mineralització) o temps de permanència de l'aigua a l'aqüífer i el Factor II és el que explica els bescanvis de la solució amb la fase gasosa. A la Saiola en el Factor I s'observa una associació entre el HCO_3^- (mineralització) i la pCO_2 eq que expressa una darrera evolució del flux propi d'una zona inundada menor, que alimenta la surgència (Bakalowicz, 1980; Botton, 1986).

Hidrobiologia

Amb l'objectiu de conèixer la resposta biològica (hidrobiològica) de la surgència de Rellinars, en la seva qualitat de font principal del sistema, es realitzaren estudis de la deriva en dues situacions: plena crescuda

Figura 12. ACP (Espacial): Rellinars, Carlets, Falsa, Barbotera, Pedregosa, Saiola y Caus del Guitart.

un valor de ΔpH = - 0,4, de fuerte infrasaturación: se trata de aguas de infiltración rápida. Por otro lado, los valores elevados del ΔpH entre 0,2 y 0,5 y los valores moderados de la pCO_2 eq de $0{,}7{\cdot}10^{-2}$ y $1{,}5{\cdot}10^{-2}$ caracterizan una infiltración lenta, según la definición de Bakalowicz (1980) y de Fleyfel & Bakalowicz (1980), donde para valores de ΔpH ≥ 0, cuando la pCO_2 eq aumenta, el ΔpH decrece (Fig. 10).

En la surgencia de la Saiola los valores de la pCO_2 eq van de $0{,}5{\cdot}10^{-2}$ a $1{,}7{\cdot}10^{-2}$ atm y los de ΔpH varían de 0,2 a 0,6 indicando aguas sobresaturadas en los dos episodios de crecida (Fig. 10 y 11).

Además, cabe destacar la correlación positiva existente entre la mineralización: HCO_3^-, Ca^{2+}, y Mg^{2+} y la pCO_2 eq, evolución que nos indicaría la existencia de una zona inundada, aunque menor, alimentando esta fuente (Fig. 9 y 10).

En los Caus del Guitart los valores de pCO_2 eq son, en general, elevados: de $1{,}1{\cdot}10^{-2}$ a $3{\cdot}10^{-2}$ atm y los de ΔpH son sobresaturados a lo largo de toda la crecida, variando de 0,1 a 0,6.

Análisis de componentes principales

La cantidad de variables hidrogeoquímicas más el caudal y la temperatura, exige un método de análisis global que permita conocer mejor las relaciones existentes entre ellas (Mangin, 1979). En la monografía de Freixes (1986) se encuentra una información exhaustiva sobre las principales características del análisis de componentes

i cabals baixos (transició a l'esgotament i esgotament) (Rouch, 1978; Ramoneda & Freixes, 1990)

La taula 6 recull els resultats més importants d'aquests filtratges a partir dels quals s'ha determinat la taxa de deriva faunística en condicions d'aigües baixes i en condicions de crescuda.

Els resultats obtinguts en aquest treball preliminar indiquen que la taxa de deriva de fauna pròpia del medi càrstic subterrani (fauna hipogea) és pràcticament nul·la en aigües baixes, però sí que té una certa presència a les fonts en crescuda, tot i que en valors força baixos. Els organismes filtrats són, bàsicament, microcrustacis de l'ordre dels Amphípoda, amb alguns exemplars de Copèpoda i Ostràcoda. Per tant, tot sembla indicar que estem davant d'unes comunitats d'organismes adaptats al medi subterrani poc diverses, representades per pocs exemplars.

A manca d'estudis més sistemàtics, aquesta escassa diversitat és plenament compatible amb la interpretació i les conclusions que es deriven dels resultats obtinguts a partir de la resta de disciplines: una carstificació poc desenvolupada i un limitat desenvolupament de la zona saturada o inundada que dificulta que es constitueixin ecosistemes relativament complexos en aquest medi subterrani.

Resultats experimentals: síntesi

Flux hídric: funcionament i estructura

Les morfologies dels hidrogrames són aplanades i allargades amb puntes més o menys marcades per la influència dels sobreeixidors (Pedregosa, Barbotera i Saiola).

Els sobreeixidors observen un major desenvolupament del drenatge i una major evolució però, sempre en un context de limitada carstificació.

Es caracteritzen dos tipus d'infiltració: ràpida i lenta (o retardada), aquesta és predominant en la dinàmica dels sistemes i particularment en el bloc o subsistema Rellinars.

El volum de trànsit del sistema definit com a Rellinars és superior als 2 hm^3. I el volum de la zona saturada, poc important, està entre 0,1 i 0,3 hm^3. El cabal màxim del sistema, suposant que la Saiola (bloc de la Saiola) en formi part, és de 0,83 m^3/s. És un sistema de poca entitat i limitada zona saturada, però possiblement és el més important dels relleus de Sant Llorenç del Munt i Obac.

Els paràmetres «i» i «k» situen el sistema de Rellinars en el domini del sistemes complexos: formats per sistemes elementals o subsistemes.

El sistema de Rellinars presenta un drenatge poc desenvolupat i un funcionament molt inercial com ho il·lustren molt bé els hidrogrames de les fonts de Rellinars i dels

principales (ACP). A continuación, se presentan, de manera muy sintética, los resultados de estos tratamientos aplicados a los datos de cada una de las fuentes (temporal) y también un análisis espacial que incluye los datos sincrónicos de todas las surgencias durante las crecidas de invierno y primavera del año 1982.

Análisis de componentes principales de las fuentes de Rellinars, Barbotera, Saiola y Caus del Guitart

ACP de las fuentes de Rellinars (Fig. 11):

El factor I opone Q a HCO_3^- y TH (Ca^{2+} + Mg^{2+}) y se puede interpretar como el factor mineralización (tiempo de permanencia del agua en el acuífero). Es el factor que expresa la relación de la solución con la fase sólida.

El factor II opone la pCO_2 eq al ΔpH. Este factor expresa los intercambios que existen entre la solución y la fase gaseosa. El factor II indica que la zona saturada es, desde el punto de vista químico, poco importante.

En las fuentes de Rellinars se caracterizan los dos tipos de infiltración: rápida y retardada (lenta).

ACP de la Barbotera (Fig. 11):

El factor I opone Q a HCO_3^-, Ca^{2+}, TH, Na^+ y ΔpH y constituye el factor mineralización (factor de tiempo de permanencia del agua en el acuífero) que expresa la relación de la solución con la fase sólida.

sobreeixidors.

Temperatura i respostes tèrmiques

Les amplituds de la temperatura més elevades són: Rellinars i Pedregosa: 0,9ºC i Barbotera: 1,2ºC), que reflecteixen una major influència de les aigües d'infiltració ràpida. Mentre que les amplituds a Carlets: 0,3ºC i Saiola: 0,4ºC són més aviat baixes i difícils d'interpretar, segurament l'explicació té a veure amb la seva relació amb blocs de característiques lito-estructurals amb una menor permeabilitat global i una menor influència de la infiltració ràpida.

Les respostes tèrmiques de Rellinars, Carlets, Pedregosa i Barbotera són les pròpies de sistemes sense efecte de descàrrega: el valors més elevats del cabal coincideixen amb els mínims de temperatura això indica que la zona saturada és mot molt poc important. En els episodis de crescuda de 1982, la Saiola observa una resposta complexa que mostra un cert efecte de descarrega, observació que confirma l'existència d'una certa zona saturada. Els Caus del Guitart té temperatures anòmalament elevades (19,4ºC) es tracta d'una surgència hipotermal i hipertèrmica. El cabal i la temperatura observen una correlació elevada i positiva indicant la seva possible relació amb un zona saturada que observaria una anomalia termal.

Mineralització, respostes químiques i equilibri calcocarbònic

La distribució de freqüències del HCO_3^- a les font de Rellinars és polimodal indicant la complexitat del sistema i que es tracta d'un sistema poc evolucionat i mal drenat.

El HCO_3^- i el TH de Rellinars, Carlets, Pedregosa i Barbotera observen concentracions mínimes coincidint amb els cabals màxims indicant un paper més important de la zona d'infiltració i l'escassa importància de la zona saturada, com succeïa amb les respostes tèrmiques.

L'ΔpH i la pCO_2 eq defineixen els dos tipus d'infiltració: ràpida i lenta.

A l'ACP de Rellinars i a l'ACP de la Barbotera, el Factor I és el factor mineralització i el Factor II el de bescanvi aigua-aire, i expressen el paper predominant de la infiltració (zona no saturada) al bloc o subsistema Rellinars del sistema càrstic de Rellinars (Fig. 11).

A l'ACP de la Saiola s'observa una associació de la mineralització (HCO_3^-) amb la pCO_2 eq indicant una certa zona saturada (Fig. 11).

L'ACP dels Caus confirma l'associació del cabal i la temperatura assenyalant una possible zona inundada en l'alimentació d'aquesta surgència.

ACP espacial realitzat per a la totalitat de les surgències determina l'existència del sistema Rellinars format per dos blocs:

El factor II opone Q a pCO_2 eq i K^+ (y en menor grado al ΔpH). Este factor explica los intercambios entre la solución y la fase gaseosa, es decir, los intercambios entre el agua y el aire.

En la Barbotera el tipo de dinámica que se caracteriza responde también a los dos tipos de infiltración: rápida y retardada (lenta).

ACP de la Saiola (Fig. 11):

El factor I opone TH, HCO_3^-, pCO_2 eq, K^+ y Ca^{2+} al Q y al ΔpH. Este factor hay que interpretarlo como el factor de mineralización que expresa la relación entre la solución y la fase sólida. El factor II opone el ΔpH al SO_4^{2-}, y en menor grado a la pCO_2 eq. El carácter menos definido del factor II por lo que hace referencia a la oposición de ΔpH y la pCO_2 eq y la asociación de la mineralización con la pCO_2 eq indican la existencia de una cierta zona inundada.

ACP de los Caus del Guitart:

El factor I opone C, HCO_3^-, TH, ΔpH y Na^+ a la pCO_2 eq (en presencia de una fase gaseosa importante). Se trata del factor mineralización o tiempo de permanencia del agua en el acuífero. El factor II opone SO_4^{2-}, Mg^{2+} y ΔpH a la pCO_2 eq. La oposición entre pCO_2 eq y el ΔpH señala que se trata del factor que expresa el intercambio entre la fase líquida y la fase gaseosa. La infiltración tiene un papel importante en la adquisición de la mineralización. La asociación Q y T indica una correlación positiva

Taula VI. Dades de la deriva faunística de les fonts de Rellinars.

Table VI. Fauna drift at Rellinars springs.

	DERIVA DE FAUNA A LES FONTS DE RELLINARS							
	Fauna aquàtica epígea		Fauna aquàtica hipògea		Fauna terrestre epígea		Fauna terrestre hipògea	
	% del Total	Taxa de deriva (exemplars/ hora)	% del Total	Taxa de deriva (exemplars/ hora)	% del Total	Taxa de deriva (exemplars/ hora)	% del Total	Taxa de deriva (exemplars/ hora)
Aigües baixes	85,3	3,92	0,6	0,03	14,12	0,65	0,0	0,00
Aigües altes	81,8	6,19	3,1	0,24	11,3	0,86	0,3	0,29

el primer o bloc Rellinars format per les descàrregues naturals de Rellinars, Carlets. Falsa, Pedregosa i Barbotera i el segon bloc format per la Saiola. Els Caus formarien part d'un sistema independent (Fig. 12).

Deriva faunística a les fonts de Rellinars

Les conclusions de les derives faunístiques estudiades en situació de crescuda i esgotament a les fonts de Rellinars coincideixen amb les conclusions dels resultats aportats per la resta de disciplines: una carstificació poc desenvolupada i un limitat desenvolupament de la zona saturada o inundada que dificulta que es constitueixin ecosistemes relativament complexos en aquest medi subterrani (Taula VI).

CONCLUSIONS

La metodologia d'enfocament sistèmic, hidrològic, experimental, interdisciplinària i transdisciplinària (aproximació hidrològica funcional en la recerca del carst) ha estat determinant en la definició de la unitat de recerca més complexa i important del

entre caudal y temperatura que es un argumento para poner en relación los Caus con una cierta zona inundada.

Análisis de Componentes Principales Espacial de las surgencias de Rellinars, Falsa, Carlets, Barbotera, Pedregosa, Saiola y Caus del Guitart (crecidas de 1982)

Este análisis de componentes principales se ha realizado considerando todos los datos disponibles. Las variables: Q (caudal), T (temperatura), C (conductividad eléctrica), pH, HCO_3^-, Cl^- y SO_4^{2-} ,Ca^{2+}, Mg^{2+}, TH (dureza o título hidrotimétrico), Na^+ y K^+, y 106 unidades estadísticas (muestras) que responden al funcionamiento sincrónico de todas las surgencias en las crecidas de invierno y primavera de 1982 (Fig. 10).

En las fuentes de Rellinars, Carlets, Falsa, Pedregosa y Barbotera el Factor I es el factor mineralización (caudal/mineralización) o tiempo de permanencia del agua en el acuífero y el Factor II es el que explica los intercambios de la solución con la fase gaseosa. En la Saiola en el Factor I se observa una asociación entre el HCO_3^- (mineralización) y la pCO_2 eq que expresa una última evolución del flujo propio de una zona inundada menor, que alimenta la surgencia (Bakalowicz, 1980; Botton, 1986).

Hidrobiología

Con el objetivo de conocer la respuesta biológica (hidrobiológica) de la surgencia de Rellinars, en su

Tabla VI. Datos de la deriva faunística de las fuentes de Rellinars.

marc hidrogeològic estudiat: el sistema càrstic de Rellinars. En la definició d'aquest sistema hi han intervingut les aproximacions disciplinaries basades en l'estudi del cabal, la temperatura, la composició química de l'aigua i la fauna del medi aquàtic càrstic.

Així, el model conceptual del sistema s'ha fonamentat en l'estudi de les dades de cabal, temperatura i geoquímica de l'aigua, analitzades individualment o bé comparades: pluja-cabal, cabal-temperatura, cabal-bicarbonat, cabal-TH, cabal-pCO_2 eq, cabal-ΔpH, pCO_2 eq-ΔpH... i en l'estudi de la deriva de la fauna (a la surgència principal o fonts de Rellinars) i també en el tractament estadístic de les dades amb l'anàlisi de components principals aplicats a cadascuna de les surgències (ACP temporal) i aplicat també a la totalitat de les surgències (ACP espacial).

El model conceptual del sistema indica l'existència de dos blocs o subsistemes que hem anomenat: Rellinars i Saiola. L'anàlisi de components principals espacial contribueix a la definició de les diferents unitats hidrogeològiques o sistemes. Així hi ha dos sistemes: un de complex: el sistema càrstic de Rellinars del que formarien part el bloc o subsistema de Rellinars (integrat per les surgències de Rellinars, Carlets, Falsa, Barbotera i Pedregosa), i el bloc o subsistema de la Saiola que integraria la surgència de la Saiola (i que també podria tenir relació amb la surgència de can Còdol). Els blocs o subsistemes de Rellinars i la Saiola, com ho il·lustren molt bé els resultats experimentals, observen característiques de funcionament i estructura ben diferents i el sistema dels Caus del Guitart, que formaria part d'una altra unitat hidrogeològica, independent de la de Rellinars; de moment, no se'n coneix una zona de descàrrega permanent evident.

La recerca experimental de Rellinars des del punt de vista metodològic ha esdevingut un exemple de referència o paradigma en el desenvolupament dels estudis dels aqüífers càrstics realitzats als Pirineus de Catalunya aquestes darreres dècades (Morin, 1995; Freixes, 2014, 2020; Freixes et al., 1998b):

> Creació de dos nous sistemes experimentals de referència: el sistema càrstic de les Fonts de Bastareny a l'alt Llobregat i alt Segre, i el sistema càrstic d'Uelhs deth Joeu a la Val d'Aran.
>
> A l'alt Llobregat i al Segre es crearen també els sistemes càrstics experimentals de les Fonts del Llobregat i de la Fou de Bor (Ramoneda & Freixes, 1990).
>
> I a la Val d'Aran es crearen els sistemes càrstics experimentals de Lastoar, Tèrme-Pila i Aigüèira. Els sistemes aranesos, particularment el d'Uelhs deth Joeu, han estat objecte de la 1ª Escola Aranesa d'Hidrologia del Carst (juny 2023), dedicada a analitzar els aspectes històrics i hidrològics de

calidad de fuente principal del sistema, se realizaron estudios de la deriva en dos situaciones: plena crecida y caudales bajos (transición al agotamiento y agotamiento) (Rouch, 1978; Ramoneda & Freixes, 1990).

La tabla VI recoge los resultados más importantes de estos filtrados a partir de los cuales se ha determinado la tasa de deriva faunística en condiciones de aguas bajas y condiciones de crecida.

Los resultados obtenidos en este trabajo preliminar indican que la tasa de deriva de fauna propia del medio kárstico subterráneo (fauna hipogea) es prácticamente nula en aguas bajas, pero sí tiene cierta presencia en las fuentes en crecida, aunque en valores bastante bajos. Los organismos filtrados son, básicamente, microcrustáceos del orden de los Amphipoda, con algunos ejemplares de Copépoda y Ostrácoda. Por tanto, todo parece indicar que estamos ante unas comunidades de organismos adaptados al medio subterráneo poco diversas, representadas por pocos ejemplares.

A falta de estudios más sistemáticos, ésta escasa diversidad es plenamente compatible con la interpretación y las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos a partir del resto de disciplinas: una karstificación poco desarrollada y un limitado desarrollo de la zona saturada o inundada que dificulta que se constituyan ecosistemas relativamente complejos en este medio subterráneo.

l'origen de riu Garona (Cervelló et al., 2023) i a la mateixa definició de l'escola aranesa del carst (Monterde et al. 2023).

La metodologia emprada al Carst Experimental de Rellinars (Freixes et al., 1983; Freixes, 1986, Freixes, 1987) i posteriorment en l'estudi dels aqüífers càrstics del Pirineus (Freixes, 2014, 2020) també fou fonamental en l'anàlisi i la recerca de solucions quan es va produir el fenomen de captura càrstica del riu Cardener que va evolucionar fins a engolir-se la totalitat del flux del riu al seu pas per la Muntanya de Sal de Cardona. El fenomen de captura fou el responsable de la transferència de l'aportació del riu cap a l'interior de la mina en plena explotació. Primer es diagnosticà el problema, el seu abast i implicacions i després es proposà i executà la solució de curtcircuitar el riu, mitjançant un túnel, evitant definitivament el contacte del riu amb les roques hipersolubles de la Muntanya de Sal (Freixes et al., 1999; Mangin, 1999).

Més recentment, l'experiència metodològica adquirida al carst de Rellinars i en la recerca dels sistemes càrstics del Pirineus, s'ha emprat en el coneixement de la incidència de l'abocador de la vall de Joan (Garraf) al medi hidrogeològic, però introduint noves aproximacions disciplinàries: microcontaminats orgànics, isotopia ambiental orientada al coneixement de la contaminació, microbiologia i geofísica magneto-tel·lúrica (Freixes et al. 2021, 2022).

Finalment, els models conceptuals del carst aconseguits a partir de l'aproximació hidrològica funcional, s'han posat en valor en l'estudi del paleocarst (paleosistemes càrstics). Aquesta línia de treball no solament ha tingut i té l'interès estricte del coneixement del paleocarst per la seva paleohidrologia i sedimentologia, si no que ha estat fonamental en els estudis paleoambientals, arqueològics i paleontològics en el medi càrstic (Cervelló, 2015).

AGRAÏMENTS

Hem d'agrair el suport rebut als Drs. C. Puigdefàbregas, M. Marzo, A. Casas, F. Calvet (†), A. Mangin (†), M. Bakalowicz, C. Andrieux (†), R. Rouch i J. Wagensberg (†) i a D. D'Hulst.

També a J. Solà, director de Geoservei, S.L., que ens proposa la direcció de les recerques hidrogeològiques i ambientals desenvolupades al Garraf, i el seu suport en la realització de les il·lustracions del present treball.

Laia Freixes i Marta Bartolomé de l'estudi LAMA han desenvolupat el web de l'equip Kras, hidrologia experimental i de la Societat Catalana d'Hidrologia i Carst: www.kras.cat

Les traduccions a l'anglès són de Zaki Dogliani i Clara Freixes.

Resultados experimentales: síntesis

Flujo hídrico: funcionamiento y estructura

Las morfologías de los hidrogramas son aplanadas y alargadas con puntas más o menos marcadas por la influencia de los rebosaderos o *trop-pleins* (Pedregosa, Barbotera y Saiola).Los rebosaderos observan un mayor desarrollo del drenaje y una mayor evolución, pero, siempre en un contexto de limitada karstificación.

Se caracterizan dos tipos de infiltración: rápida y lenta (o retardada), ésta es predominante en la dinámica de los sistemas y particularmente en el bloque o subsistema Rellinars.

El volumen de tránsito del sistema definido como Rellinars es superior a los 2 hm^3. Y el volumen de la zona saturada, poco importante, está entre 0,1 y 0,3 hm^3. El caudal máximo del sistema, suponiendo que la Saiola (bloque de la Saiola) forme parte, es de 0,83 m^3/s. Es un sistema de poca entidad y limitada zona saturada, pero posiblemente es el más importante de los relieves de Sant Llorenç del Munt y Obac.

Los parámetros «i» y «k» sitúan al sistema de Rellinars en el dominio de los sistemas complejos: formados por sistemas elementales o subsistemas. El sistema de Rellinars presenta un drenaje poco desarrollado y un funcionamiento muy inercial como lo ilustran muy bien los hidrogramas de las fuentes de Rellinars y de los *trop-pleins*.

Temperatura y respuestas térmicas

Las amplitudes de la temperatura más elevadas son: Rellinars y Pedregosa: 0,9ºC y Barbotera: 1,2ºC), que reflejan una mayor influencia de las aguas de infiltración rápida. Mientras que las amplitudes en Carlets: 0,3ºC y Saiola: 0,4ºC son más bien bajas y difíciles de interpretar, seguramente la explicación tiene que ver con su relación con bloques de características lito-estructurales con menor permeabilidad global y menor influencia de la infiltración rápida.

Las respuestas térmicas de Rellinars, Carlets, Pedregosa y Barbotera son las propias de sistemas sin efecto de descarga: los valores más elevados del caudal coinciden con los mínimos de temperatura, lo que indica que la zona saturada es muy poco importante. En los episodios de crecida de 1982, Saiola observa una respuesta compleja que muestra cierto efecto de descarga, observación que confirma la existencia de una cierta zona saturada. Los Caus del Guitart tienen temperaturas anómalamente elevadas (19,4ºC) se trata de una surgencia hipotermal e hipertérmica. El caudal y la temperatura observan una correlación elevada y positiva indicando su posible relación con una zona saturada que observaría una anomalía termal.

Mineralización, respuestas químicas y equilibrio calcocarbónico

La distribución de frecuencias del HCO_3^- en las fuentes de Rellinars es polimodal indicando la complejidad del sistema y que se trata de un sistema poco evolucionado y mal drenado.

El HCO_3^- y el TH de Rellinars, Carlets, Pedregosa y Barbotera observan concentraciones mínimas coincidiendo con los caudales máximos indicando un papel más importante de la zona de infiltración y la escasa importancia de la zona saturada, como sucedía con las respuestas térmicas.

El ΔpH y la pCO_2 eq definen los dos tipos de infiltración: rápida y lenta.

En el ACP de Rellinars y en el ACP de la Barbotera, el Factor I es el factor mineralización y el Factor II el de intercambio agua-aire, y expresan el papel predominante de la infiltración (zona no saturada) en el bloque o subsistema Rellinars del sistema kárstico de Rellinars (Fig. 11).

En el ACP de la Saiola se observa una asociación de la mineralización (HCO_3^-) con la pCO_2 eq indicando una cierta zona saturada (Fig. 11).

El ACP de los Caus confirma la asociación del caudal y la temperatura señalando una posible zona inundada en la alimentación de esta surgencia.

El ACP espacial realizado para la totalidad de las surgencias determina la existencia del sistema Rellinars formado por dos bloques: el primero o bloque Rellinars formado por las descargas naturales de Rellinars, Carlets. Falsa, Pedregosa y Barbotera y el segundo bloque formado por la Saiola. Los Caus formarían parte de un sistema independiente (Fig. 12).

Deriva faunística en las Fuentes de Rellinars

Las conclusiones de las derivas faunísticas estudiadas en situación de crecida y agotamiento en las fuentes de Rellinars coinciden con las conclusiones de los resultados aportados por el resto de disciplinas: una karstificación poco desarrollada y un limitado desarrollo de la zona saturada o inundada que dificulta la constitución de ecosistemas relativamente complejos en este medio subterráneo (Tabla VI).

CONCLUSIONES

La metodología de enfoque sistémico, hidrológico, experimental, interdisciplinar y transdisciplinar (aproximación hidrológica funcional en la investigación del karst) ha sido determinante en la definición de la unidad de investigación más compleja e importante del marco hidrogeológico estudiado: el sistema kárstico de Rellinars. En la definición de éste sistema han intervenido las aproximaciones disciplinarias basadas en el estudio del caudal, la temperatura, la composición química del agua y la fauna del medio acuático kárstico.

Así, el modelo conceptual del sistema se ha fundamentado en el estudio de los datos de caudal, temperatura y geoquímica del agua, analizados individualmente o bien comparados: lluvia-caudal, caudal-temperatura (T), caudal-HCO_3^-, caudal-TH, caudal-pCO_2 eq, caudal-ΔpH, pCO_2 eq-ΔpH... y en el estudio de la deriva de la fauna (en la surgencia principal o fuentes de Rellinars) y también en el tratamiento estadístico de los datos con el análisis de componentes principales aplicados a cada una de las surgencias (ACP temporal) y aplicado también a la totalidad de las surgencias (ACP espacial).

El modelo conceptual del sistema indica la existencia de dos bloques o subsistemas que hemos llamado: Rellinars y Saiola. El análisis de componentes principales espacial contribuye a la definición de las distintas unidades hidrogeológicas o sistemas. Así hay dos sistemas: uno complejo: el sistema kárstico de Rellinars del que formarían parte el bloque o subsistema de Rellinars (integrado por las surgencias de Rellinars, Carlets, Falsa, Barbotera y Pedregosa), y el bloque o subsistema de la Saiola que integraría la surgencia de la Saiola (y que también podría tener relación con la surgencia de Can Còdol). Los bloques o subsistemas de Rellinars y la Saiola, como lo ilustran muy bien los resultados experimentales, observan características de funcionamiento y estructura bien diferentes y el sistema de los Caus del Guitart, que formaría parte de otra unidad hidrogeológica, independiente de la de Rellinars; por el momento, no se conoce una zona de descarga permanente evidente.

La investigación experimental de Rellinars desde el punto de vista metodológico se ha convertido en un ejemplo de referencia o paradigma en el desarrollo de los estudios de los acuíferos kársticos realizados en los Pirineos de Catalunya estas últimas décadas (Morin, 1995; Freixes, 2014, 2020; Freixes et al., 1998b):

Monitorización de dos nuevos sistemas experimentales de referencia: el sistema kárstico de las Fuentes de Bastareny en el Alto Llobregat y Alto Segre, y el sistema kárstico de Uelhs deth Joeu en el Valle de Aran.

En el Alto Llobregat y Alto Segre se monitorizaron también los sistemas kársticos experimentales de las Fuentes del Llobregat y de la Fou de Bor (Ramoneda & Freixes, 1990).

Y en el Valle de Aran se monitorizaron los sistemas kársticos experimentales de Lastoar, Tèrme-Pila y Aigüèira. Los sistemas araneses, particularmente el de Uelhs deth Joeu, han sido objeto de la 1ª Escuela Aranesa de Hidrología del Carst (junio 2023), dedicada a analizar los aspectos históricos e hidrológicos del origen de río Garona (Cervelló et al., 2023) y a la misma definición de la escuela aranesa del carst (Monterde et al., 2023).

La metodología empleada en el «Carst Experimental

de Rellinars» (Freixes et al., 1983; Freixes, 1986, Freixes, 1987) y posteriormente en el estudio de los acuíferos kársticos del Pirineo (Freixes, 2014, 2020), también fue fundamental en la búsqueda de soluciones cuando se produjo el fenómeno de captura kárstica del río Cardener que evolucionó hasta incorporar la totalidad del flujo del río a su paso por la Muntanya de Sal de Cardona. El fenómeno de captura fue responsable de la transferencia de la aportación del río hacia el interior de la mina en plena explotación. Primero se diagnosticó el problema, su alcance e implicaciones y después se propuso y ejecutó la solución de cortocircuitar el río, mediante un túnel, evitando definitivamente el contacto del río con las rocas hipersolubles de la Muntanya de Sal (Freixes et al., 1999).

Más recientemente, la experiencia metodológica adquirida en el karst de Rellinars y en la investigación de los sistemas kársticos del Pirineo, se ha utilizado en el conocimiento de la incidencia del vertedero del valle de Joan (Garraf) en el medio hidrogeológico, pero introduciendo nuevas aproximaciones disciplinarias: microcontaminantes orgánicos, isotopía ambiental orientada al conocimiento de la contaminación, microbiología y geofísica magneto-telúrica (Freixes et al., 2021, 2022).

Por último, los modelos conceptuales del karst elaborados a partir de la aproximación hidrológica funcional, se han puesto en valor en el estudio del paleokarst (paleosistemas kársticos). Esta línea de trabajo no sólo ha tenido y tiene el interés estricto del conocimiento del paleokarst por su paleohidrología y sedimentología, sino que ha sido fundamental en los estudios paleoambientales, arqueológicos y paleontológicos en el medio kárstico (Cervelló, 2015).

AGRADECIMIENTOS

Debemos agradecer el apoyo recibido a los Dres. C. Puigdefábregas, M. Marzo, A. Casas, F. Calvet (†), A. Mangin (†), M. Bakalowicz, C. Andrieux (†), R. Rouch y J. Wagensberg (†) y D. D'Hulst.También a J. Solà, director de Geoservei, S.L., que nos propuso la dirección de las investigaciones hidrogeológicas y ambientales recientes desarrolladas en el Garraf, y su apoyo en la realización de las ilustraciones del presente trabajo. Laia Freixes y Marta Bartolomé del estudio LAMA han desarrollado la web del equipo Kras, hidrología experimental y de la Sociedad Catalana de Hidrología y Karst: www.kras.cat. Las traducciones al inglés son de Zaki Dogliani y Clara Freixes.

BIBLIOGRAFÍA

Andrieux, C. (1978). Les enseignements apportés par la thermique dans le karst. Le Karst. Son originalité physique. Son importance économique. Réunion AGSO - Colloque de Tarbes.

A.G.SO (1978). Le Karst. Son originalité physique. Son importance économique. Réunion AGSO - Colloque de Tarbes.

Anglès, M. (2013). Hidroestratigrafia del ventall deltaic de Sant Llorenç del Munt (Eocè Mig-Superior, Conca de l'Ebre). Departament de Geologia. Facultat de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona.

Bakalowicz, M. (1979) Contribution de la géochimie des eaux a la connaissance de l'aquifère karstique et la karstification. Tesi doctoral. Paris: Université Pierre et Marie Curie.

Bakalowicz, M. (1980). Un précieux informateur hydrogéologique: le système chimique CO_2 - H_2O - Carbonate. Cristallisation-Déformation-Dissolution des Carbonates, Réunion Organisée par le Groupe Étude des Systèmes Carbonatés, Bordeaux.

Bakalowicz, M. (1981). Les eaux d'infiltration dans l'aquifère karstique. 8th International Congress of Speleology, Bowling Green, KY, USA.

Bakalowicz, M. (1995). La zone d'infiltration des aquifères karstiques. Méthodes d'étude. Structure et fonctionnement. Hydrogéologie, 4, 3-21.

Bakalowicz, M., & Mangin A. (1980) L'aquifère karstique. Sa définition, ses caractéristiques et son identification. Mém. H. Ser. Soc. Géol. France, 11, 71-91.

Botton, R. (1984). Étude de certaines modalités de fonctionnement de l'aquifère karstique (zone d'infiltration et zone saturée) sur deux champs de forages nord-montpellierains. Tesi de 3r cicle. Montpellier: Université des Sciences et Techniques du Languedoc.

Cervelló, J.M. (2015). El carst de Garraf: La seva evolució a partir del registre sedimentari. Arqueologia de Sitges. 1a Jornada.

Cervelló., J.M., & Freixes (1992). El domini càrstic. In: Història Natural dels Països Catalans 2. Geologia II (Geomorfologia), 461-508. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.

Cervelló, J.M., Monterde, M., Ramoneda, J., Ramoneda, J., López, J.M., & Freixes, A. (2023). Aproximació històrica i científica al coneixement de l'origen de la Garona: la ressurgència d'Uelhs deth Joeu. (I) Història del coneixement científic del carst de l'alt Èssera i de la val d'Aran: l'origen dels rius Éssera i Garona i (II) Hidrologia del sistema càrstic d'Uelhs deth Joeu (Val d'Aran) (www.kras.cat).

Fleyfel, M. (1979). Étude hydrologique, géochimique et isotopique des modalités de minéralisation et de transfert du carbone dans la zone d'infiltration d'une aquifère karstique: le Baget (Pyrénées Ariègeoises). Tesi doctoral. Paris: Université Pierre et Marie Curie.

Fleyfel, M., & Bakalowicz, M. (1980). Étude géochimique et isotopique du carbone minéral dans un Aquifère Karstique. Cristallisation-Déformation-Dissolution des Carbonates, Réunion Organisée par le Groupe Étude des Systèmes Carbonatés, Bordeaux.

Freixes, A. (1986). El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic. Barcelona: Universitat de Barcelona. Simpòsium Internacional sobre el Carst en Conglomerats i Gresos. Barcelona.

Freixes, A. (1987). Características del funcionamiento y la estructura de los sistemas hidrogeológicos karstificados de los conglomerados de la Serra de l'Obac (Depresión terciária del Ebro). Geogaceta, 2, 49-51.

Freixes, A. (2014). Els aqüífers càrstics dels Pirineus de Catalunya. Interès estratègic i sostenibilitat. Tesi doctoral. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona.

Freixes, A. (2020). Els aqüífers càrstics dels Pirineus de Catalunya. Interès estratègic i sostenibilitat. Tesi doctoral. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Reedició. Kras, hidrologia experimental.

Freixes, A., Monterde, M., & Cervelló, J.M. (1983). El paleocarst i el carst actual de les serres de Sant Llorenç del Munt i de l'Obac: el carst experimental de Rellinars. Sabadell, Espeleo Club de la Unió Excursionista de Sabadell.

Freixes, A., Monterde, M., & Ramoneda, J. (1991). Análisis de las respuestas hidrogeoquímicas del sistema acuífero de Rellinars: interés en la investigación de su funcionamiento y estructura. IV Congreso de Geoquímica de España, 570-590. Soria.

Freixes, A., Monterde, M., & Ramoneda, J. (1998a). Spring water temperature as a characteristic feature of karst aquifer behaviour. Examples from the Central Pyrenees (NE Spain). Hydrogéologie, 1, 31-39.

Freixes, A., Ramoneda, J., Monterde, M., & Morin, J.P. (1998b). Sistemes càrstics experimentals de Catalunya: unitats de referència per a la recerca i la gestió hidrològica. Espais, 44, 53-63.

Freixes, A., Ramoneda, J., & Monterde, M. (1999). Anàlisi i implicacions del fenomen hidrogeològic de captura càrstica del riu Cardener al diapir de Cardona. Report intern del Servei de Recursos Hídrics Subterranis i Recerca. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Junta d'Aigües de Catalunya.

Freixes, A., Solà, J., Pons , P., López, J., Bayés, C., Casas A., Cervelló, J.M., Aceves, M., Otero. N., Soler, A. Carrey, R., Caixach, J., Bartolomé , A., Ballesté, E., García-Aljaro, C., Lucena, F., Blanch, A.R., Martí, A., Queralt, P., Marcuello, À., & Ledo, J. (2021). La qualitat de l'aigua del sistema hidrogeològic del Garraf i les seves implicacions. Estudi per analitzar les causes d'olors a la surgència de la Falconera encaminat a minimitzar el seu impacte al poble del Garraf. Informe Final. Geoservei, S.L. AMB (web Àrea Metropolitana de Barcelona).

Freixes, A., Pons, P., & Solà, J. (2022). Informe sobre el control del sistema hidrogeològic del Garraf. Control de gasos a les cavitats de la zona no saturada del carst. Període Abril-Desembre de 2021. Geoservei, S.L. AMB (web Àrea Metropolitana de Barcelona).

López Blanco, M. (1996). Estratigrafia secuencial de sistemas deltaicos de cuencas de antepais: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat i Roda (Paleógeno, cuenca de antepaís surpirenaica. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona.

Llopis-Lladó, N. (1944). Morfoestructura de los relieves de pudingas de San Llorens del Munt - Serra de l'Obac (Barcelona). Estudios Geográficos, 5 (17), 687-817.

Mangin, A. (1975). Contribution à l'étude hydrodinamique des aquifères karstiques. Tesi doctoral. In: Annales de Spéléologie, 29 (3), 283-332; 29 (4), 495-601; 30 (1), 21-124.

Mangin, A. (1978). Le karst, entité physique, abordé par l'étude du système karstique. Le Karst. Son originalité physique. Son importance économique. Réunion AGSO - Colloque de Tarbes.

Mangin, A. (1979). Probabilités et statistiques: leur emploi en géologie. Moulis: Laboratoire Souterrain du C.N.R.S. Publication du Laboratoire de Géologie-Pétrologie, Université Paul Sabatier, Toulouse.

Mangin, A. (1980). Refléxion sur les mécanismes de l'infiltration dans les karsts à partir de l'exemple de Niaux. Bulletin du Centre Hydrogéologie du Université Neuchâtel, 7, 3-25.

Mangin, A. (1982). L'approche systémique du karst, conséquences conceptuelles et méthodologiques». Reunión Monográfica sobre el Karst-Larra 82, 4-11. Publicaciones del Servicio Geológico de la Dirección de Obras Públicas de la Diputación Foral de Navarra.

Mangin, A. (1994). Karst Hydrogeology. In: Groundwater Ecology. J. Gibert, D.L. Danielopol & J.A. Stanford (ed.). London, Academic Press, 43-67.

Mangin, A. (1998). L'approche hydrogeologique des karsts. Spéléochronos, 9, 3-26.

Mangin, A. (1999). Effet de karstifications dans le diapir de Cardona par mise en relation du riu Cardoner avec la mine. Report del Laboratoire Souterrain de Moulis (France). Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Publiques. Junta d'Aigües de Catalunya. Inèdit.

Monterde, M., Cervelló, J.M., Ramoneda, J., Ramoneda, J., Morin, J.P., López. J.M., Besset, Y., Derroja. C., Chailloux, D., & Freixes, A. (2023). Geodiversitat i recursos hídrics en els carsts aranesos: sistemes d'Uelhs deth Joeu, Lastoar, Tèrme-Pila i Aigüèira (www.kras.cat).

Morin, J.P. (1995). Exchange of mater and fluids motion in karstic media. Final report. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Institut Cartogràfic de Catalunya. Servei Geològic de Catalunya.

Rouch, R. (1978). Le système karstique et son unité biologique. Le Karst. Son originalité physique. Son importance économique. Réunion AGSO - Colloque de Tarbes.

Prigogine, I. (1974). Introducción a la termodinámica de los procesos irreversibles. Madrid: Selecciones Científicas.

Ramoneda, J., & Freixes, A. (1988). Recerca dels recursos hidrogeològics de les àrees càrstiques de Catalunya. Report CIRIT. Servei Geològic de Catalunya.

Ramoneda, J., & Freixes, A. (1990). La circulació profunda al Penyes Altes de Moixeró (Túnel del Cadí S.A.). Report intern del Servei Geològic de Catalunya.

Wagensberg, J. (1985). Ideas sobre la complejidad del mundo. Barcelona: Tusquets Editores.

Walliser, B. (1977). Systèmes et modèles. Introduction critique a l'analyse de systèmes. Paris: Editions du Seuil.

4 El carst conglomeràtic de Montserrat. Hidrologia actual i carst antic

El karst conglomerático de Montserrat. Hidrología actual y karst antiguo

The Montserrat conglomerate karst. Current hydrology and ancient karst

Josep M. Cervelló i Torrella[1, 2], Antoni Freixes i Perich[1, 2]

1 *Kras, hidrologia experimental (www.kras.cat)*

2 *Societat Catalana d'Hidrologia i Carst (www.kras.cat)*

Resum

La carstificació en conglomerats té a Catalunya un dels seus àmbits de recerca més interessants i Montserrat ha estat considerat com l'exemple més paradigmàtic. La dissolució dels conglomerats carbonatats ha modelat un relleu superficial en agulles i canals. Actualment la hidrologia subterrània del massís té la seva expressió a la zona de surgències de Monistrol, a la base del massís.El carst antic ha estat estudiat a les coves de Les Arnes, el Xacó, Gran, Freda i Salnitre. S'han descrit els dipòsits sedimentaris i s'ha estudiat la petrografia dels espeleotemes, Les datacions es van realitzar amb el mètode de les sèries d'urani i van donar edats entre 135-145 ka per a la cova del Xacó, mentre que els espeleotemes de la Cova de les Arnes i del Salnitre van donar edats més enllà dels 660 ka, és a dir que els dipòsits sedimentaris i espeleotemes son de finals del Plistocè Mitjà o més antics.

Resumen

La karstificación en conglomerados tiene en Cataluña uno de sus ámbitos de investigación más interesantes y Montserrat ha sido considerado como el ejemplo más paradigmático. La disolución de los conglomerados carbonatados ha moldeado un relieve superficial en agujas y canales. Actualmente la hidrología subterránea del macizo tiene su expresión en la zona de surgencias de Monistrol, en la base del macizo. Se han descrito los depósitos sedimentarios y se ha estudiado la petrografía de los espeleotemas. Las dataciones se realizaron con el método de las series de uranio y dieron edades entre 135-145 ka para la cueva del Xacó, mientras que los espeleotemas de la Cueva de las Arnes y del Salnitre dieron edades más allá de los 660 ka, es decir que los depósitos sedimentarios y espeleotemas son de finales del Pleistoceno Medio o más antiguos.

Abstract

The karstification in conglomerates has in Catalonia one of its most interesting research areas and Montserrat has been considered as the most paradigmatic example. The dissolution of the carbonate conglomerates has shaped a superficial relief in needles and channels. Currently the subterranean hydrology of the massif has its expression in the Monistrol upwelling zone, at the base of the massif. Sedimentary deposits have been described and the petrography of speleothems has been studied. The dating was carried out using the uranium series method and gave ages between 135-145 ka for the Xacó cave, while the speleothems of the Cova De Les Arnes and Salnitre gave ages beyond 660 ka, that is to say that the sedimentary deposits and speleothems are from the late Middle Pleistocene or older.

Paraules clau: Montserrat, carst, conglomerats, hidrologia, fonts temporals, Mentiroses, cova del Salnitre, registre sedimentari, espeleotema.

Palabras clave: Montserrat, karst, conglomerados, hidrologia, fuentes temporales, Mentorises, cueva del Salnitre, registro sedimentario, espeleotema.

Key words: Montserrat, karst, conglomerates, hidrology, temporary sources, Mentiroses, Salnitre cave, sedimentary record, speleothem.

MONTSERRAT I L'ORIGINALITAT DEL CARST CONGLOMERÀTIC.

Montserrat, per les seves característiques singulars és prou conegut. La seva posició com a relleu aïllat, d'uns 25 km² i de gran desnivell, el fan visible des de gran part de Catalunya, i fins i tot en dies clars i a la posta del sol, des de la Serra de Tramuntana de Mallorca. La seva localització, prop de Barcelona, ha estat un element clau per a que, des de molt antic, Montserrat hagi estat una fita en els itineraris de descoberta natural de Catalunya. La seva geologia, la composició del seu rocam, el paisatge interior d'agulles, cingleres i canals, la vegetació exhuberant que la converteix en un punt de gran biodiversitat, les seves fonts en un entorn habitualment sec i les coves, han estat els punts d'interès de la muntanya (Fig. 1).

La visió dels naturalistes ha hagut de lluitar sovint contra una visió idealitzada de la muntanya, on era presentada com un jardí terrenal a l'alçada dels seus valors espirituals. Daniel Defoe, que va definir Montserrat com un bosc de pedra, l'any 1728, escriu: *«Però el que més em va fascinar, i que vaig observar en diverses ermites, van ser les cascades naturals del mateix element transparent, que en caure d'una roca a una altra, en aquell clima càlid, o més ben dit, calorós, no tan sols resultaven agradables i meravelloses a la vista, sinó refrescants per a la persona. Els rierols a què donaven origen atenuaven l'estrèpit de la caiguda per convertir-se en un agradable murmuri gràcies a la distància, els boscos i les roques veïnes, de manera que era impossible veure'ls o sentir-los sense quedar encisat»*. Però la circulació d'aigües superficials a Montserrat només es produeix durant i immediatament després de forts episodis de precipitacions i allò que és habitual és l'absència d'aigües corrents superficials i que els únics punts d'aigua siguin les fonts distribuïdes per tota la muntanya, la majoria de cabals molt petits, de raig o de goteig (Soler i Gironès, 2017). De les 114 fonts que hi ha al massís només una dotzena són fonts pemanents o temporals amb un cert dinamisme. Les temporals son anomenades «mentiroses» i son sobreixidors en moments de gran descàrrega, quan les permanents no tenen

MONTSERRAT Y LA ORIGINALIDAD DEL KARST CONGLOMERÁTICO.

Montserrat, por sus características singulares es muy conocido. Su posición como relieve aislado, de unos 25 km² de extensión de afloramiento y de gran desnivel, lo hacen visible desde gran parte de Cataluña, e incluso en días claros y en la puesta del sol, desde la Sierra de Tramuntana de Mallorca. Su localización, cerca de Barcelona, ha sido un elemento clave para que, desde muy antiguo, Montserrat haya sido un hito en los itinerarios de descubrimiento natural de Cataluña. Su geología, la composición de su roca, el paisaje interior de agujas, acantilados y canales, la vegetación exhuberante que la convierte en un punto de gran biodiversidad, sus manantiales en un entorno habitualmente seco y las cuevas, han sido los puntos de interés de la montaña (Fig.1)

La visión de los naturalistas ha tenido que luchar a menudo contra una visión idealizada de la montaña, donde se presentaba como un jardín terrenal a la altura de sus valores espirituales. Daniel Defoe, que definió a Montserrat como un bosque de piedra, en 1728, escribe: *«Pero lo que más me fascinó, y que observé en varias ermitas, fueron las cascadas naturales del mismo elemento transparente, que al caer de una roca a otra, en ese clima cálido, o mejor dicho, caluroso, no sólo resultaban agradables y maravillosas a la vista, sino refrescantes para la persona. Los arroyos a los que daban origen atenuaban el estruendo de la caída para convertirse en un agradable susurro gracias a la distancia, los bosques y las rocas vecinas, por lo que era imposible*

prou capacitat d'evacuació. Son les fonts de més grans cabals però de funcionament molt curt en el temps.

Aquesta és una de les principals característiques del carst de Montserrat. Una altra és l'existència d'un carst antic, un paleocarst, que conserva galeries i cavitats verticals que hem de relacionar amb un carst anterior al modelat actual de la muntanya, que conté morfologies i un registre sedimentari dels temps geològics plio-quaternaris. La carstificació en conglomerats presenta unes característiques diferents al carst clàssic en roques calcàries, s'ha volgut fer de l'absència d'elements fonamentals del paisatge del carst clàssic en calcàries, com els camps de rascler o les dolines, un element característic del carst en conglomerats però aquests elements del carst superficial, com a exocarst, es poden donar també en altres espais conglomeràtics, el més proper és un petit aflorament de rascler de canals, meandres i perforacions cilindroides, talment com el de Garraf, per exemple, als conglomerats de Picancel, propers a Berga, a la localitat de Sant Quirze del Pedret. Els rasclers en els conglomerats semblen estar lligats a una rudita el més homogènia possible, amb còdols de composició monogènica carbonatada, homomètrics, de mida preferentment petita, sense massa matriu, és a dir amb estructura suportada pels clasts. Per altra banda també s'ha discutit si les formes del relleu montserratí

Figura 1. Montserrat, visió general.

Figure 1. Montserrat big picture.

son un exocarst a gran escala i si aquest és el paisatge patró al que han de tendir tots els relleus en conglomerats. Les seves agulles formen un bosc de pedra, en el mateix sentit que Shilin a Xina, com va definir Montserrat Daniel Defoe? Tota discussió sobre el caràcter més o menys càrstic d'aquesta morfologia ha d'estar basada en el paper de la dissolució com a factor morfogenètic fonamental, cosa que els processos de formació de les canals i agulles a partir d'unes costes columnars semblen confirmar. L'interval entre les diàclasis verticals i l'absència de leptoclases característiques de les calcàries i que la petrologia dels conglomerats no afavoreix, que apareguin les dolines i els camps de rasclers característics de l'espai carstificat clàssic. En tot cas cal tenir en compte un factor fonamental de tipus hidrològic, és a dir el tipus d'infiltració i la distribució

verlos o oírlos sin quedar hechizado». Pero la circulación de aguas superficiales en Montserrat sólo se produce durante e inmediatamente después de fuertes episodios de precipitaciones y lo habitual es la ausencia de aguas corrientes superficiales y que los únicos puntos de agua sean las fuentes distribuidas por toda la montaña, la mayoría de caudales muy pequeños, de chorro o de goteo (Soler i Gironès, 2017). De las 114 fuentes que hay en el macizo sólo una docena son fuentes pemanentes o temporales con cierto dinamismo. Las temporales son llamadas «Mentiroses» y son aliviaderos en momentos de gran descarga, cuando las permanentes no tienen suficiente capacidad de evacuación. Son los manantiales de mayores caudales pero de funcionamiento muy corto en el tiempo.

Ésta es una de las principales características del karst de Montserrat. Otra es la existencia de un karst antiguo, un paleokarst, que conserva galerías y cavidades verticales que debemos relacionar con un karst anterior al modelado actual de la montaña, que contiene morfologías y un registro sedimentario de los tiempos geológicos plio-cuaternarios. La karstificación en conglomerados presenta unas características diferentes al karst clásico en rocas calcáreas. Se ha querido hacer de la ausencia de elementos fundamentales del paisaje del karst, como los campos de lapiaz o las dolinas, un elemento característico del karst en conglomerados. Pero estos elementos del karst superficial, como exokarst, se pueden dar también en otros espacios conglomeráticos, el más cercano es un pequeño afloramiento de lapiaz de canales, meandros y

Figura 1. Montserrat, visión general.

Figura 2. El relleu montserratí: Agulles i canals.

Figure 2. The relief of Montserrat: Needles (monoliths) and channels.

del potencial de carstificació en zones superficials o en profunditat. La infiltració lligada al sistema de diàclasis i la morfologia dels drens estudiats principalment a la cova del Salnitre suggereixen la translació en profunditat del potencial de carstificació. Cada massís en conglomerats té els seus condicionants propis, de tipus de litologia amb més o menys percentatge d'elements carbonatats, d'homogeneitat estratigràfica o de presència de nivells intercalats impermeables, de fracturació, de relleu amb més o menys desnivell, etc. La majoria dels carsts en conglomerats de Catalunya son sistemes monaris en l'actualitat, encara que no podem obviar que en el moments de més activitat hidrològica, quan els relleus encara no estaven del tot individualitzats respecte els seu entorn immediat, normalment fàcies distals en relació lateral amb el cos conglomeràtic més proximal, poguessin tenir unes conques d'alimentació binàries. L'únic exemple de carst conglomeràtic binari funcional és el de l'Espluga de Francolí on el relleu no està en els conglomerats sinó en una conca geodiversa on la xarxa superficial és captada pels conglomerats a la seva base amb punts d'infiltració concentrats en els tàlvegs. Montserrat, malgrat el seu desenvolupament morfològic, no és per tant el clímax cap on tendeixen tots els massissos conglomeràtics, encara que hi ha elements comuns, presents en un grau o en un altre en tots aquests àmbits geològics (Fig. 2).

GÈNESI I EVOLUCIÓ DEL CARST DE MONTSERRAT

El pas del riu Llobregat que limita els vessant septentrional del massís de Montserrat, a 1000 m per sota dels cims de Sant Jeroni, és fonamental per a entendre l'evolució del massís, la seva dissimetria i, des del punt de vista del carst, la progressiva disminució del potencial de carstificació, l'evolució del seu nivell de base i la localització actual dels nivells dels dispositius de surgència i el seu esglaonament.

La vall del Llobregat, una de les més grans conques internes drenant cap a la Mediterrània, es configura després de la crisi messiniana, que crea un profund nivell de base en el solc catalano-balear ara fa

Figura 2. El relieve montserratino: Agujas y canales.

perforaciones cilindroides, como el de Garraf, por ejemplo, en los conglomerados de Picancel, cercanos a Berga, en la localidad de Sant Quirze del Pedret. Los lapiaces en los conglomerados parecen estar ligados a una rudita lo más homogénea posible, con cantos rodados de composición monogénica carbonatada, homométricos, de tamaño preferentemente pequeño, sin demasiada matriz, es decir con estructura soportada por los clastos. Por otra parte, también se ha discutido si las formas del relieve montserratino son un exokarst a gran escala y si éste es el paisaje patrón al que deben tender todos los relieves en conglomerados. ¿Sus agujas forman un bosque de piedra, en el mismo sentido que Shilin en China, cómo definió el paisaje de Montserrat Daniel Defoe? Toda discusión sobre el carácter más o menos kárstico de esta morfología debe estar basada en el papel de la disolución como factor morfogenético fundamental, algo que los procesos de formación de las canales y agujas a partir de unas cuestas columnares parecen confirmar. El intervalo entre las diaclasa verticales y la ausencia de leptoclasas características de las calizas y que la petrología de los conglomerados no favorece, impide que aparezcan las dolinas y los campos de lapiaz característicos del espacio karstificado clásico. En cualquier caso hay que tener en cuenta un factor fundamental de tipo hidrológico, es decir, el tipo de infiltración y la distribución del potencial de karstificación en zonas superficiales o en profundidad. La infiltración ligada al sistema de diaclasas y la morfología de los drenes estudiados, principalmente en la cueva del Salnitre, sugieren la traslación en profundidad del potencial de karstificación.

uns 6 milions d'anys. Durant el Pliocè hi ha una erosió remuntant que arriba a superar la serralada prelitoral i entra dins el que havia estat la conca endorreica de l'Ebre, obrint-la cap a la mar mediterrània. L'erosió, el buidatge, dels materials paleògens de l'actual conca del Bages i la configuració de la xarxa fluvial és un factor de primer ordre en l'aïllament del massís de Montserrat i en la creació d'un relleu per erosió diferencial. L'extensió de la xarxa fluvial remuntant té diverses etapes a partir de l'epigènesi i l'obseqüència del seu pas per la serralada prelitoral i pels conglomerats del marge de la depressió de l'Ebre, que crea un cert efecte «engolidor» on convergeixen els diferents cursos que s'estenen en paral.lel a les directrius estratigràfiques, adaptant-se a un relleu en costes,que cabussa cap a l'interior de la conca. S'estableixen així dos tipus de cursos fluvials, el principal obseqüent que talla longitudinalment l'estructura i els secundaris, subseqüents, que penetren transversalment, seguint en paral.lel la direcció de capa general dels materials paleògens del rebliment de la conca. La individualització de Montserrat com a relleu-illa es produeix seguint aquesta evolució geomorfològica,

La carstificació, iniciada damunt els conglomerats, encara en contacte amb materials impermeables de la conca, va configurar un drenatge cap a l'extrem meridional del massís, alçat sobre la depressió prelitoral, que era en aquells moments el nivell

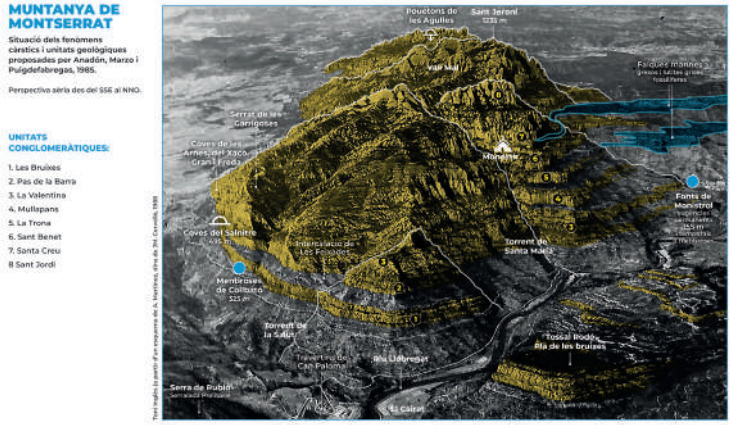


Figura 3. La disposició de les diferents unitats conglomeràtiques carbonatades que configuren el cos geològic de Montserrat i la seva evolució per l'erosió diferencial respecte els materials més distals del con detrític (gresos i lutites) i dels marins (margues) de l'antiga costa de la Conca Paleògena de l'Ebre, fan emergir Montserrat com un relleu-illa, amb 1000 m de desnivell des dels cims a la vall del riu Llobregat. Aquest és el context de la carstificació actual i pretèrita, que explica la localització dels diferents fenòmens endocàrstics i les àrees de surgències, sempre en relació amb el nivell de base general del massís.

Figure 3. The arrangement of the diferent carbonated conglomerate units that make up the geological body of Montserrat and its evolution due to the diferencial erosion with respect to the more distal materials of the detrital fan (sands, silts and clays) and of the marine ones (marls) of the old coast of the Ebro Paleogene Basin, they make Montserrat emerge as an island-relief with a 1000 m difference in level from the peaks to the Llobregat valley. This is the context of corrent and past karstification, which explanis the location of the diferent endokarst plenomena and the areas of outcrops, always in relation to the general base level of the massif.

de base del massís. Els sectors de l'extrem nord-occidental (Agulles, Frares Encantats, Els Ecos) i la Vall Mal formaven part de la conca d'alimentació del sistema càrstic que tenia les surgències al peu de la muntanya a la zona de Collbató. El modelat en agulles i canals de les parts superiors del massís és l'expressió de l'exocarst corresponent, on dominava una dissolució preferent al sistema de diàclasis que genera les canals i

Cada macizo en conglomerados tiene sus condicionantes propios, de tipos de litología con mayor o menor porcentaje de elementos carbonatados, de homogeneidad estratigráfica o de presencia de niveles intercalados impermeables, de fracturación, de relieve con mayor o menor desnivel, etc. La mayoría de los karsts en conglomerados de Cataluña son sistemas monarios en la actualidad, aunque no podemos obviar que en el momento de mayor actividad hidrológica, cuando los relieves todavía no estaban del todo individualizados respecto a su entorno inmediato (normalmente facies distales en relación lateral con el cuerpo conglomerático más proximal), pudieran tener unas cuencas de alimentación binarias. El único ejemplo de karst conglomerático binario funcional es el de la Espluga de Francolí donde el relieve no está en los conglomerados sino en una cuenca geodiversa donde la red superficial es captada por los conglomerados en su base con puntos de infiltración concentrados en los canales. Montserrat, a pesar de su desarrollo morfológico, no es por lo tanto el clímax hacia el que tienden todos los macizos conglomeráticos, aunque existen elementos comunes, presentes en un grado u otro en todos estos ámbitos geológicos (Fig. 2).

GÉNESIS Y EVOLUCIÓN DEL KARST DE MONTSERRAT

El paso del río Llobregat que limita la vertiente septentrional del macizo de Montserrat, a 1000 m por debajo de las cimas de Sant Jeroni, es fundamental para entender la evolución del macizo, su disimetría y, desde el punto de vista del karst, la progresiva

Figura 3. La disposición de las diferentes unidades conglomeráticas carbonatadas que configuran el cuerpo geológico de Montserrat y su evolución per la erosión diferencial respecto a los materiales más distales del cono detrítico (areniscas y lutitas) y de los marinos (margas) de la antigua costa de la Cuenca Paleógena del Ebre, hacen emerger Montserrat con un relieve-isla, con 1000 m de desnivel desde las cimas hasta el valle del río Llobregat. Este es el contexto de la karstificación actual y pretérita, que explica la localización de los diferentes fenomenos endokárstics y las áreas de surgencias, siempre en relación con el nivel de base general del macizo.

Figura 4. Font Gran de Monistrol, surgència permanent.

Figure 4. Font Gran de Monistrol, permanent spring.

fa evolucionar els modelat columnar cap a la formació de pinacles. Llopis & Thomas (1953) descriuen un primitiu relleu en taula que va anar evolucionant per dissolució cap als relleus de canals i agulles, la idea té una certa semblança amb el relleu actual del Montsant, però allà el primitiu relleu «tabular» ha estat transformat per la incisió dels cursos fluvials que flueixen cap el riu Montsant, instal·lat sobre mateix dels conglomerats. El progressiu aïllament del massís i la incisió de la vall del Llobregat en el sector nord-oriental, amb la captura de la vall Mal (Camps, 1968; Ullastre 1983), fa desconnectar els relleus més septentrionals, mentre que l'anterior carst saturat és abandonat i es creen estructures més profundes que ara drenen cap al nou nivell de base a la zona de Monistrol on els conglomerats passen lateralment a les marges blaves de les falques marines. La disminució del potencial de carstificació fa que l'aqüífer passi a ser un aqüífer menys organitzat, més de tipus fissurat que no pas càrstic, mantenint però una connexió amb estructures càrstiques pretèrites esglaonades que entren en funcionament quan hi ha un ascens piezomètric en períodes de grans precipitacions, quan les fonts permanents no poden evacuar les crescudes sobtades de cabals i entren en funcionament, les fonts temporals o Mentiroses (Fig. 3).

LA HIDROLOGIA SUBTERRÀNIA I EL CARST A MONTSERRAT

Actualment la descàrrega hídrica subterrània de Montserrat està molt condicionada per la situació del riu Llobregat que limita amb el vessant est i nord-est del massís. En efecte, el riu Llobregat està encaixonat en els materials que constitueixen la depressió de Vacarisses, definint el límit occidental d'aquesta depressió amb el relleu de Montserrat. El riu Llobregat, pel seu paper de nivell de base general, influeix la circulació subterrània del massís i, particularment, la del seu vessant oriental i sud-oriental. Així, la descàrrega subterrània se situa principalment en aquest vessant: la riera de Marganell rep una part de la descàrrega subterrània, però, sobretot, s'ha d'assenyalar a l'extrem SE la

Figura 4. Font Gran de Monistrol, surgencia permanente.

disminución del potencial de karstificación, la evolución de su nivel de base y la localización actual de los niveles de los dispositivos de surgencia y su escalonamiento.

El valle del Llobregat, una de las mayores cuencas internas drenante hacia el Mediterráneo, se configura después de la crisis mesiniana, que crea un profundo nivel de base en el surco catalano-balear hace unos 6 millones de años. Durante el Plioceno hay una erosión remontante que llega a superar la cordillera prelitoral y entra dentro de lo que había sido la cuenca endorreica del Ebro, abriéndola hacia el mar mediterráneo. La erosión, el vaciado de los materiales paleógenos de la actual cuenca del Bages y la configuración de la red fluvial es un factor de primer orden en el aislamiento del macizo de Montserrat y en la creación de un relieve por erosión diferencial. La extensión de la red fluvial remontante tiene varias etapas a partir de la epigénesis y la obsecuencia de su paso por la cordillera prelitoral y por los conglomerados del margen de la depresión del Ebro, que crea un cierto efecto «sumidero» donde convergen los diferentes cursos que se extienden en paralelo a las directrices estratigráficas, adaptándose a un relieve en cuestas, con buzamiento hacia el interior de la cuenca. Se establecen así dos tipos de cursos fluviales, el principal obsecuente que corta longitudinalmente la estructura y los secundarios, subsecuentes, que penetran transversalmente, siguiendo en paralelo la dirección de capa general de los materiales paleógenos del relleno de la cuenca. La individualización de Montserrat como relieve-isla se produce siguiendo esta evolución geomorfológica,

Font Gran de Monistrol com a surgència permanent que desguassa a pocs metres del tàlveg del riu Llobregat i la font temporal de les Mentiroses, que constitueix el seu sobreeixidor més important i immediat. La Font Gran ha tingut i té un paper important en el subministrament d'aigua potable a la població de Monistrol de Montserrat. (Galobart, 1994) (Fig. 4).

La Font Gran aporta un cabal màxim estimat de 150.000 l/h (41 l/s) i les Mentiroses de 270 l/s. El cabal de la Font Gran fou avaluat per Llopis & Thomas (1953) entre 25 l/h i 150.000 l/h, aquesta aportació hídrica és significativa en el context que es troba, però, en general, el cabals s'han de considerar com a poc importants; no obstant, tant el cabal de la Font Gran com el de les Mentiroses poden ser significativament més elevats en situació de forta crescuda: la Font Gran podria aportar de l'ordre de 100 l/s i les Mentiroses assolir els 500 l/s; algunes observacions de camp així ho indiquen. També és cert que la zona inundada no deu ser molt important, però tant els cabals com el reservori deuen ser els més notables de la circulació hídrica subterrània de Montserrat.

La Font Gran (170 m) i les Mentiroses (180 m) estan situades al torrent de les Guilleumes, que constitueix un forta incisió en la massa de conglomerats. Aquesta incisió, com Llopis & Thomas (1953) i Tella (1985) assenyalen, facilita la descàrrega dels diferents nivells de conglomerats i gresos que anirien de la Font Gran (170 m) el més baix, a la font del Janon (400 m) el situat a major altitud. Així el torrent de les Guilleumes presenta un conjunt de surgències que en situació de recàrrega observen una important resposta hidrològica

Figura 5 (a, b, c). Mentiroses de Monistrol i de Coll de Vaca en crescuda

Figure 5 (a, b, c). Mentiroses of Monistrol and Coll de Vaca growing.

La karstificación, iniciada sobre los conglomerados, todavía en contacto con materiales impermeables de la cuenca, configuró un drenaje hacia el extremo meridional del macizo, alzado sobre la depresión prelitoral, que era en esos momentos el nivel de base del macizo. Los sectores del extremo noroccidental (Agulles, Frares Encantats, Els Ecos) y el Vall Mal formaban parte de la cuenca de alimentación del sistema kárstico que tenía las surgencias al pie de la montaña en la zona de Collbató. El modelado en agujas y canales de las partes superiores del macizo es la expresión del exokarst correspondiente, donde dominaba una disolución preferente en el sistema de diaclasas que genera las canales y hace evolucionar el moldeado columnar hacia la formación de pináculos. Llopis y Thomas (Llopis Lladó & Thomas Casajuana, 1953) describen un primitivo relieve en mesa que fue evolucionando por disolución hacia los relieves de canales y agujas, la idea tiene cierto parecido con el relieve actual de Montsant, pero allí el primitivo relieve «tabular » ha sido transformado por la incisión de los cursos fluviales que fluyen hacia el río Montsant, instalado sobre los mismos conglomerados. El progresivo aislamiento del macizo y la incisión del valle del Llobregat en el sector nororiental, con la captura del Vall Mal (Camps, 1968; Ullastre Martorell, 1983), hace desconectar los relieves más septentrionales, mientras que el anterior karst saturado es abandonado y se crean estructuras más profundas que ahora drenan hacia el nuevo nivel de base en la zona de Monistrol donde los conglomerados pasan lateralmente a las margas azules de las cuñas marinas. La disminución del potencial de karstificación hace que el acuífero

Figura 5 (a, b, c). Mentiroses de Monistrol y de Coll de Vaca en crecida.

Figura 6. Mentiroses de Collbató.

Figure 6. Mentiroses of Collbató.

(Font Gran-Mentiroses, Capellà, Valentina, Fonteta, Graella, Dipòsit, Dipòsit Rodó, Coll de Vaca, Coll Subiró, Masia, Caseta, Pagès, Guilleumes i Janon), pràcticament totes elles estan situades en les proximitats del tàlveg del torrent de les Guilleumes (Fig. 5 a, b, c).

Les fonts de la Graella i les Guilleumes amb uns cabals màxims de 16 i 15 l/s respectivament són les més importants després de la font Gran i les Mentiroses. I a excepció de les fonts de la Masia (cabal màxim: 9,2 l/s), Pagès (cabal màxim: 4,08 l/s), Capella (cabal màxim: 1,2 l/s) i Dipòsit Rodó (cabal màxim: 1,17 l/s), les restants tenen uns cabals mitjos inferiors a 1 l/s.

A més, aigua amunt del torrent de la Salut hi ha les Mentiroses de Collbató (a 320 m s.n.m.) amb un cabal màxim d'uns 30 l/s. La seva entrada en funcionament és mes excepcional que el de les fonts temporals de Monistrol i les seves crescudes sempre son posteriors a les del binomi Font Gran-Mentiroses i Coll de vaca. La relació amb aquestes surgències està en estudi (Fig. 6).

Les dades discretes que es disposa de la temperatura de les diferents surgències indiquen que hi ha respostes tèrmiques amb un cert efecte de descàrrega, així les aportacions hídriques subterrànies estarien en relació amb un cert reservori o zona inundada, és el cas de les fonts de les Guilleumes, Masia i Pagès i, contràriament, a la font de la Graella les respostes tèrmiques no observen efecte de descàrrega, és a dir, l'augment de cabal determina un disminució de la temperatura: indican una marcada incidència d'aigües d'infiltració ràpida de menor temperatura i l'absència d'un reservori de consideració. No obstant, s'hauria de disposar de noves dades de control en continu per confirmar les observacions realitzades (Tella, 1985; Freixes, 1986).

També es disposa de dades de la hidrogeoquímica de les diferents surgències del torrent de les Guilleumes. Es tracta d'aigües bicarbonatades càlciques de mineralització moderada. A continuació referirem les dades dels ions bicarbonat i calci de la font Gran i les Mentiroses que són els que tenen més pes en la mineralització de l'aigua. La font Gran observa unes

Figura 6. Mentiroses de Collbató.

pase a ser un acuífero menos organizado, más de tipo fisurado que kárstico, manteniendo sin embargo una conexión con estructuras kársticas pretéritas escalonadas que entran en funcionamiento cuando hay un ascenso piezométrico en períodos de grandes precipitaciones, cuando las fuentes permanentes no pueden evacuar las crecidas repentinas de caudales y entran en funcionamiento las fuentes temporales o Mentirosas. (Fig. 3)

LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA Y EL KARST EN MONTSERRAT

Actualmente la descarga hídrica subterránea de Montserrat está muy condicionada por la situación del río Llobregat que limita con la vertiente este y noreste del macizo. En efecto, el río Llobregat está encajonado en los materiales que constituyen la depresión de Vacarisses, definiendo el límite occidental de esta depresión con el relieve de Montserrat. El río Llobregat, por su papel de nivel de base general, condiciona la circulación subterránea del macizo y, particularmente, la de su vertiente oriental y sudoriental. Así, la descarga subterránea se sitúa principalmente en esta vertiente: la riera de Marganell recibe una parte de la descarga subterránea, pero, sobre todo, debe señalarse en el extremo SE la Font Gran de Monistrol como surgencia permanente que desagua a pocos metros de la vaguada del río Llobregat y la fuente temporal de las Mentirosas, que constituye su aliviadero más importante e inmediato. La Font Gran ha tenido y tiene un papel importante en el suministro de agua potable a la población de Monistrol de Montserrat

concentracions mitjanes en HCO_3^- de 328,7 mg/l i en Ca^{2+} de 92,25 mg/l, mentre que les Mentiroses tenen unes concentracions mitjanes en HCO_3^- de 357,32 mg/l i en Ca^{2+} de 81,5 mg/l.

En algunes de les surgències l'estudi dels marcadors químics (HCO_3^-, Cl^-,...) dels episodis de crescuda permet aproximar l'existència o no de reservoris més o menys importants, tal i com succeeix amb l'anàlisi dels esgotaments de les fonts de la Graella, Masia i Pagès que observen petits reservoris, (Tella, 1985) no obstant, és necessari un aprofundiment en l'estudi dels episodis de crescuda, particularment de la Font Gran i les Mentiroses pel seu interès i significació. Quan es tracta de surgències situades a la part superior de la conca de les Guilleumes (Janon, Guilleumes,...) els reservoris són temporals i d'escassa entitat.

També és necessari realitzar un estudi aprofundit del sistema calcocarbònic i en particular de la pCO_2 eq i de l'ΔpH, que complementi el coneixement de la mineralització i dels processos de dissolució.

Es interessant remarcar que el vessant occidental (i, en part, el meridional-occidental) de Montserrat és a favor de la macroestructura (cabussament general d'uns 5-10º cap el NO), no obstant, actualment la macroestructura no té un paper important, la influència més determinant en el control de la circulació hídrica subterrània cap a l'est i nord-est l'introdueix el riu Llobregat: els nivells de base del carst actualment se situen a la vall del Llobregat.

En el potencial de carstificació pretèrit, i més si es demostra que la cova del Salnitre, constituïa una important surgència del vessant meridional-occidental, sí que hi podia haver influït la macroestructura, però l'evolució geomorfològica fluvial i la del carst haurien canviat la situació. Ara, en general, el flux subterrani observa el control del riu Llobregat. Altres cavitats situades a la part meridional-occidental o al vessant occidental del massís podrien constituir testimonis, anàlogament a la cova del Salnitre, de la circulació càrstica pretèrita situada a la part occidental i sud-occidental (Xacó, Gran, Freda,...).

Algunes característiques hidrodinàmiques de les manifestacions hidrològiques del torrent de les Guilleumes són comparables amb les observades al Carst Experimental de Rellinars: magnitud dels cabals de les surgència principal (font Gran) i dels sobreeixidors (Mentiroses) i una relativa importància del reservori (o reservoris). (Freixes A., 1986). Les dades i observacions de camp disponibles semblen indicar que la carstificació actual a Montserrat tingui un desenvolupament limitat, tal i com succeeix a Sant Llorenç i l'Obac. Les observacions de

(Galobart i Soler, 1994) (Fig. 4).

La Font Gran aporta un caudal máximo estimado de 150.000 l/h (41 l/s) y Les Mentiroses de 270 l/s. El caudal de la Font Gran fue evaluado por Llopis & Thomas (1953) entre 25 l/h y 150.000 l/h, esta aportación hídrica es significativa en el contexto que se encuentra, pero, en general, los caudales deben considerarse como poco importantes; sin embargo, tanto el caudal de la Font Gran como el de las Mentiroses pueden ser significativamente más elevados en situación de fuerte crecida: la Font Gran podría aportar del orden de 100 l/s y Les Mentiroses alcanzar los 500 l/s; algunas observaciones de campo así lo indican. También es cierto que la zona saturada no será muy importante, pero tanto los caudales como el reservorio serán los más notables de la circulación hídrica subterránea de Montserrat.

La Font Gran (170 m) y Les Mentiroses (180 m) están situadas en el torrente de las Guilleumes, que constituye una fuerte incisión en la masa de conglomerados. Esta incisión, como Llopis & Thomas (1953) y Tella (1985) señalan, facilita la descarga de los diferentes niveles de conglomerados y areniscas que irían de la Font Gran (170 m) el más bajo, en la fuente del Janon (400 m) el situado a mayor altitud. Así el torrente de las Guilleumes presenta un conjunto de surgencias que en situación de recarga observan una importante respuesta hidrológica (Font Gran-Mentiroses, Capellà, Valentina, Fonteta, Graella, Dipòsit, Dipòsit Rodó, Coll de Vaca, Coll Subiró, Masía, Caseta , Pagès, Guilleumes y Janon), prácticamente todas ellas están situadas en las

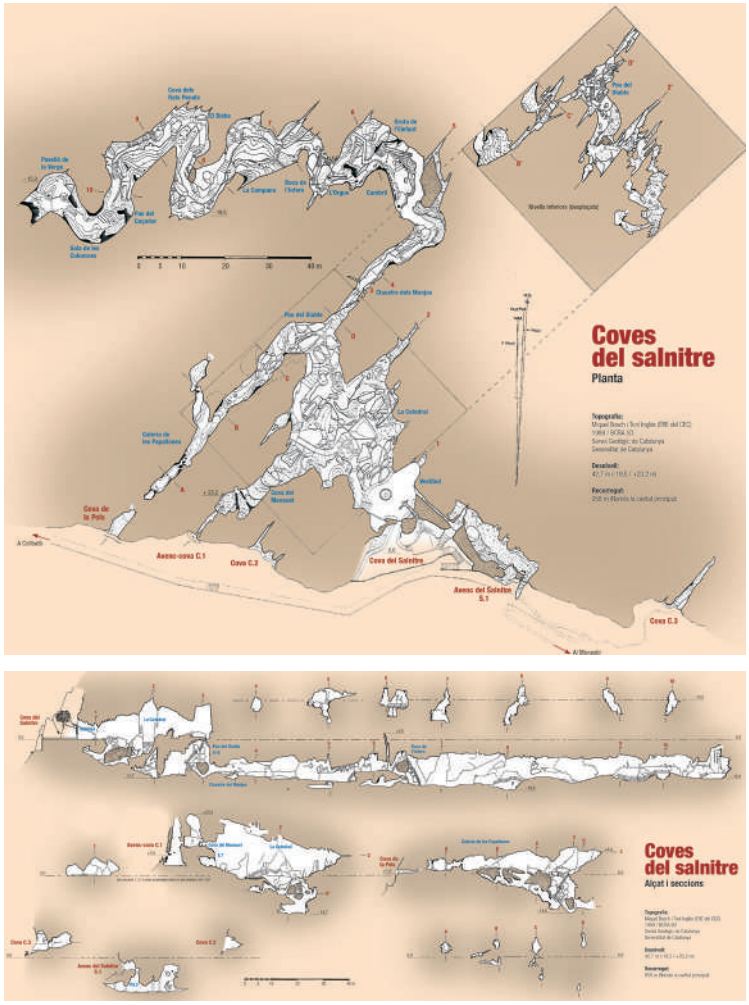


Figura 7. Topografia de la cova del Salnitre. M. Bosch i T. Inglès (ERE del CEC), 1988. Servei Geològic de Catalunya.

Figure 7. Topography of the Salnitre cave. M. Bosch and T Inglès (ERE of the CEC), 1988. **Servei Geològic de Catalunya**

terreny indiquen que la carstificació pretèrita a Montserrat (coves del Salnitre, Xacó, Freda, Gran...) havia estat significativament més important que l'actual.

EL CARST ANTIC. EL CONJUNT DE CAVITATS DE COLLBATÓ

L'endocarst, com a paleocarst, està representat en bona part del massís. A les parts més altes, els avencs o pouetons estructurats a partir de diàclasis (Pouetons de les Agulles, Pou de Costa Dreta, etc), o petites cavitats subhoritzontals en nivells que tenen com base intercalacions impermeables de gresos i lutites vermelles dins els conglomerats. Algunes canals son formes obertes evolucionades d'antics conductes endocàrstics verticals de la zona d'infiltració, com per exemple la canal del Xacó al Serrat de les Garrigoses, molt propera al sistema de cavitats de cova Gran, Freda i Salnitre, amb espeleotemes parietals de percolació (flowstones) a l'aire lliure i al llarg del seu traçat, suspesos a més de 100 m pel damunt de les galeries de les coves del Salnitre.

El conjunt de cavitats de Collbató, en el marge meridional de la muntanya, marca un nivell d'antigues surgències. Algunes d'aquestes cavitats han quedat del tot fossilitzades pels sediments (coves del Xacó) i altres constitueixen conductes amb

Figura 7. Topografia de la cueva del Salnitre. M. Bosch y T. Inglès (ERE del CEC), 1988. Servei Geològic de Catalunya.

proximidades de la vaguada del torrente de las Guilleumes (Fig. 5 a, b, c)

Las fuentes de la Graella y las Guilleumes con unos caudales máximos de 16 y 15 l/s respectivamente son las más importantes después de la Font Gran y Les Mentiroses. Y a excepción de las fuentes de la Masia (caudal máximo: 9,2 l/s), Pagès (caudal máximo: 4,08 l/s), Capella (caudal máximo: 1,2 l/s) y Dipòsit Rodó (caudal máximo: 1,17 l/s), las restantes tienen unos caudales medios inferiores a 1 l/s.

Además, agua arriba del torrente de la Salut se encuentran las Mentiroses de Collbató (a 320 m s.n.m.) con un caudal máximo de unos 30 l/s. Su entrada en funcionamiento es mas excepcional que la de las fuentes temporales de Monistrol y sus avenidas son siempre posteriores a las del binomio Font Gran-Mentiroses de Monistrol i Coll de Vaca. La relación con estas surgencias está por estudiar (Fig. 6).

Los datos discretos que se dispone de la temperatura de las diferentes surgencias indican que existen respuestas térmicas con cierto efecto de descarga, así las aportaciones hídricas subterráneas estarían en relación con un cierto reservorio o zona inundada, es el caso de las fuentes de las Guilleumes, Masia y Pagès y, por el contrario, en la fuente de la Graella las respuestas térmicas no observan este efecto, es decir, el aumento de caudal determina una disminución de la temperatura: indican una marcada incidencia de aguas de infiltración rápida de menor temperatura y la ausencia de un reservorio de consideración. Sin embargo, debería disponerse de nuevos datos de

recorregut (coves del Salnitre, de quasi 1 km d'extensió en planta) que contenen dins les seves galeries acumulacions importants de sediments detrítics i d'espeleotemes (Fig. 7).

EL REGISTRE SEDIMENTARI

Les característiques litològiques i paleohidrològiques comporten un trànsit de sòlids molt important en aquests sistemes càrstics en conglomerats, això fa que quan els sistemes perden funcionalitat i passen a ser aïllats, quedin retinguts al llarg dels conductes subterranis potents dipòsits sedimentaris, molt sovint granodecreixents, formant seqüències d'assecament, culminades per argiles de decantació i la deposició d'espeleotemes (Fig. 8).

Les coves del Xacó contenen un important dipòsit sedimentari que ocupa totalment fragments d'una galeria subterrània interceptada per l'erosió superficial del torrent de la Font Seca.Es poden observar dues seccions de sediments del mateix conducte, separades per la cinglera del vessant dret de l'estret torrent, una és transversal al conducte i l'altra i més complerta és longitudinal. El conjunt ofereix un perfil de sediments de més de 5 m de gruix, de color vermellós, heteromètric i granodecreixent. El dipòsit sedimentari del Xacó destaca pel seu caràcter detrític, molt diferent al d'altres cavitats properes i situades al mateix nivell de la muntanya (especialment la cova de les Arnes) on dominen els nivells d'espeleotemes dins les seves estratigrafies, amb planxes de gruixos importants.

Figura 8. Coves del Xacó. Rebliment sedimentari.

Figure 8. Xacó Cave. Sedimentary fill.

El rebliment està dividit en dos complexos detrítics separats per una cicatriu erosiva. L'inferior està constituït per rudites i sorres grolleres on la majoria de clasts, de mida no superior als 5 mm, son silícics, subarrodonits, amb poca matriu i molt cimentats. A l'eix del conducte s'observen estructures acanalades i una discordança erosiva. En els nivells més basals hi ha dues planxes estalagmítiques de poc gruix (2-5 cm) d'aspecte fibrós que se situen directament sobre una base irregular dels conglomerats inferiors, mentre que el seu cim és pla i seguit d'un nivell lutític-argilós.

control en continuo para confirmar las observaciones realizadas (Tella, 1985; Freixes, 1986).

También se dispone de datos de la hidrogeoquímica de las diferentes surgencias del torrente de Les Guilleumes. Se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas de mineralización moderada. A continuación referiremos los datos de los iones bicarbonato y calcio de la fuente Gran y Les Mentiroses que son los que tienen más peso en la mineralización del agua. La Font Gran observa unas concentraciones medias en HCO_3^- de 328,7 mg/l y en Ca^{2+} de 92,25 mg/l, mientras que Les Mentiroses tienen unas concentraciones medias en HCO_3^- de 357,32 mg/l y en Ca^{2+} de 81,5 mg/l.

En algunas de las surgencias el estudio de los marcadores químicos (HCO_3^-, Cl^-,...) de los episodios de crecida permite aproximar la existencia o no de reservorios más o menos importantes, tal y como sucede con el análisis de los agotamientos, sin embargo, es necesaria una profundización en el estudio de los episodios de crecida, particularmente de la Font Gran y Les Mentiroses por su interés y significación. Cuando se trata de surgencias situadas en la parte superior de la cuenca de las Guilleumes (Janon, Guilleumes,...) los reservorios son temporales y de escasa entidad.

También es necesario realizar un estudio profundizado del sistema calcocarbónico y en particular de la pCO_2 eq y del ΔpH, que complemente el conocimiento de la mineralización y de los procesos de disolución.

Es interesante remarcar que la vertiente occidental (y, en parte, la meridional-occidental) de Montserrat

Figura 8. Cueves del Xacó. Relleno sedimentario.

El nivell superior, pel damunt de la discordança erosiva, és més lutític i comença amb una alternança de sorres fines i llims amb estructures encreuades. Cap amunt la mida de gra disminueix fins a nivells de llims i argiles. Tot el conjunt està fortament cimentat.

El conjunt és una seqüència granodecreixent d'assecament, amb un contacte erosiu entre la unitat més grollera inferior, amb paleocanals i una superior arenosa i lutítica culminada amb espeleotemes que fossilitzen totalment el conducte. Els espeleotemes superiors tenen un gruix d'uns 30 cm, son laminats una mica ondulats, amb textures columnars però domina una fàbrica més microcristal·lina.

La cova del Xacó va ser descrita per Llopis & Thomas (1953) com una cova fòssil reblerta de sediments que l'erosió del vessant fa que s'estenguin a l'aire lliure sota un sostre amb evidents senyals de dissolució sota pressió hidrostàtica. Llopis la defineix com un exemple de carst holofòssil de sedimentació al·lòctona (Llopis Lladó, 1953)

La naturalesa dels sediments indica el caràcter regressiu de les aportacions hídriques, realitzat en tres etapes separades per les discordances erosives i les planxes d'espeleotemes que hem d'assimilar a sols d'exudació dins la cavitat.La primera fase, amb el dipòsit de rudites revela una certa intensitat interrompuda per un període sec durant el qual es va dipositar la primera planxa estalagmítica. Segueix un període de noves circulacions no tan intenses i acompanyades d'acanalaments a l'eix de la galeria. La sedimentació és de sorres fines interrompudes per la deposició de la segona planxa estalagmítica. La tercera fase és de més gran durada amb disminució progressiva de la intensitat fins el dipòsit per decantació deles argiles superiors cobertes finalment per l'espeleotema.

A la cova del Salnitre trobem dipòsits detrítics distribuïts, especialment, al llarg de les galeries baixes de la cavitat. Trobem nivells fluvials amb conglomerats i sorres i lacustres, amb llims i argiles que presenten laminació paral·lela. No hi ha cap punt on es pugui realitzar una columna estratigràfica completa, però l'associació dels diferents dipòsits amb l'evolució funcional de la cavitat i algunes datacions efectuades, ens permeten d'obtenir una columna ideal que ens dona la visió dels diferents episodis de funcionament interromputs per processos clàstics i formació d'espeleotemes, dins un esquema general granodecreixent d'una virtual seqüència d'assecament (Fig. 9).

Aquest esquema, basat en les observacions pròpies i en les fases proposades per Llopis & Thomas (1953), permet una síntesi i l'ordenació dels diferents processos i dipòsits sedimentaris al llarg de la cavitat, especialment a les galeries inferiors. Els

está a favor de la macroestructura (buzamiento general de unos 5-10º hacia el NO), sin embargo, actualmente la macroestructura no tiene un papel importante, la influencia más determinante en el control de la circulación hídrica subterránea hacia el este y noreste la introduce el río Llobregat: los niveles de base del karst actualmente se sitúan en el valle del Llobregat.

En el potencial de karstificación pretérito, y más si se demuestra que la cueva del Salnitre, constituía una importante surgencia de la vertiente meridional-occidental, sí podía haber influido la macroestructura, pero la evolución geomorfológica fluvial y la del karst habrían cambiado la situación. Ahora, por lo general, el flujo subterráneo observa el control del río Llobregat. Otras cavidades situadas en la parte meridional-occidental o en la vertiente occidental del macizo podrían constituir testigos, análogamente en la cueva del Salnitre, de la circulación kárstica pretérita situada en la parte occidental y suroccidental (cuevas Xacó, Gran, Freda,...).

Algunas características hidrodinámicas de las manifestaciones hidrológicas del torrente de las Guilleumes son comparables con las observadas en el Karst Experimental de Rellinars: magnitud de los caudales de las surgencia principal (Font Gran) y de los *trop-pleins* (Mentiroses) y una relativa importancia del reservorio (o reservorios) (Freixes, 1986). Los datos y observaciones de campo disponibles parecen indicar que la karstificación actual en Montserrat tiene un desarrollo limitado, tal y como sucede en Sant Llorenç el Munt y Serra de l'Obac. Las

processos clàstics, el recobriment per espeleotemes i la seva posterior dissolució parcial per inundació marquen el final d'una fase de funcionament a la cavitat. Es d'aquest moment ja no trobarem materials de graves amb argiles i conglomerats que caracteritzen bona part de la columna inferior, especialment la terrassa del sectors Claustre dels Monjos, Cambril, La Campana i Ratpenats. Les sorres fluvials superiors marquen una fase fluvial dins els meandres inferiors de la cavitat i les laminacions lutítico-argiloses caracteritzen episodis lacustres. Els espeleotemes culminen en un cas i en l'altre les diferents fases de funcionament. Podríem definir diferents seqüències incompletes d'assecament dins una columna estratigràfica general granodecreixent, en relació amb una dinàmica d'episodis de disminució d'energia i de pèrdua de potencial de carstificació, en passar d'un sistema termodinàmic obert a un d'aïllat.

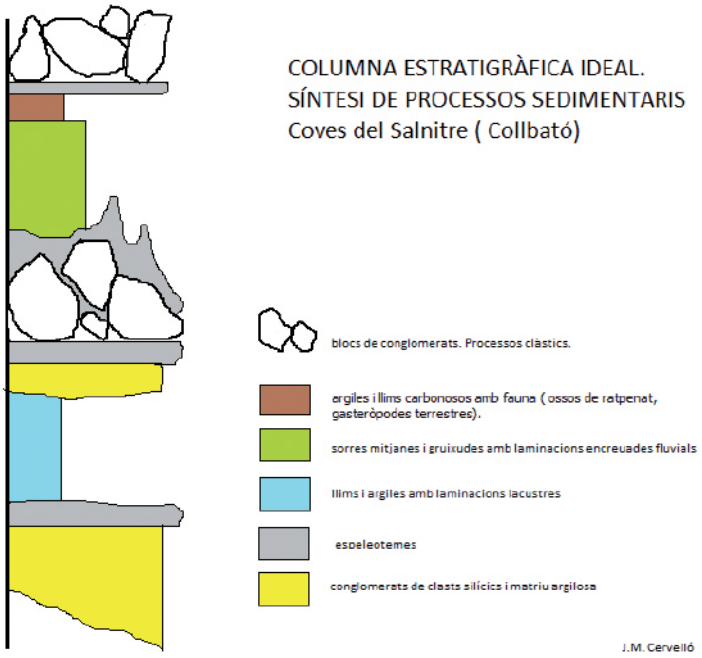


Figura 9. Columna estratigràfica ideal dels farcits sedimentaris de les Coves del Salnitre.

Figure 9. Ideal stratigraphic column of the sedimentary fillings of the Salnitre Caves.

ELS ESPELEOTEMES

La cova del Salnitre presenta al llarg de les seves galeries subterrànies i també en les proximitats dels seus accessos, actualment a l'aire lliure, una gran profusió d'espeleotemes.

Els espeleotemes poden estar intercalats en els dipòsits sedimentaris o formar edificis estalagmítics i recobrir el substrat rocós i els blocs clàstics. La varietat de formes és molt gran: estalactites, estalagmites, columnes, banderes, planxes, colades, gours, fistuloses i coral·loides. A les parets dels conductes meandrifomes del pis inferior i a l'exterior, en la proximitat de l'entrada de la cova, trobem també nivells de calcita flotant, formada per plaquetes o rafts de calcita acumulades en forma d'»arbre de Nadal» o de «pasta fullada» marcant el nivell d'un paleo-llac. La calcita flotant també conté fragments d'estalactites fistuloses o macarrons (soda straw) caiguts del sostre. A les parets, fins a certa alçada, hi ha espeleotemes coral·loides, d'aerosol o esquitx, en forma de coliflors,

observaciones de campo indican que la karstificación pretérita en Montserrat (cuevas del Salnitre, Xacó, Freda, Gran...) había sido significativamente más importante que la actual.

EL KARST ANTIGUO. EL CONJUNTO DE CAVIDADES DE COLLBATÓ

El endokarst, como paleokarst, está representado ampliamente en el macizo. En las partes más altas, cavidades con las simas, o Pouetons, estructuradas a partir de diaclasas (Pouetons de les Agulles, Pou de Costa Dreta, etc), o pequeñas cavidades subhorizontales en niveles que tienen como base intercalaciones impermeables de areniscas y lutitas rojas dentro de los conglomerados. Algunos canales son formas abiertas evolucionadas de antiguos conductos endokársticos verticales de la zona de infiltración, como por ejemplo la canal del Xacó en el Serrat de les Garrigoses, muy cercana al sistema de cavidades de las cuevas Gran, Freda y Salnitre, con espeleotemas parietales de percolación (flowstones) al aire libre y a lo largo de su trazado, suspendidos a más de 100 m por encima de las galerías de las cuevas del Salnitre.

El conjunto de cavidades de Collbató, en el margen meridional de la montaña, marca un nivel de antiguas surgencias. Algunas de estas cavidades han quedado del todo fosilizadas por los sedimentos (cuevas del Xacó) y otras constituyen conductos con recorrido (cuevas del Salnitre, de casi 1 km de extensión en planta) que contienen dentro de sus galerías acumulaciones importantes de sedimentos

Figura 9. Columna estratigráfica ideal de los rellenos sedimentarios de las Cuevas del Salnitre.

on es pot distingir una «popcornline» que assenyala una estratificació climàtica i higromètrica dins la cavitat.

A la cova del Salnitre els espeleotemes apareixen erosionats per l'acció de l'aigua que va transgredir els conductes i va dissoldre els espeleotemes d'episodis anteriors i l'encaixant rocós al mateix temps. Llopis & Thomas (1953) van veure en la intensitat d'aquesta erosió en la part orientada cap el sud, és a dir l'actual entrada a la cavitat, la prova que la circulació de les aigües era des de l'exterior cap a dintre, és a dir que el conjunt de cavitats del Salnitre eren engolidors i no surgències. Els autors no van tenir en compte que el corrent que va inundar els conductes era de règim turbillonar i que l'erosió no era per efectes mecànics pel fregament amb el corrent hídric, sinó per dissolució i que com en el cas de les empremtes de corrent (scallops) a les parets, el flux es bifurcava en arribar a l'obstacle de l'estalagmita i la dissolució es concentrava a contracorrent.

Algunes estalagmites per efecte de solifluxió estan esquerdades i algunes han estat trencades, inclinades o recolzades en altres i tornades a soldar.

També es pot observar una alteració química de la calcita per la formació de fosfats i una erosió derivada de la colonització de biofilms i vegetals provocada per la il.luminació elèctrica i l'efecte aerosol dels visitants, l'anomenada malaltia verda.

L'aparició de les mineralitzacions de fosfats és conseqüència del metabolisme dels rats penats que en diferents èpoques han format colònies nombroses dins la cavitat. La substitució mineral es fa a partir dels lixiviats dels excrements dels ratpenats i s'hi troben tres tipus de mineralitzacions fosfatades: a) per reemplaçament de la calcita als espeleotemes, b) en forma de nòduls i nivells estratolligats de color blanc en els sediments argilosos i c) en filons o vetes per infiltració de fluïds fosfatats en escletxes. Els fosfats dominantsa les argilesvermelles son la francoanellita, i la leucofosfita, formant nivells estratiformes inòduls. El reemplaçament de la calcita dels espeleotemes produeix fosfats càlcics com l'apatita, la brushita o la monetita (Melgarejo, comunicació oral; Queralt i Creus & Riera Vilaró, 2000).

Pel que fa a la malaltia verda, pel fet que estés localitzada prop dels focus lluminosos que introduïen calor i llum amb espectre fotosintètic, va afectar especialment als massissos d'espeleotemes que es volien destacar. Primer es van estendre biofilms amb algues cianofícies (Roldán, 2008; Roldán et al., 2006) però la intensitat de la «lampenflora» va ser tal que van aparèixer briòfits (molses), espermatòfits (falgueres) amb rizomes i finalment algunes plantes vasculars (heures) amb sistemes radicals que van penetrar i van trencar l'estructura ja alterada dels espeleotemes i van disgregar

detríticos y de espeleotemas (Fig. 7)

EL REGISTRO SEDIMENTARIO

Las características litológicas y paleohidrológicas conllevan un tránsito de sólidos muy importante en estos sistemas kársticos en conglomerados, esto hace que cuando los sistemas pierden funcionalidad y pasan a ser aislados, queden retenidos a lo largo de los conductos subterráneos potentes depósitos sedimentarios, a menudo grano-decrecientes, formando secuencias de secado, culminadas por arcillas de decantación y la deposición de espeleotemas (Fig. 8).

Las cuevas del Xacó contienen un importante depósito sedimentario que ocupa totalmente los fragmentos de una galería subterránea interceptada por la erosión superficial del torrente de la Font Seca. Se pueden observar dos secciones de sedimentos del mismo conducto, separadas por el margen vertical de la vertiente derecha del torrente, una es transversal al conducto y la otra y más completa es longitudinal. El conjunto ofrece un perfil de sedimentos de más de 5 m de espesor, de color rojizo, heterométrico y grano-decreciente. El depósito sedimentario del Xacó destaca por su carácter detrítico, muy diferente al de otras cavidades cercanas y situadas en el mismo nivel de la montaña (especialmente la cueva de las Arnes) donde dominan los niveles de espeleotemas dentro de sus estratigrafías, con planchas de espesores importantes.

El relleno está dividido en dos complejos detríticos

les làmines més superficials de cristalls columnars desprenent-los com una sorra de calcita.

PETROGRAFIA DELS ESPELEOTEMES

L'observació al microscopi òptic de les làmines primes de les diferents mostres obtingudes a les coves del Salnitre, Freda, Gran, Les Arnes i el Xacó va permetre distingir dos tipus principals d'estructures:

-Estructura laminada, amb làmines de 0,3 a 1 mm,. opaques i translúcides

-Estructura bandejada amb làmines de calcita de morfologia diferents, separades per contaminacions i microestrats argilosos

Distingim entre textura i fàbrica, mentre la fàbrica només es refereix a la morfologia dels cristalls individuals, la textura es refereix a l'agrupament d'orientacions cristal·logràfiques i dona elements d'anàlisi petrogràfica més interessants. Les més corrents son de tipus columnar, de cristalls elongats entre 0,3 i 1 mm. Quan els cristalls formen cristalls equant elongats amb puntes de creixement alineades perpendicularment a la superfície de la làmina, diem que és una textura en palissada (Figs. 10, 11a i 11b).

Trobem també altres textures microsparítiques amb porus i sacaroides amb grans cristalls.

Les contaminacions de l'estructura cristal·lina poden ser intercristal.lines (que acompanyen les etapes de creixement) o intracristal·lines (a partir de dissolucions internes i formació de porus o buits intracristal·lins).. No hem observats contaminacions orgàniques (pol. len, etc) però abunden les detrítiques (grans de quars, òxids...)

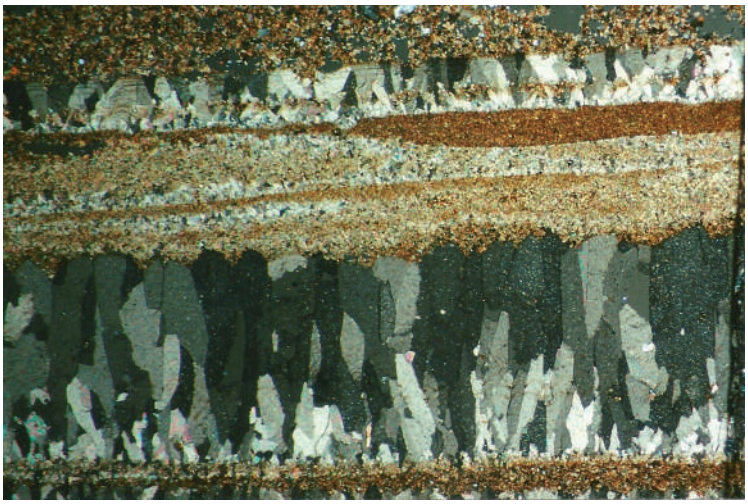


Figura 10. Làmina prima. Mostra CS31. Estructura bandejada. Nivells columnars, detrítics i microcristal·lins.

Figure 10. CS31 Banned structure, Columnar, detrital and microcrystalline levels. Salnitre Caves.

Quan l'estructura és laminada, hi ha làmines opaques de creixement ràpid, coalescents, i translúcides amb feble porositat.

En l'estructura bandejada, les làmines de calcita estan separades per contaminacions detrítiques, argiloses, discordances internes i dissolucions a les puntes de creixement que assenyalen pauses en el creixement cristal·li. Al microscopi catadoluminiscent, les làmines primes no presenten luminiscència en els cristalls primaris, em de suposar l'absència de mol.lècules orgàniques provinents de la vegetació de superfície.

separados por una cicatriz erosiva. El inferior está constituido por ruditas y arenas gruesas donde la mayoría de clastos, de tamaño no superior a 5 mm, son silícicos, sub-redondeados, con poca matriz y muy cementados. En el eje del conducto se observan estructuras acanaladas y una discordancia erosiva. En los niveles más basales existen dos planchas estalagmíticas de poco espesor (2-5 cm) de aspecto fibroso que se sitúan directamente sobre una base irregular de los conglomerados inferiores, mientras que su cumbre es plana y seguido de un nivel lutítico-arcilloso.

El nivel superior, por encima de la discordancia erosiva, es más lutítico y comienza con una alternancia de arenas finas y limos con estructuras cruzadas. Hacia arriba el tamaño de grano disminuye hasta niveles de limos y arcillas. Todo el conjunto está fuertemente cementado.

El conjunto es una secuencia granodecreciente de desecación, con un contacto erosivo entre la unidad más grosera inferior, con paleocanales y una superior arenosa y lutítica culminada con espeleotemas que fosilizan totalmente el conducto. Los espeleotemas superiores tienen un grosor de unos 30 cm, son laminados, algo ondulados, con texturas columnares pero domina una fábrica más microcristalina.

La cueva del Xacó fue descrita por Llopis y Thomas (Llopis Lladó & Thomas Casajuana, 1953) como una cueva fósil llena de sedimentos que la erosión de la vertiente hace que se extiendan al aire libre bajo un techo con evidentes señales de disolución bajo presión hidrostática. Llopis la define como un

Figura 10. Lámina delgada. Muestra CS31. Estructura bandeada. Niveles columnares, detríticos y microcristalinos.

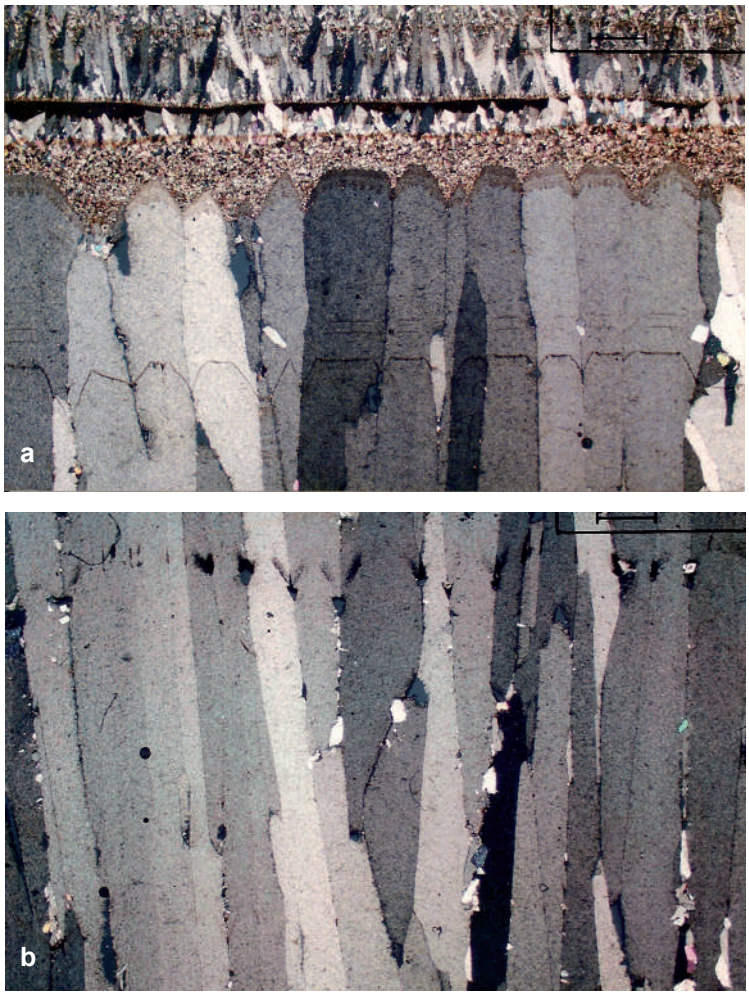


Figura 11. a) Làmina prima. Textura palissàdica. Cova de les Arnes CA12. b) Làmina prima. Mostra CA12. Detall dels cristalls columnars de creixement ràpid (*lenght-fast calcite*) en completa coalescència.

Figure 11. a) Palisade texture. Arnes Cave CA12. b) CA12. Detail of the lenght-fast calcite columnar crystals in complete coalescence.

Els espeleotemes tenen un gran interès des del punt de vista geocronològic i paeloambiental quan el sistema cristal. lí forma un sistema químic tancat, però en espeleotemes antics, amb una llarga evolució hi ha també fenòmens de diagènesi que mostren obertures del sistema cristal·lí. Quan això succeeix, cristalls elongats en continuïtat òptica substitueixen antigues textures en palissada de la qual queden els fantasmes de les seves línies serrades de creixement. També son visibles dissolucions en les crestes de les palissades i altres en les línies de coal·lescència dels cristalls columnars, amb formació de cristalls anhedrals o microcristal·lins que presenten luminiscència. La textura palissàdica presenta horitzons amb acumulació de cristalls equant de calcita i alguns microhoritzons de sediments formats per filosilicats i alguns grans de quars de la mida del llim. Per altra banda, també trobem fantasmes de creixement en ventall o botroidals que suggereixen cristal·litzacions d'aragonita que han sofert diagènesi a calcita. Per tant no tot el que veiem al microscopi és contemporani ni es pot analitzar dins d'unes úniques condicions ambientals de cristal.lització i aquest fet condiciona les possibilitats de datació de la mostra.

Figura 11. a) Lámina delgada. Textura empalizada. Cueva de les Arnes CA12. b) Lamina delgada. Muestra CA12. Detalle de los cristales columnares de crecimiento rápido (*lenght-fast calcite*) en completa coalescencia.

ejemplo de karst holofósil de sedimentación alóctona (Llopis Lladó, 1953)

La naturaleza de los sedimentos indica el carácter regresivo de las aportaciones hídricas, realizado en tres etapas separadas por las discordancias erosivas y las planchas de espeleotemas que debemos asimilar a suelos de exudación dentro de la cavidad. La primera fase, con el depósito de ruditas revela una cierta intensidad interrumpida por un período seco durante el cual se depositó la primera plancha estalagmítica. Sigue un período de nuevas circulaciones no tan intensas y acompañadas de acanalamientos en el eje de la galería. La sedimentación es de arenas finas interrumpidas por la deposición de la segunda plancha estalagmítica. La tercera fase es de mayor duración con disminución progresiva de la intensidad hasta el depósito por decantación de las arcillas superiores cubiertas finalmente por el espeleotema.

En la cueva del Salnitre encontramos depósitos detríticos distribuidos, especialmente, a lo largo de las galerías inferiores de la cavidad. Encontramos niveles fluviales con conglomerados y arenas y lacustres, con limos y arcillas que presentan laminación paralela. No hay ningún punto en el que se pueda realizar una columna estratigráfica completa, pero la asociación de los diferentes depósitos con la evolución funcional de la cavidad y algunas dataciones efectuadas, nos permiten obtener una columna ideal que nos da la visión de los diferentes episodios de funcionamiento interrumpidos por procesos clásticos y y formación de espeleotemas, dentro de un esquema general granodecreciente de una virtual secuencia de

DATACIONS PEL MÈTODE DE LES SÈRIES D'U/Th

Hem vist com la petrografia amb làmina prima caracteritza l'estructura i les textures dels espeleotemes, així com la presència de contaminacions, discordances i dissolucions internes. Ha estat la base per a establir els nivells calcítics que s'han mantingut com a sistemes tancats durant la llarga evolució dels espeleotemes antics i que son els més adequats per a fer datacions U/Th, ja que l'estructura bandejada i complexa dels espeleotemes de la cova de les Arnes i de les planxes pavimentàries de la cova del Salnitre pot contribuir a l'envelliment de les mostres si aquestes tenen contaminació de Th detrític.

L'edat d'aquests dipòsits ve determinada per la datació U/Th d'espeleotemes. Les datacions es van efectuar al Musée de l'Homme de Paris, amb la col.laboració de la Dra. Christianne Causse, investigadora del.Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement del CNRS. Quan es van fer aquestes datacions les tècniques d'espectrometria de masses d'ionització tèrmica (TIMS) havien substituït en gran mesura els mètodes tradicionals de recompte de desintegració per mesurar els isòtops U i Th, donant com a resultat una millora de la precisió respecte l'espectrometria alfa de més d'un ordre de magnitud, així les datacions es van poder obtenir amb marges d'error de ±2σ.

Es va realitzar un mostreig en funció de la columna ideal interpretada a la cova del Salnitre. Totes les mostres van donar edats més antigues que les possibilitats del mètode. A la cova del Xacó es van datar els dos nivells inferiors, unes planxes estalagmítiques intercalades en el complex inferior detrític. A la cova de les Arnes es van prendre mostres dels espeleotemes que es van prendre com a referència de l'estructura bandejada amb textures columnars que caracteritzen bona part dels espeleotemes montserratins. Només les mostres de la cova del Xacó van poder ser datades en edats compreses entre 135 i 144 ka, tal i com es mostra a la següent taula (Taula I).

Taula I. Datacions d'espeleotemes a les coves del Xacó, de les Arnes i del Salnitre. La relació $^{230}Th/^{232}Th$ és superior a 1 en el cas de CA1 i CS3, per tant la seva datació està més enllà de les possibilitats del mètode, és a dir >600 ka. Les mostres X4, X3, en canvi donen edats compreses entre els 135-144 ka.

Table I. Dating of speleothems in the Xacó, les Arnes and Salnitre caves. The 230Th/232Th ratio is greater than 1 in the case of CA1 and CS3, so their dating is beyond the possibilities of the method, i.e. >600 ka. Samples X4, X3, on the other hand, give ages between 135-144 ka.

Mostra	^{238}U ppb	^{232}Th ppb	$(^{234}U/^{238}U)$	$(^{230}Th/^{234}Th)$	$(^{230}Th/^{232}Th)$	Edat Ka
X4 ±2σ	163,212 0,838	7,295 0,034	1,064 0,045	0,743 0,033	53,996 0,734	144,3 +7,9/-7,2
X3 ±2σ	185,517 0,438	24,037 0,442	1,108 0,002	0,725 0,019	18,692 0,598	135,8 +3,7/-3,6
CA1 ±2σ	79,263 0,297	5,127 0,017	1,013 0,019	1,004 0,024	48,063 0,756	∞
CS3 ±2σ	107,266 0,324	21,231 0,095	1,008 0,015	1,059 0,039	16,484 0,562	∞

desecación (Fig. 9).

Este esquema, basado en las observaciones propias y en las fases propuestas por Llopis & Thomas (1953), permite una síntesis y la ordenación de los distintos procesos y depósitos sedimentarios a lo largo de la cavidad, especialmente en las galerías inferiores. Los procesos clásticos, el recubrimiento por espeleotemas y su posterior disolución parcial por inundación marcan el final de una fase de funcionamiento en la cavidad. Desde este momento ya no encontraremos materiales de gravas con arcillas y conglomerados que caracterizan a buena parte de la columna inferior, especialmente la terraza de los sectores Claustre dels Monjos, Cambril, La Campana y Ratpenats. Las arenas fluviales superiores marcan una fase fluvial dentro de los meandros inferiores de la cavidad y las laminaciones lutítico-arcillosas caracterizan episodios lacustres. Los espeleotemas culminan en uno y otro caso las diferentes fases de funcionamiento. Podríamos definir diferentes secuencias incompletas de desecación dentro de una columna estratigráfica general granodecreciente, en relación con una dinámica de episodios de disminución de energía y de pérdida de potencial de karstificación, al pasar de un sistema termodinámico abierto a uno aislado.

LOS ESPELEOTEMAS

La cueva del Salnitre presenta a lo largo de sus galerías subterráneas y también en las proximidades de sus accesos, actualmente al aire libre, una gran profusión de espeleotemas.

Tabla I. Dataciones de espeleotemas en las cuevas del Xacó, de les Arnes y del Salnitre. La relación 230Th/232Th es superior a 1 en el caso de CA1 y CS3, por tanto su datación está más allá de las posibilidades del método, es decir >600 ka. Las muestras X4, X3, en cambio dan edades comprendidas entre los 135-144 ka.

Durant les últimes dècades, s'han produït més millores tècniques com a resultat d'un canvi dels mètodes TIMS a tècniques d'espectrometria de masses de plasma acoblat inductivament de múltiples col·lectors. Els estudis actuals están realitzant un nou mostreig d'espeleotemes en la perspectiva d'aplicació d'aquestes tecnologies i de correlació amb altres mètodes de geocronologia absoluta en els sediments detrítics (termoluminiscencia OSL), sempre amb la dificultat de tractar-se de sediments molt antics que poden situar-se en els límits o fora del marge d'aplicació del mètode.

La relació dels espeleotemes de la cova del Xacó amb els sediments fluvials indica que el manteniment d'activitat hidrològica continua en temps més recents que els que plantejava Llopis en els seus treballs.

Des del 144,3 (+7,9/-7,2) ka als 135,8 (+3,7/-3,6) ka, la cova del Xacó enregistra un procés de dessecació i la seva fossilització. L'espeleotema basal X4, una planxa de poc gruix, intercalada en processos fluvials, correspon a una època més freda i amb menys disposició ambiental de CO_2 que no pas l'espeleotema X3, més gruixut i que culmina la sèrie.

Els espeleotemes de la cova del Xacó es relacionen amb les etapes finals del MIS 6, inici de la millora climàtica que portarà al màxim climàtic plistocè del MIS 5e (5,5) (126 ka) i a l'inici del Plistocè Superior.

Es coneix una datació dels travertins de Can Paloma, al peu del massís, propers a la confluència del torrent de la Salut amb el riu Llobregat, i relacionats amb la terrassa alta (T4) a 85-95 m sobre el curs actual (Luque & Julià, 2007). Aquests travertins tenen un gruix d'uns 20 m, estan en correspondència lateral amb els sediments fluvials de la terrassa 4 i estan dipositats sobre les calcàries mesozoiques de la serralada prelitoral. La terrassa 4 (T4) s'atribueix al Plistocè Mitjà. L'edat radiomètrica dels travertins és de 350 ka, però caldria revisar-la ja que està en el límit del mètode d'espectrometria alfa. En tot cas, l'edat dels espeleotemes i del registre sedimentari de les coves del Salnitre és anterior al sistema de terrasses del Llobregat i més antiga del Plistocè Mitjà.

CONCLUSIONS

Montserrat ha estat considerat com l'exemple extrem i més paradigmàtic del massissos conglomeràtics que estan distribuïts al llarg del marge sud-oriental i septentrional de la conca central catalana o Depressió de l'Ebre i dels fronts dels encavalcaments dels Pirineus.

Les formes del relleu montserratí i la seva singularitat son conseqüència de la litologia, la complexitat estratigràfica de medis de transició que tenen nivells massius amb indentacions i canvis laterals i la fracturació.

Los espeleotemas pueden estar intercalados en los depósitos sedimentarios o formar edificios estalagmíticos y recubrir el sustrato rocoso y los bloques clásticos. La variedad de formas es muy grande: estalactitas, estalagmitas, columnas, banderas, planchas, coladas, gours, fistulosas y coraloides. En las paredes de los conductos meandriformes del piso inferior y en el exterior, en la proximidad de la entrada de la cueva, encontramos también niveles de calcita flotante, formada por plaquetas o rafts de calcita acumuladas en forma de «árbol de navidad» o de «hojaldre» marcando el nivel de un paleo-lago. La calcita flotante también contiene fragmentos de estalactitas fistulosas o macarrones (*soda straw*) caídos del techo. En las paredes, hasta cierta altura, hay espeleotemas coraloides, de aerosol o salpicadura, en forma de coliflores, donde se puede distinguir una «popcorn line» que señala una estratificación climática e higrométrica dentro de la cavidad

En la cueva del Salnitre los espeleotemas aparecen erosionados por la acción del agua que transgredió los conductos y disolvió los espeleotemas de episodios anteriores y el encajante rocoso al mismo tiempo. Llopis & Thomas (1953) vieron en la intensidad de esta erosión en la parte orientada hacia el sur, es decir la actual entrada a la cavidad, la prueba de que la circulación de las aguas era desde el exterior hacia dentro, es a decir que el conjunto de cavidades del Salnitre eran sumideros y no surgencias. Los autores no tuvieron en cuenta que la corriente que inundó los conductos era de régimen turbillonar y que la erosión no era por efectos mecánicos por el rozamiento con

La carstificació és conseqüència de la naturalesa carbonatada dels components del conglomerat i del ciment que els uneix. Una homogeneïtat de la roca afavoreix la carstificació, mentre que els nivells més heteromètrics i poligènics hi posen més resistència.

El relleu d'agulles, costes i canals indica diferents fases d'un modelat per dissolució, son per tant formes d'un exocarst en relació a la infiltració concentrada a la xarxa de diàclasis i a l'evolució del potencial de carstificació.

Les fonts a la muntanya son de petits cabals, només la Font Gran de Monistrol manté el seu dinamisme durant tot l'any. En crescudes es posen en funcionament fonts temporals esglaonades, anomenades «Mentiroses» i que treuen grans cabals en un periode de resposta curt, sovint de dies.

Les dades i d'hidrogeotèrmia i les hidrogeoquímiques obtingudes en diferents surgències no donen una resposta clara a si hi ha un efecte de descàrrega en els episodis de crescuda, que evidenciaria l'existència d'un cert reservori o si domina una inflitració ràpida en absència de reserves. Caldria passar d'observacions discretes a registres en continu durant aquests events a les fonts mentiroses per a tenir més dades experimentals. El que sí que està clar és que el carst actual és poc important respecte al carst antic que presentava una més gran organització com aqüífer.

Hi ha un paleocarst de formes subterrànies heredades i amb un registre sedimentari detrític i d'espeleotemes antic. Els dipòsits sedimentaris tenen una tendència granodecrecreixent vinculada a una progressiva pèrdua de potencial de carstificació, des dels registres fluvials i lacustres fins a l'assecament. Els espeleotemes son molt variats i ha estat afectats per dissolució per inundació dels conductes i reemplaçament químic per fosfats causat pels lixiviats del metabolisme de colònies de ratspenats

L'estructura dels espeleotemes és bandejada on alternen nivells de calcita de tipus columnar amb nivells detrítics i microcristal·lins. La textura dominant, pal·lissàdica conté contaminacions i dissolucions internes conseqüència d'una llarga evolució que en ocasions ha obert el sistema cristal·lí original.

La datació U/Th obtinguda en algunes mostres ha de ser objecte de noves revisions. Una part de les mostres de la cova del Salnitre ha donat edats més enllà de les possibilitats del mètode, mentre que les obtingudes a la cova del Xacó, relacionades amb el procés d'assecament de la cavitat, estan relacionades amb un procés fluvial discontinu a finals de l'estadi isotòpic MIS 6, entre 135 i 145 ka.

la corriente hídrica, sino por disolución y que, como en el caso de las huellas de corriente (*scallops*) en las paredes, el flujo se bifurcaba al llegar al obstáculo de la estalagmita y la disolución se concentraba a contracorriente.

Algunas estalagmitas por efecto de solifluxión están agrietadas y algunas han sido rotas, inclinadas o apoyadas en otras y vueltas a soldar.

También puede observarse una alteración química de la calcita por la formación de fosfatos y una erosión derivada de la colonización de biofilms y vegetales provocada por la iluminación eléctrica y el efecto aerosol de los visitantes, la llamada enfermedad verde.

La aparición de las mineralizaciones de fosfatos es consecuencia del metabolismo de los murciélagos que en diferentes épocas han formado colonias numerosas dentro de la cavidad. La sustitución mineral se realiza a partir de los lixiviados de las heces de los murciélagos y se encuentran tres tipos de mineralizaciones fosfatadas: a) por reemplazo de la calcita en los espeleotemas , b) en forma de nódulos y niveles estratoligados de color blanco en los sedimentos arcillosos c) en filones o vetas por infiltración de fluidos fosfatados en rendijas

Los fosfatos dominantes en las arcillas rojas son la francoanellita, y la leucofosfita, formando niveles estratiformes y nódulos. El reemplazo de la calcita de los espeleotemas produce fosfatos cálcicos como la apatita, la brushita o la monetita

(Melgarejo, comunicación oral; Queralt; Creus &

Riera Vilaró, 2000).

En cuanto a la enfermedad verde, al estar localizada cerca de los focos luminosos que introducían calor y luz con espectro fotosintético, afectó especialmente a los macizos de espeleotemas que querían destacarse. Primero se extendieron biofilms con algas cianoficias (Roldán, 2008; Roldán et al., 2006) pero la intensidad de la «lampenflora» fue tal que aparecieron briófitos (musgos), espermatofitos (helechos) y finalmente algunas plantas vasculares (hiedras) con sistemas radicales que penetraron y rompieron la estructura ya alterada de los espeleotemas y disgregaron las láminas más superficiales de cristales columnares, desprendiéndolos como una arena de calcita.

PETROGRAFÍA DE LOS ESPELEOTEMAS

La observación en el microscopio óptico de las láminas delgadas de las diferentes muestras obtenidas en las cuevas del Salnitre, Freda, Gran, Les Arnes y el Xacó permitió distinguir dos tipos principales de estructuras:

- Estructura laminada, con láminas de 0,3 a 1 mm, opacas y translúcidas

- Estructura bandeada con láminas de calcita de morfologías diferentes, separadas por contaminaciones y microestratos arcillosos

Distinguimos entre textura y fábrica, mientras que la fábrica sólo se refiere a la morfología de los cristales individuales, la textura se refiere al agrupamiento de orientaciones cristalográficas y da elementos de análisis petrográfico más interesantes. Las más corrientes son de tipo columnar, de cristales elongados entre 0,3 y 1 mm. Cuando los cristales forman cristales equant elongados con puntas de crecimiento alineadas perpendicularmente a la superficie de la lámina, decimos que es una textura en empalizada (Figs. 9, 10, 11). Se encuentran también otras texturas micro-esparíticas con poros y sacaroides con grandes cristales.

Las contaminaciones de la estructura cristalina pueden ser intercristalinas (que acompañan a las etapas de crecimiento) o intracristalinas (a partir de disoluciones internas y formación de poros o huecos intracristalinos). No se han observado contaminaciones orgánicas (polen, etc) pero abundan las detríticas (granos de cuarzo, óxidos...)

Cuando la estructura es laminada, existen láminas opacas de crecimiento rápido, coalescentes, y translúcidas con débil porosidad. En la estructura bandeada, las láminas de calcita están separadas por contaminaciones detríticas, arcillosas, discordancias internas y disoluciones en las puntas de crecimiento que señalan pausas en el crecimiento cristalino. En el microscopio catadoluminiscente, las láminas delgadas no presentan luminiscencia en los cristales primarios, debemos suponer la ausencia de moléculas orgánicas provenientes de la vegetación de superficie.

Los espeleotemas tienen un gran interés desde el punto de vista geocronológico y paleoambiental cuando el sistema cristalino forma un sistema químico cerrado, pero en espeleotemas antiguos, con una larga evolución, existen también fenómenos de diagénesis que muestran aperturas del sistema cristalino. Cuando esto sucede, cristales elongados en continuidad óptica sustituyen antiguas texturas en empalizada de la que quedan los fantasmas de sus líneas en sierra de crecimiento. También son visibles disoluciones en las crestas de las empalizadas y otras en las líneas de coalescencia de los cristales columnares, con formación de cristales anhedrales o microcristalinos que presentan luminiscencia. La textura en empalizada presenta horizontes con acumulación de cristales equant de calcita y algunos micro-horizontes de sedimentos formados por filosilicatos y algunos granos de cuarzo del tamaño del limo. Por otro lado, también encontramos fantasmas de crecimiento en abanico o botroidales que sugieren cristalizaciones de aragonito que han sufrido diagénesis a calcita. Por lo tanto no todo lo que vemos en el microscopio es contemporáneo ni se puede analizar dentro de unas únicas condiciones ambientales de cristalización y este hecho condiciona las posibilidades de datación de la muestra.

DATACIONES POR EL MÉTODO DE LAS SERIES DE U/Th

Hemos visto cómo la petrografía con lámina delgada caracteriza la estructura y las texturas de los espeleotemas, así como la presencia de contaminaciones, discordancias y disoluciones internas. Ha sido la base para establecer los niveles calcíticos que se han mantenido como sistemas cerrados durante la larga evolución de los espeleotemas antiguos y que son los más adecuados para realizar dataciones U/Th, ya que la estructura bandeada y compleja de los espeleotemas de la cueva de Les Arnes y de las planchas pavimentarias de la cueva del Salnitre puede contribuir al envejecimiento de las muestras si éstas tienen contaminación de Th detrítico.

La edad de estos depósitos viene determinada por la datación U/Th de espeleotemas. Las dataciones se efectuaron en el Musée del Homme de París, con la colaboración de la Dra Christianne Causse, investigadora del Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement del CNRS. Cuando se realizaron estas dataciones las técnicas de espectrometría de masas de ionización térmica (TIMS) habían sustituido en gran medida los métodos tradicionales de recuento de desintegración para medir los isótopos U y Th, dando como resultado una mejora de la precisión respecto a espectrometría alfa de más de un orden de magnitud, así las dataciones se pudieron obtener con márgenes de error de $\pm 2\sigma$.

Se realizó un muestreo en función de la columna ideal interpretada en la cueva del Salnitre, todas las muestras dieron edades más antigues que las posibilidades del método. En la cueva del Xacó se dataron los dos niveles inferiores, unas planchas estalagmíticas intercalades en el complejo detrítico inferior. En la cueva de les Arnes se tomaron muestras de los espeleotemas que marcaron la referencia de la estructura compleja bandeada con texturas columnares, que caracteriza buena parte de los espeleotemes montserratinos. Sólo las muestras de la cueva del Xacó pudieron ser datades en edades comprendidas entre 135 y 144 ka, tal y como muestra la siguiente tabla (Tabla I):

Durante las últimas décadas, se han producido más mejoras técnicas como resultado de un cambio de los métodos TIMS a técnicas de espectrometría de masas de plasma ensamblado inductivamente de múltiples colectores. Los estudios actuales están realizando un nuevo muestreo de espeleotemas en la perspectiva de aplicación de estas tecnologías y de correlación con otros métodos de geocronología absoluta en los sedimentos detríticos (termoluminiscencia OSL), siempre con la dificultad de tratarse de sedimentos muy antiguos que pueden ubicarse en los límites, o fuera, del margen de aplicación del método.

La relación de los espeleotemas de la cueva del Xacó con los sedimentos fluviales indica que el mantenimiento de actividad hidrológica sigue en tiempos más recientes que los que planteaba Llopis en sus trabajos.

Desde el 144,3 (+7,9/-7,2) ka a los 135,8 (+3,7/-3,6) ka, la cueva del Xacó registra un proceso de desecación y su fosilización. El espeleotema basal X4, una plancha de poco grosor, intercalada en procesos fluviales, corresponde a una época más fría y con menos disposición ambiental de CO_2 que el espeleotema X3, más grueso y que culmina la serie.

Los espeleotemas de la cueva del Xacó se relacionan con las etapas finales del MIS 6, inicio de la mejora climática que llevará al máximo climático pleistoceno del MIS 5e (5,5) (126 ka) y al inicio del Pleistoceno Superior.

Hay una datación de los travertinos de Can Paloma, al pie del macizo, cercanos a la confluencia del torrente de la Salut con el río Llobregat, y relacionados con la terraza alta (T4) a 85-95 m sobre el curso actual (Luque & Juliá, 2007). Estos travertinos tienen un grosor de unos 20 m, están en correspondencia lateral con los sedimentos fluviales de la terraza 4 y están depositados sobre las calizas mesozoicas de la cordillera prelitoral. La terraza 4 (T4) se atribuye al Pleistoceno Medio. La edad radiométrica de los travertinos es de 350 ka, pero debería revisarse ya que está en el límite del método de espectrometría alfa. En cualquier caso, la edad de los espeleotemas y del registro sedimentario de las cuevas del Salnitre es anterior al sistema de terrazas del Llobregat y más antigua que el Pleistoceno Medio.

CONCLUSIONES

Montserrat ha sido considerado como el ejemplo extremo y más paradigmático de los macizos conglomeráticos que están distribuidos a lo largo del margen sudoriental y septentrional de la cuenca central catalana o Depresión del Ebro y de los frentes de los cabalgamientos de los Pirineos.

Las formas del relieve montserratino y su singularidad son consecuencia de la litología, la complejidad estratigráfica de medios de transición que tienen niveles masivos con indentaciones y cambios laterales y de la fracturación.

La karstificación es consecuencia de la naturaleza carbonatada de los componentes del conglomerado y del cemento que los une. Una homogeneidad de la roca favorece la karstificación, mientras que los niveles más heterométricos y poligénicos ponen mayor resistencia.

El relieve de agujas, cuestas y canales indica diferentes fases de un modelado por disolución, son por tanto formas de un exokarst en relación a la infiltración concentrada en la red de diaclasas y a la evolución del potencial de karstificación.

Las fuentes en la montaña tienen pequeños caudales irregulares, sólo la Font Gran de Monistrol mantiene su dinamismo durante todo el año. En crecidas se ponen en funcionamiento fuentes temporales escalonadas, llamadas «Mentiroses» y que sacan grandes caudales en un período de respuesta corto, a menudo de días.

Los datos y de hidrogeotermia y de hidrogeoquímica obtenidos en diferentes surgencias no dan una respuesta clara a si existe un efecto de descarga en los episodios de crecida, que evidenciaría la existencia de un cierto reservorio, o si domina una infiltración rápida en ausencia de reservas. Sería preciso pasar de observaciones discretas a registros en continuo durante estos eventos en las fuentes Mentiroses para tener más datos experimentales. Lo que sí está claro es que el karst actual es poco importante respecto al karst antiguo, que presentaba una mayor organización como acuífero.

Existe un paleokarst de formas subterráneas heredadas y con un registro sedimentario detrítico y de espeleotemas antiguo. Los depósitos sedimentarios tienen una tendencia grano-decreciente vinculada a una progresiva pérdida de potencial de karstificación, desde los registros fluviales y lacustres hasta la desecación. Los espeleotemas son muy variados y han sido afectados por disolución durante la inundación de los conductos y también por reemplazo químico por fosfatos, causado por los lixiviados del metabolismo de colonias de murciélagos

La estructura de los espeleotemas es laminada y bandeada donde alternan niveles de calcita de tipo columnar con niveles detríticos y microcristalinos. La textura dominante, en empalizada, contiene contaminaciones y disoluciones internas consecuencia de una larga evolución que en ocasiones ha abierto el sistema cristalino original.

La datación U/Th obtenida en algunas muestras debe ser objeto de nuevas revisiones. Una parte de las muestras de la cueva del Salnitre ha dado edades más allá de las posibilidades del método, mientras que las obtenidas en la cueva del Xacó están relacionadas con un proceso fluvial discontinuo a finales del estadio isotópico MIS 6, entre 135 y 145 ka.

BIBLIOGRAFÍA

Camps, G. M. (1968). Avencs de Montserrat i altres residus d'erosió kàrstica amb algunes indicacions per a la seva localització, Biblioteca del Monestir de Montserrat, Mecanoscrit inèdit.

Carreras, A. (1964). Hidrogeología de Montserrat. L'avenc Ventós. Cavernas, (2), 73-80.

Cervelló, J.M. (1988). Estudi de les possibilitats d'educació ambiental de la cova del Salnitre a Montserrat. Servei Geològic de Catalunya. Departament de Politica Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

Cervelló, J.M. (2000). Les coves del Salnitre (Collbató). Importància cultural, registre geològic i gestió sostenible del patrimoni. II Jornades d'Estudi del Patrimoni del Baix Llobregat. Centre d'Estudis del Baix Llobregat. Molins de Rei.

Cervelló, J.M. (2006). Les coves del Salnitre i el Montserrat subterrani. Muntanya, 864, 25-31.

Cervelló J.M., & Freixes A. (1992). El domini càrstic dels Països Catalans. II Volum. Geologia II. Història Natural dels Països Catalans. Enciclopèdia Catalana, 461-513.

Freixes, A. (1986). El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic. Simpòsium Internacional sobre el Carst en Conglomerats i Gresos (1986). Servei Geològic de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques.

Galobart i Soler, J. (1994). La font Gran de Monistrol de Montserrat. L'Aixernador Edicions, 144 p.

Llopis Lladó N. (1953). Karst holofossile et mérofossile, I Congr. Intern. de Spéléologie, II, 1, 41-50.

Llopis Lladó, N., & Masachs, V. (1943). El problema de los conglomerados del borde meridional de la Depresión del Ebro. Not. y Com. IGME, 11, 68-102.

Llopis Lladó, N., & Thomas Casajuana, J.M. (1953). Estudio hidrogeológico de la vertiente meridional de Montserrat (prov. de Barcelona). Speleon (IV), 3-4, 121-192.

Luque, J., & Julià Brugués, R., (2007). U/Th dating of Quaternary travertines at the middle River Llobregat (NE Iberian Peninsula, Nortwestern Mediterranean). Correlation with sea-level changes. Geologica Acta, 5 (1), 109-118.

Monés, N., Salva, M., & Salvador Franch, F. (2014). Caracterización microclimática de las «Cuevas del Salnitre» (Montserrat, Catalunya). Primeros resultados. Cuevatur. Primer Congreso Iberoamericano y Quinto Congreso Español sobre Cuevas Turísticas. In: Calaforra, J.M. y Durán, J.J (eds.) – Aracena. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas, 205-214.

Mor Benedito, J. (1973). Estudio hidrogeológico de Montserrat. III Simposium d'Espeleologia. Escola catalana d'Espeleologia, 32-52.

Mor, J., & Gargallo, R. (1974) Catàleg Espeleològic de Montserrat (Operació Montserrat -71). Recopilació dels treballs realitzats del 1971 al 1974. Speleon (III), 4, 137-146.

Mor, J., & Gargallo, R. (1974). Bibliografía espeleológica y geológica de Montserrat. Addenda al Catàleg Espeleològc de Montserrat (Operació Montserrat-71). Speleon (III), 4, 138-147.

Morales, J. I., Cebrià, A., Vergès J.M., Bañuls-Cardona, S., Cervelló, J.M., Josep M., Hernando, R., Lombao, D., Marín, J., Marsal, R., Oms, F.X.., Rabuñal, J., Rodríguez-Hidalgo, A., Soto, M., & Rosas, A. (2022). Palaeolithic archaeology in the conglomerate caves of north-eastern Iberia.Antiquity - Cambridge, 96 (387), 710-718.

Queralt i Creus, E., & Riera Vilaró, M. (2000). Els fosfats a les coves del Salnitre (Collbató). Butll. Inst. Cat. Hist. Nat., 68, 15-25.

Roldán Molina, M. (2008). Caracterització de biofilms fototròfics d'ambients hipogeus Tesi presentada a la Facultat de Farmàcia Dept. de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia. Universitat de Barcelona. 294 p.

Roldán, M., García, M.J., Navarro, A.,& Hernández, M. (2006). Recovery of phototrophic biofilms after biocide treatment in the tourist caves 'Salnitre de Collbato' (Barcelona, Spain). The Heritage, Weathering and Conservation (HWC-2006) Conference. Conferencia, 21-24. Madrid.

Soler i Gironès, J. (2017). Fonts de Montserrat i indrets amb aigua. Farell Editors. 112 p.

Tella, J.M. (1985). Estudi hidrogeològic de la zona de Monistrol de Montserrat. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Inèdit.

Termes Anglès, F. (1952). Catálogo espeleológico de los alrededores de Barcelona y catálogo espeleológico del macizo de Montserrat. Speleon (III), 4, 183-190.

Ullastre Martorell, J. (1983). La morfología y el karst de los conglomerados de la Cordillera Prelitoral entre Montserrat y Gallifa (Barcelona). Speleon 26-.27. CEC, 105-123.

Ursul, J.I. (1886). Estudi hidrológic de la muntanya de Montserrat: Obra premiada ab Accessit en lo Certamen obert per la Associació d'Excursions Catalana en 1er. d'agost de 1882, y publicada per acord y expensas de la meteixa. Butlletí AEC VIII,. Impr. dels Successors de N. Ramirez y Companyia, Barcelona. 54 p.

5

La cova de la Font Major: de jaciment arqueològic desnonat a projecte de futur

La cueva de la Font Major: de yacimiento arqueológico desahuciado a proyecto de futuro

The Font Major cave: from an abandoned archaeological site to a project for the future

Josep Maria Vergès Bosch[1,2], Ramon Viñas Vallverdú[1]

1 *Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES-CERCA), Zona Educacional 4, Campus Sescelades (Edifici W3), 43007 Tarragona, Spain*

2 *Universitat Rovira i Virgili, Departament d'Història i Història de l'Art, Avinguda de Catalunya 35, 43002 Tarragona, Spain)*

Resum

La reobertura, l'any 1957, de la boca de la cova de la Font Major i l'extracció de sediments per fer transitable la galeria principal, junt a l'espoli que patí el registre arqueològic fins el 1963 per l'acció de curiosos i aficionats a l'arqueologia, feien pensar que el jaciment arqueològic havia estat destruït gairebé en la seva totalitat.

La inclusió de la cova, l'any 2018, dins d'un projecte de recerca de l'IPHES, i la descoberta el 2019, durant la primera campanya d'intervenció arqueològica, d'un gran santuari d'art rupestre paleolític, han fet que la cova de la Font Major hagi passat a ser un referent en l'estudi de l'art paleolític de la regió mediterrània i un jaciment amb un gran potencial arqueològic.

Resumen

La reapertura, en 1957, de la boca de la Cova de la Font Major y la extracción de sedimentos para hacer transitable la galería principal, junto al expolio que sufrió su patrimonio arqueológico hasta 1963, por parte de curiosos y aficionados a la arqueología, hicieron pensar que el yacimiento arqueológico había sido prácticamente destruido.

La inclusión de la cueva, el año 2018, en un proyecto de investigación del IPHES, y el descubrimiento en 2019, durante la primera campaña de intervención arqueológica, de un gran santuario de arte rupestre paleolítico, han hecho que la Cova de la Font Major haya pasado a ser un referente en el estudio del arte paleolítico de la región mediterránea y un yacimiento con un gran potencial arqueológico.

Abstract

The reopening, in 1957, of the mouth of the Font Major cave and the extraction of sediments to make the main gallery passable, in addition to the plundering of its archaeological heritage until 1963 by curious onlookers and archaeology enthusiasts, led us to believe that the archaeological site had been practically destroyed.

The inclusion of the cave, in 2018, in an IPHES research project, and the discovery in 2019, during the first archaeological campaign, of a great sanctuary of Palaeolithic rock art, have made the Font Major cave a point of reference in the study of Palaeolithic art in the Mediterranean region and a site with high archaeological potential.

Paraules clau: Espluga de Francolí, Cova de la Font Major, Paleolític superior, Neolític, Edat del Bronze, Edat del Ferro, Santuari, Art rupestre.

Palabras clave: Espluga de Francolí, Cueva de la Font Major, Paleolítico superior, Neolítico, Edad del Bronce, Edad del Hierro, Santuario, Arte rupestre.

Key words: Espluga de Francolí, Font Major Cave, Upper Paleolithic, Neolithic, Bronze Age, Iron Age, Sanctuary, Rock Art.

INTRODUCCIÓ

La lectura del treball sobre la cova de la Font Major que Salvador Vilaseca publicà a *Trabajos de Prehistoria* el 1969, amb els resultats de la recerca arqueològica duta a terme a la cavitat, juntament amb la seva filla Lluïsa, entre 1957 i finals de la dècada de 1960, feien pensar que el jaciment estava gairebé exhaurit. Tan sols la Sala del Llac, amb les restes del santuari de l'edat del bronze/ferro, i alguns testimonis, arrapats a paret, del dipòsit sedimentari de la Galeria del Pessebre, amb restes del neolític i l'edat del bronze, havien sobreviscut al buidat descontrolat de la galeria principal realitzat el 1957, i al posterior espoli per part d'aficionats a l'arqueologia, curiosos i buscadors de tresors, que es produí entre l'obertura de la boca i la construcció d'un tancament sòlid, el 1963, que permeté regular l'accés a la cavitat. La conclusió que se'n treia era que la cova de la Font Major era un jaciment arqueològic desnonat, malmès per falta de control i previsió en el moment en que l'ajuntament decidí desenrunar la boca taponada i deixar oberta una cova que s'havia mantingut segellada durant segles. Una gran oportunitat perduda, de la que els Vilaseca tan sols n'havien aconseguit salvar algunes engrunes.

L'adequació de la cova com a contenidor museogràfic, iniciada el 1993, va permetre recuperar l'espai subterrani per a la ciutadania, però no vingué acompanyada d'un projecte de recerca ni a nivell de geologia ni d'arqueologia. De fet, l'escassa informació disponible sobre les ocupacions prehistòriques de la pròpia cavitat feu que, per a la construcció del discurs museogràfic, s'optés per un enfoc generalista basat en l'evolució humana a Europa, bastit a partir de dades procedents principalment d'altres jaciments. No obstant, sense saber-ho, s'havia iniciat el camí cap al ressorgiment de la Font Major com a jaciment arqueològic. Les intervencions arqueològiques preventives relacionades amb les obres d'adequació de nous espais al conjunt museístic, i a les renovacions de la museografia feren canviar la visió que es tenia del grau de conservació del jaciment arqueològic, en especial la de 2011, dirigida per la Marta Fontanals Torroja, encaminada a connectar les coves de la Vila i de la Font Major i evitar així que les visites

INTRODUCCIÓN

La lectura del trabajo sobre la Cova de la Font Major que Salvador Vilaseca publicó en Trabajos de Prehistoria en 1969 (Vilaseca, 1969), con los resultados de la investigación arqueológica llevada a cabo en la cavidad, junto a su hija Lluïsa, entre 1957 y finales de la década de 1960, hacían pensar que el yacimiento estaba prácticamente agotado. Tan solo la Sala del Llac, con los restos del santuario de la Edad del Bronze/Hierro, y algunos testigos, pegados a la pared, del depósito sedimentario de la Galería del Pessebre, con restos del Neolítico y de la Edad del Bronce, habían sobrevivido al vaciado descontrolado de la galería principal realizado el 1957, y al posterior expolio por parte de aficionados a la arqueología, curiosos y buscadores de tesoros, que se produjo entre la apertura de la boca y la construcción de un cierre sólido, en 1963, que permitió regular el acceso a la cavidad. La conclusión que se desprendía era que la Cova de la Font Major era un yacimiento arqueológico desahuciado, echado a perder por falta de control y previsión en el momento en que el ayuntamiento decidió quitar el escombro de la boca taponada y dejar abierta una cueva que se había mantenido sellada durante siglos. Una gran oportunidad perdida, de la que los Vilaseca tan sólo habían conseguido salvar algunos retales.

La adecuación de la cueva como contenedor museográfico, iniciada en 1993, permitió recuperar el espacio subterráneo para la ciudadanía, pero no vino acompañada de un proyecto de investigación ni a nivel de geología ni de arqueología. De hecho, la

haguessin de sortir al carrer i tornar a entrar per completar el recorregut. En aquesta, es constatà que, a la zona de la boca, encara es conservava un dipòsit de gairebé dos metres de potència amb nivells molt interessants del neolític antic, i restes possiblement del paleolític superior. Fou arran dels resultats d'aquesta excavació que es revifà l'interès arqueològic per la cova i, uns anys més tard, el 2018, es va incloure dins del projecte de recerca de l'IPHES «Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieres del Camp de Tarragona». La descoberta, el 30 d'octubre de 2019, durant la primera campanya d'intervenció en el marc d'aquest projecte, d'un gran santuari d'art rupestre paleolític a les Gatoneres de cal Palletes, i els resultats dels treballs de recerca que se n'han derivat han donat un canvi radical a la situació, posant de relleu que el jaciment arqueològic de la cova de la Font Major conserva encara un enorme potencial.

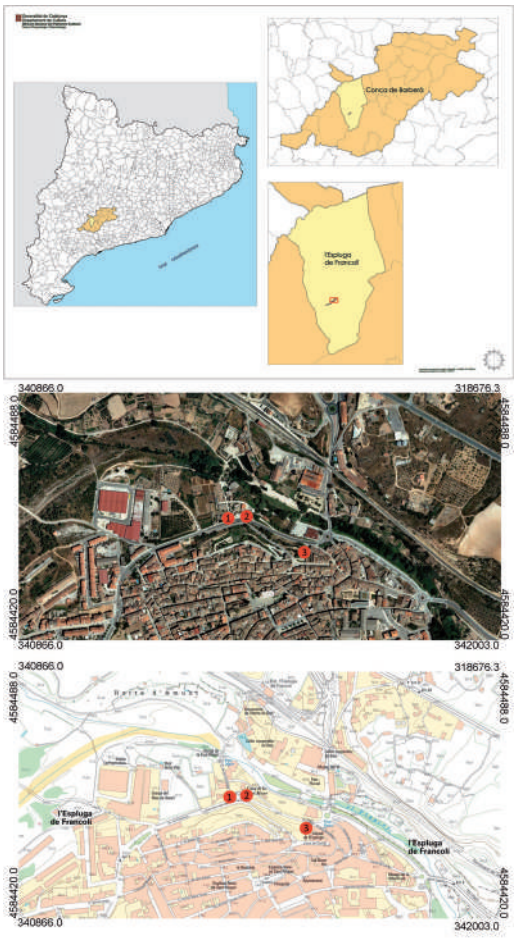


Figura 1. Situació del municipi de l'Espluga de Francolí (dalt), i de les boques naturals d'accés al sistema kàrstic de la Cova de la Font Major, sobre ortoimatge i sobre mapa topogràfic (baix): 1- Cova de la Font Major, 2- Cova de la Vila, 3- Cova del Castell.

Figure 1. Location of the municipality of Espluga de Francolí (above), and of the natural access points to the karstic system of the Cova de la Font Major, on orthoimage and topographic map (below): 1- Cova de la Font Major, 2- Cova de la Vila, 3- Cova del Castell.

SITUACIÓ

La Cova de la Font Major, també coneguda com a Cova de l'Espluga, del Francolí o de les Aigües, es troba situada al nucli urbà de l'Espluga de Francolí, a la comarca de la Conca de Barberà, província de Tarragona (Fig. 1). Junt amb la Cova del Castell (dels Moros, o dels Lladres) i la Cova de la Vila (del Quincall, del Xampany o d'en Minguella), formen el conjunt conegut amb la marca turística de Coves de l'Espluga. Aquestes cavitats es troben a la zona de descàrrega del sistema kàrstic conegut en la bibliografia (Cervelló, 1986; Bosch, 1986; Bosch et al., 1991; Cervelló et al., 1999) com a karst de l'Espluga de Francolí, un sistema kàrstic binari amb aportació al·lòctona, des dels relleus

escasa información disponible sobre las ocupaciones prehistóricas de la propia cavidad hizo que, para la construcción del discurso museográfico, se optara por un enfoque generalista basado en la evolución humana en Europa, construido a partir de datos procedentes principalmente de otros yacimientos. No obstante, sin saberlo, se había iniciado el camino hacia el resurgimiento de la Font Major como yacimiento arqueológico. Las intervenciones arqueológicas preventivas, derivadas de las obras de adecuación de nuevos espacios al conjunto museístico y de las renovaciones de la museografía, hicieron cambiar la visión que se tenía del grado de conservación del yacimiento arqueológico, en especial la de 2011, dirigida por Marta Fontanals Torroja, encaminada a conectar las cuevas de la Vila y de la Font Major, y evitar así que las visitas tuviesen que salir a la calle y volver a entrar para completar el recorrido. En ésta se constató que, en la zona de la boca, todavía se conservaba un depósito sedimentario de unos dos metros de potencia con niveles muy interesantes del Neolítico antiguo, y restos posiblemente del Paleolítico superior. Fue a raíz de los resultados de esta excavación que rebrotó el interés arqueológico por la cueva y, unos años más tarde, en 2018, se incluyó en el proyecto de investigación del IPHES «Evolución paleoambiental y poblamiento prehistórico en las cuencas de los ríos Francolí, Gaià, Siurana y rieras del Camp de Tarragona». El descubrimiento, el 30 de octubre de 2019, durante la primera campaña de intervención en el marco de dicho proyecto, de un gran santuario de arte rupestre paleolítico en las Gatoneres de cal Palletes, y los resultados de los trabajos de

Figura 1. Situación del municipio de la Espluga de Francolí (arriba), y de las bocas naturales de acceso al sistema kárstico de la Cova de la Font Major, sobre ortoimagen y sobre mapa topográfico (abajo): 1- Cova de la Font Major, 2- Cova de la Vila, 3- Cova del Castell.

drenats del massís de Prades, i unes unitats karstificades al seu peu. Si bé la karstificació afecta també als petits afloraments triàsics situats al llarg de la falla de Poblet, on es coneixen petites cavitats, com l'Avenc del Julivert o la Cova dels Assedegats o dels Xaragalls, la karstificació més important es desenvolupa en els conglomerats oligocens, marcadament carbonatats, procedents del gran sistema al·luvial del Montsant, que capten, infiltren i drenen cap a l'Espluga de Francolí les aigües provinents dels diferents torrents que baixen del massís de Prades. Fins la data s'han explorat i topografiat 3590 metres de galeries.

ANTECEDENTS HISTÒRICS

La història de les cavitats que formen el conjunt anomenat Coves de l'Espluga és diversa. Així, mentre la Cova de la Vila i la Cova del Castell són conegudes d'antic, pel fet d'haver mantingut la connexió amb l'exterior (el terme *Spelunca*, del que prové el nom de la vila, apareix esmentat en documents del segle XI), la Cova de la Font Major quedà segellada, probablement en època romana, i no fou redescoberta fins el 1853 (Carreras, 2004).

La Cova del Castell

Coneguda popularment i en la bibliografia espeleològica com a Cova dels Moros (el nom de Cova del Castell el va rebre arran de la seva incorporació, el 1997, als espais de la cova-museu de la Font Major), no se li coneix cap ús previ, si exceptuem el de refugi antiaeri durant la guerra civil de 1936-1939. Si més no, l'1 de gener de 1939, durant el bombardeig de l'aviació franquista sobre l'Espluga de Francolí, va servir de refugi als habitants de les cases de l'entorn. Actualment s'utilitza per a la realització de tallers de prehistòria per als grups escolars que visiten les Coves de l'Espluga.

La Cova de la Vila

La Cova de la Vila fou ocupada durant la prehistòria, com a mínim des del paleolític superior fins l'edat del bronze i, de ben segur, tot i que manquen evidències materials d'aquests períodes, fou utilitzada o visitada al llarg de la protohistòria i l'època clàssica.

Posteriorment, durant l'edat mitjana, segons la datació realitzada en base a la tipologia constructiva dels murs (Carreras, 2000), es realitzà el tancament d'ambdues boques. Desconeixem quina activitat s'hi portaria a terme perquè no disposem de documentació al respecte, i l'única resta medieval localitzada a l'interior ha estat una sivella, recuperada durant les excavacions arqueològiques realitzades per Margarida Genera Monells el 1998 (Genera, 1998).

Durant la dècada de 1920, i fins 1936, la cova

investigación que se han derivado, han dado un vuelco radical a la situación, poniendo de manifiesto que el yacimiento arqueológico de la Cova de la Font Major conserva aún un enorme potencial.

SITUACIÓN

La Cova de la Font Major, también conocida como Cova de la Espluga, del Francolí o de les Aigües, se localiza en el núcleo urbano de la Espluga de Francolí, en la comarca de la Conca de Barberà, provincia de Tarragona (Fig. 1). Junto con la Cova del Castell (dels Moros, o dels Lladres) y la Cova de la Vila (del Quincall, del Xampany o d'en Minguella), forman el conjunto conocido con la marca turística Coves de l'Espluga. Estas cavidades se sitúan en la zona de descarga del sistema kárstico conocido en la bibliografía (Cervelló, 1986; Bosch, 1986; Bosch et al., 1991; Cervelló et al., 1999) como karst de la Espluga de Francolí, del que se han explorado y topografiado hasta la fecha 3590 metros de galerías. Se trata de un sistema kárstico binario con aportes alóctonos, desde los relieves drenados del macizo de Prades, y unas unidades karstificadas a sus pies. Si bien la karstificación afecta también a los pequeños afloramientos triásicos situados a lo largo de la falla de Poblet, donde se conocen pequeñas cavidades, como l'Avenc del Julivert o la Cova dels Assedegats o dels Xaragalls, la karstificación más importante se desarrolla en los conglomerados oligocenos, marcadamente carbonatados, procedentes del gran sistema aluvial del Montsant, que captan, infiltran y drenan hacia la Espluga de Francolí las aguas procedentes de los diferente torrentes que bajan del

fou utilitzada com a cava per a la producció del «Xampany Francolí», marca creada el 1921. Probablement fou durant aquesta fase que es portà a terme l'ampliació, mitjançant voladures, de la zona del colze de la galeria. Si més no, aquesta modificació de la cova ja apareix a les fotografies de la publicitat de la marca de la dècada de 1920 (Fig. 2).

El 1938, amb l'establiment del front als rius Segre i Ebre, l'exèrcit republicà la utilitzà com a polvorí. El dia 8 de gener de 1939, davant l'avenç de les tropes franquistes, i per tal que no caigués en mans de l'enemic, la munició que guardava es tragué a l'exterior, a la llera del riu, i es volà. L'ona expansiva de l'explosió va causar destrosses a algunes cases dels voltants, però sembla ser que no va afectar a la cavitat.

Després de la guerra civil, la cova va tornar a ser utilitzada per a finalitats industrials, en aquest cas per al cultiu de xampinyons, comercialitzats en fresc i en conserva amb el nom de *Champignons de Paris «Champi»*. Un cop finalitzada aquesta activitat, i després d'uns anys d'abandó, la cova fou rehabilitada l'any 1999 per entrar a formar part dels espais visitables de les Coves de l'Espluga, la denominació turística de la cavitat.

La Cova de la Font Major

La primera referència escrita a la Cova de la Font Major la trobem al llibre d'actes

Figura 2. Publicitat del «Xampany Francolí» de la dècada de 1920 (esquerra). Vista del dipòsit de botelles a l'interior de la cova de la Vila; imatge extreta d'un tríptic publicitari de la dècada de 1920 (dalt a la dreta). Cultiu de xampinyons a la cova de la Vila durant la post-guerra (baix a la dreta).

Figure 2. Advertising for the «Xampany Francolí» from the 1920s (left). View of the bottle deposit inside the Vila cave; image taken from an advertising triptych from the 1920s (top right). Mushroom cultivation in the Vila cave during the post-war period (bottom right).

municipals de l'Espluga de Francolí, amb data de 21 d'abril de 1853. S'hi descriu l'entrada i exploració de la cavitat realitzada per un grup format per l'alcalde, Joan Guasch, el tinent d'alcalde, Antoni Borràs, el secretari, Francesc Torres, els hisendats Francesc Hernández i Francesc Güell, els paletes Antoni Andreu, pare, i Antoni Andreu, fill, i els mestres d'obres, i encarregats de les obres que s'estaven realitzant a la Font Baixa, també pare i fill, Salvador Andreu i Salvador Andreu. L'accés a la cova es va realitzar a través del Pou de cal Palletes, al que, en el relat, s'hi fa referència com un pou ja construït, el que fa pensar que l'existència de la cavitat ja era coneguda d'abans, almenys pels propietaris de la casa. Durant aquest primera expedició van explorar bàsicament la part no inundada i un tram del riu subterrani.

macizo de Prades.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La historia de las cavidades que forman el conjunto denominado Coves de l'Espluga es diversa. Así, mientras la Cova de la Vila y la Cova del Castell son conocidas de antiguo, por el hecho de haber mantenido conexión con el exterior (el vocablo *Spelunca*, del que procede el nombre de la villa, aparece en documentos del siglo XI), la Cova de la Font Major quedó sellada, probablemente en época romana, y no fue redescubierta hasta el 1853 (Carreras, 2004).

La Cova del Castell

Conocida popularmente y en la bibliografía espeleológica como Cova dels Moros (el nombre de Cova del Castell lo recibió a raíz de su incorporación, en 1997, a los espacios de la cueva-museo de la Font Major), no se le conoce ningún uso previo, si exceptuamos el de refugio antiaéreo durante la guerra civil de 1936-1939. Por lo menos en una ocasión, el 1 de enero de 1939, durante el bombardeo de la aviación franquista sobre la Espluga de Francolí, sirvió de refugio a los habitantes de las casas vecinas. Actualmente se usa para la realización de talleres de prehistoria para los grupos escolares que visitan las Coves de l'Espluga.

Figura 2. Publicidad del «Xampany Francolí» de la década de 1920 (izquierda). Vista del depósito de botellas en el interior de la Cova de la Vila; imagen extraída de un tríptico publicitario de la década de 1920 (arriba a la derecha). Cultivo de champiñones en la Cova de la Vila durante la postguerra (abajo a la derecha).

Figura 3. Abril de 1957. Un grup de la Societat d'Exploracions Submarines (SES) supera per primer cop el sifó de la sala del pou de la Biela.

Figure 3. April 1957. A group from the Societat d'Exploracions Submarines (SES) overcomes for the first time the siphon of the Biela well room.

El 26 d'octubre del mateix any s'organitzà una nova expedició, amb la intenció d'explorar el riu subterrani. Aquest cop l'equip estava format per l'alcalde, Joan Guasch, el tinent d'alcalde, Antoni Borràs, el secretari, Joan Oromí, els metges cirurgians Marià Pérez i Josep Borràs, el notari de Montblanc Carles Monjar, el mestre d'instrucció primària Josep Tordo Albeytar, el paleta Antoni Andreu, l'aprenent de barber Maties Fabregat, i els pagesos Josep Balsells, Josep Casares i Miquel Pere. En aquesta ocasió es remuntà el riu i s'arribà fins una «gran cova» amb blocs caiguts del sostre, on el riu brollava d'un forat. Era la sala on uns anys després, el 1885, l'Ajuntament excavaria l'anomenat Pou de la Biela, que acabaria donant-li nom.

L'inici de l'exploració espeleològica moderna

El 28 d'agost de 1956, poc més d'un segle després de la primera exploració realitzada pel consistori municipal, un equip format per Josep Castell Sabater, Miguel Fernández, Salvador Lladó, Antoni Mesalles i Salvador Pallarés, del Centre Excursionista Pirinenc, juntament amb alguns espluguins, entre ells Josep Farré Gual, promotor de la iniciativa, explorà, a més de les parts ja conegudes, les que avui anomenem Diàclasi del Riu i Galeria del Pessebre fins «debajo de la carretera, siendo oídas perfectamente las pisadas de los animales de tiro». El 29 de setembre i el 8 i 9 de desembre es repetiren les visites, per tal de continuar explorant i aixecar una topografia de la cavitat. Amb l'ajut d'aquesta i de la informació recollida es localitzà una antiga boca segellada per sediments, que fou desobstruïda el 17 de gener de 1957 per una brigada de l'ajuntament.

A partir d'aquella data, i un cop publicada la topografia de Josep Castell, les exploracions es van centrar a l'entorn del sifó de la Sala del Pou de la Biela. El mateix 1957, Antoni Ballester, de l'Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE-CEC.) realitzà una primera immersió amb escafandre autònom, intentant superar el sifó sense aconseguir-ho. Poc després, l'abril de 1957, un grup

Figura 3. Abril de 1957. Un grupo de la Societat d'Exploracions Submarines (SES) supera por primera vez el sifón de la sala del pozo de la Biela.

La Cova de la Vila

La Cova de la Vila fue ocupada durante la prehistoria, como mínimo desde el Paleolítico Superior hasta la Edad del Bronce y, con toda probabilidad, aun faltando evidencias materiales de estos periodos, fue utilizada o visitada a lo largo de la protohistoria y la época clásica.

Posteriormente, durante la Edad Media, según la datación realizada en base a la tipología constructiva de los muros (Carreras, 2000), se realizó el cierre de ambas bocas. Desconocemos que actividad se llevaría a cabo en ella, ya que no disponemos de documentación, y el único resto de época medieval localizado en su interior ha sido una hebilla, recuperada durante las excavaciones arqueológicas realizadas por Margarida Genera Monells en 1998 (Genera, 1998).

Durante la década de 1920, y hasta1936, la cueva fue utilizada como bodega para la producción del «Xampany Francolí», marca creada en 1921. Probablemente fue durante esta fase cuando se llevó a cabo la ampliación, mediante voladuras, de la zona del codo de la galería. Como mínimo esta modificación de la cueva ya aparece en las fotografías de la bodega que aparecen en la publicidad de la marca de la década de 1920 (Fig. 2).

El 1938, con el establecimiento del frente en los ríos Segre y Ebro, el ejército republicano la utilizó como polvorín. El día 8 de enero de 1939, ante el avance de las tropas franquistas, y para evitar que ésta cayera en manos del enemigo, la munición que guardaba se sacó al exterior, al cauce del río, y se

de la Societat d'Exploracions Submarines (SES), encapçalat per Pep Darder, tornà a intentar-ho, aquest cop amb èxit. El primer en aconseguir-ho fou Diego Ciuraneta Franch, a qui seguí el metge Joan Domènech Miró, president de la SES. Exploraren uns 50 metres de galeria després del sifó (Fig. 3). El 21 de gener de 1962 el sifó fou superat de nou per un bussejador del Grup Espeleològic de Badalona, que va recórrer també uns 50 metres de galeria inundada però es va fer enrere per l'enterboliment de l'aigua. El 18 de juliol de 1965, Josep Subil i Esteve Petit, de l'ERE del CEC, tornaren a passar. Aquest cop però van recórrer 300 metres de galeries, fins una ampla sala de sostre baix. Aconseguit en diferents ocasions el repte de superar el sifó, l'interès entre els espeleòlegs decaigué. Si més no, tan sols coneixem una nova expedició, de caire oportunista, realitzada l'estiu de 1967, pels senyors Batet, Prats i Joan Calbet Fonoll, membres de la junta del Casal de l'Espluga, aprofitant que el sifó quedà sec durant unes proves de bombeig realitzades pel Casal i l'Ajuntament, encaminades a conèixer la capacitat hídrica de la cova. En aquesta ocasió recorregueren uns 138 metres de galeries, fins un llac d'una profunditat superior al metre. L'expedició se suspengué perquè, sense l'acció de les bombes, el nivell de l'aigua del sifó anava pujant, i hi havia el perill de no poder tornar enrere.

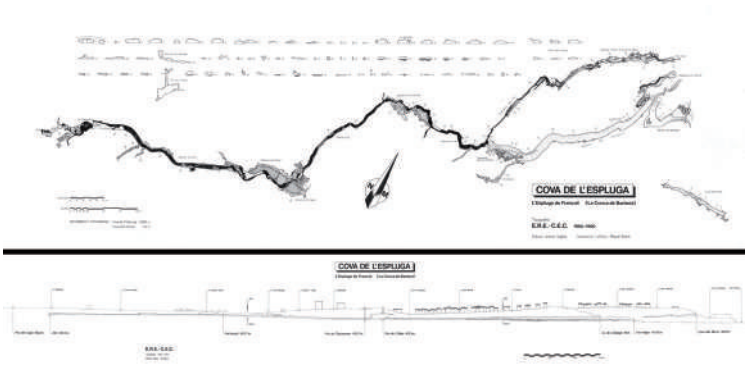


Figura 4. Planta i secció de la cova de la Font Major realitzades per l'Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE-CEC.) entre 1985 i 1990.

Figure 4. Plan and section of the Font Major cave made by the Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE-CEC.), between 1985 and 1990.

No fou fins el mes d'abril de 1985, divuit anys més tard, que un equip format per membres de l'ERE del CEC reinicià els treballs en profunditat a la cova, ajudats pel Casal de l'Espluga i l'Ajuntament. Entre els membres de l'equip hi havia Miquel Bosch i Antoni Anglès, com a topògrafs, Josep Maria Cervelló, geòleg, i Martí Romero com a coordinador, i altres entre els que destaquen Montserrat Ubach i Toni Nubiola, com a fotògraf, Toni Amenós i Valentí Zapater. S'explorà i tornà a topografiar de forma exhaustiva el tram comprès entre les boques i el primer sifó, realitzant-hi noves descobertes.

El 14 de setembre de 1985, aprofitant un període de sequera i amb l'ajut de bombes d'extracció d'aigua per baixar el nivell a la zona del sifó, diversos membres de l'equip superaren el primer sifó i iniciaren els treballs en el tram post-sifó. Això es repetí dos cops

voló. La onda expansiva ocasionó daños en algunas casas de los alrededores, pero parece ser que no afectó a la cavidad.

Después de la guerra civil, la cueva volvió a ser utilizada con fines industriales, en este caso para el cultivo de champiñones, comercializados en fresco y en conserva bajo el nombre de *Champignons de Paris «Champi»*. Una vez finalizada esta actividad, y tras unos años de abandono, la cueva fue rehabilitada el año 1999 para entrar a formar parte de los espacios visitables de las Coves de l'Espluga, la denominación turística de la cavidad.

La Cova de la Font Major

La primera referencia escrita a la Cova de la Font Major la encontramos en el libro de actas municipales de la Espluga de Francolí, con fecha 21 de abril de 1853. En éste se describe la entrada y exploración de la cavidad realizada por un grupo formado por el alcalde, Joan Guasch, el teniente de alcalde, Antoni Borràs, el secretario, Francesc Torres, los hacendados Francesc Hernández y Francesc Güell, los albañiles Antoni Andreu, padre, y Antoni Andreu, hijo, y los maestros de obra, y encargados de las obras que se estaban realizando en la Font Baixa, también padre e hijo, Salvador Andreu y Salvador Andreu. La entrada a la cueva se realizó a través del pozo de Cal Palletes, al que, en el relato, se hace referencia como un pozo ya construido, lo que hace pensar que la existencia de la cavidad ya era conocida con anterioridad, como mínimo por parte de los propietarios de la

Figura 4. Planta y sección de la Cova de la Font Major realizadas por el Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE-CEC.), entre 1985 y 1990.

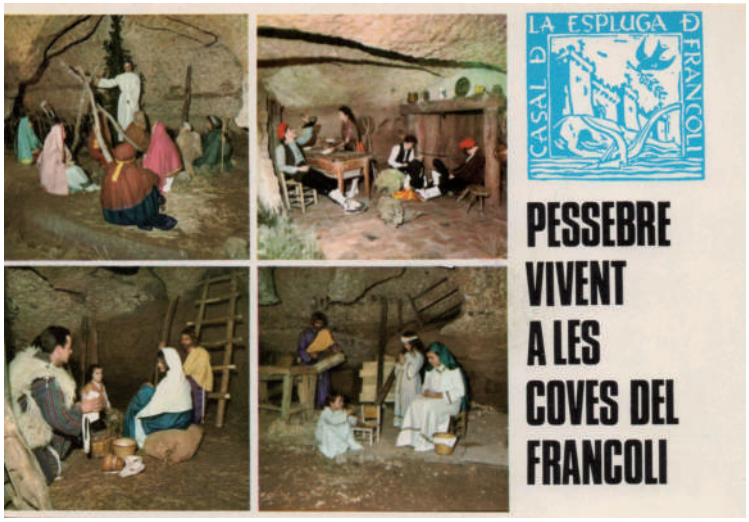


Figura 5. Postal de l'Agrupació Pessebrista de l'Espluga de Francolí, 1968.

Figure 5. Postcard of the Agrupació Pessebrista de l'Espluga de Francolí, 1968.

més, el que va permetre explorar, documentar i topografiar més d'un quilòmetre de galeries, fins un nou sifó, que no fou possible superar. A finals de 1985 s'havien explorat 2.700 metres de cova, el que gairebé triplicava el recorregut conegut abans de l'inici d'aquests treballs, el mes d'abril.

Entre els anys 1986 i 1990 l'ERE es dedicà a acabar l'estudi hidrogeològic del sistema càrstic de la Font Major, i amb aquesta finalitat es van explorar totes les cavitats situades a la zona d'absorció del sistema: cova dels Xaragalls, avenc del Julivert, avenc de la Miganya i la cova de la Mata o dels Bassots.

Les condicions climatològiques de l'estiu de 1990 portaren a organitzar una nova campanya de l'ERE, i així el 26 d'agost es realitzà l'enllaç entre les diàclasis del riu i les galeries de la Font Major, surgència del sistema. A partir del 6 de setembre, les exploracions en aquest sector, on es topografiaren més de 500 metres de galeries (Fig. 4), es van combinar amb exploracions darrere el primer sifó i diversos intents infructuosos per superar el segon.

Finalitzats els treballs de l'ERE la recerca espeleològica a la cavitat s'aturà, donant pas a un període en que les entrades a la part profunda de la cavitat foren bàsicament de caire esportiu i lúdic.

La museïtzació de la cova

Tot i que la obertura de la cova i el buidat de la galeria principal realitzats el 1957 es feren, en teoria, per aprofitar la cavitat amb finalitats industrials, el cert és que no se li va donar cap ús fins el 1967, en que s'il·luminà la cova fins a la Sala del Llac, excavant una rasa per facilitar-hi el pas, i s'obrí al públic amb una escenificació del Pessebre Vivent que ocupà uns 200 metres de la galeria principal que, com a conseqüència, passa a anomenar-se del Pessebre. Les representacions del Pessebre Vivent s'hi portaren a terme entre 1967 i 1977 (Fig. 5). Un ús puntual, limitat a

Figura 5. Postal de la Agrupació Pessebrista de l'Espluga de Francolí, 1968.

casa. Durante esta primera expedición exploraron básicamente la zona no inundada y un tramo del río subterráneo.

El 26 de octubre del mismo año se organizó una nueva expedición con la intención de explorar el río subterráneo. En esta ocasión el equipo estaba compuesto por el alcalde, Joan Guasch, el teniente de alcalde, Antoni Borràs, el secretario, Joan Oromí, los cirujanos Marià Pérez y Josep Borràs, el notario de Montblanc Carles Monjar, el maestro de instrucción primaria Josep Tordo Albeytar, el albañil Antoni Andreu, el aprendiz de barbero Maties Fabregat, y los agricultores Josep Balsells, Josep Casares y Miquel Pere. En esta ocasión se remontó el río y se llegó hasta una «gran cueva» con bloques caídos del techo, donde el río brotaba de un agujero. Era la sala donde unos años más tarde, en 1885, el ayuntamiento de la villa excavaría el llamado Pozo de la Biela, que acabaría dándole nombre.

El inicio de la exploración espeleológica moderna

El 28 de agosto de 1956, poco más de un siglo después de la primera exploración realizada por el consistorio municipal, un equipo formado por Josep Castell Sabater, Miguel Fernández, Salvador Lladó, Antoni Mesalles y Salvador Pallarés, del Centre Excursionista Pirinenc, junto a algunos vecinos, entre ellos Josep Farré Gual, promotor de la iniciativa, exploraron, además de la partes ya conocidas, la que hoy denominamos Diàclasi del Riu y la Galeria del Pessebre hasta «debajo de la carretera, siendo

uns pocs dies de les festes de Nadal, i efímer, que donà pas a un nou període d'abandó.

No fou fins l'any 1993, en un intent de recuperar la cova per la ciutadania i convertir-la en un actiu turístic de la vila, que es va museïtzar i obrir al públic, optant per un discurs museogràfic centrat en la prehistòria i l'evolució humana. El projecte tirà endavant amb el suport de l'Ajuntament, la Diputació de Tarragona i els Servei Territorial d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya. L'idea d'aquest projecte i la seva realització fou obra d'un equip del Centre d'Estudis Locals de l'Espluga de Francolí, format per Ramon Rosich Trullols com a dissenyador, Ramon Guasch Montserrat com a fotògraf, Ramon Vidal Rull en la reconstrucció de peces, Valentí Martí Canudas i Josep Maria Sendra Orpinell en el suport tècnic, Jordi Roca Armengol i Filo Farré Anguera com a assessors lingüístics i pedagògics, i Antoni Carreras Casanovas en la creació del guió museogràfic i direcció del projecte.

També a partir de 1993, en paral·lel a la museïtzació de la cova, s'inicià l'anomenada «ruta d'aventura», un recorregut realitzat en grup que, passant per les Gatoneres de cal Palletes i remuntant el riu subterrani, arribava a la Sala del Pou de la Biela. En un primer moment de forma informal, i amb un equipament molt bàsic. Més tard, i ja equipats amb vestits de neoprè, formant part de l'oferta turística de les Coves de l'Espluga. Els primers anys la visita la realitzà l'empresa Guies de la Conca, i a partir de 2002 se'n feu càrrec Drac Actiu.

L'any 2000, amb l'ajut dels Fons Europeus, i aportacions de la Diputació de Tarragona i de l'Ajuntament, s'habilità la Cova de la Vila per incloure-la dins l'espai museïtzat.

Posteriorment, l'any 2012, es renova completament la proposta museogràfica de la cavitat, fent-la més experiencial mitjançant la incorporació de diferents audiovisuals on es recreen escenes quotidianes de diferents períodes de la prehistòria i la protohistòria. Aquesta remodelació va ser finançada a través de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura i l'Ajuntament de l'Espluga.

INTERVENCIONS ARQUEOLÒGIQUES

La intervenció de Salvador i Lluïsa Vilaseca

El dia 5 de febrer de 1957 el metge espluguí Joan Farré Gual comunicà al seu col·lega de professió Salvador Vilaseca, en aquells moments *Comisario Provincial de Excavaciones*, la notícia de l'obertura de la boca de la Cova de la Font Major, realitzada uns dies abans, el 17 de gener, i de l'aparició

oídas perfectamente las pisadas de los animales de tiro». El 29 de septiembre y el 8 y 9 de diciembre se repitieron las visitas, con el objetivo de continuar explorando y levantando la topografía de la cavidad. Con la ayuda de ésta y de la información recogida se localizó una antigua boca sellada por sedimentos, que fue desobstruida el 17 de enero de 1957 por una brigada del ayuntamiento.

A partir de esa fecha, y una vez publicada la topografía de Josep Castell, las exploraciones giraron en torno al sifón de la Sala del Pou de la Biela. El mismo 1957, Antoni Ballester, del Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE-CEC) realizó una primera inmersión con escafandra autónoma, intentando superar el sifón sin conseguirlo. Poco después, en abril de 1957, un grupo de la Societat d'Exploracions Submarines (SES), encabezado por Pep Darder, volvió a intentarlo, esta vez con éxito. El primero en conseguirlo fue Diego Ciuraneta Franch, seguido del médico Joan Domènech Miró, presidente de la SES. Exploraron unos 50 metros de galería después del sifón (Fig. 3). El 21 de enero de 1962 el sifón fue de nuevo superado por un buceador del Grup Espeleològic de Badalona, quién tras recorrer también unos 50 metros de galería inundada retrocedió a causa del enturbiamiento del agua. El 18 de julio de 1965, Josep Subil y Esteve Petit, del ERE del CEC, volvieron a pasar, consiguiendo esta vez recorrer 300 metres de galerías, hasta una amplia sala de techo bajo. Conseguido en distintas ocasiones el reto de superar el sifón, el interés entre los espeleólogos decayó. De hecho, tan sólo

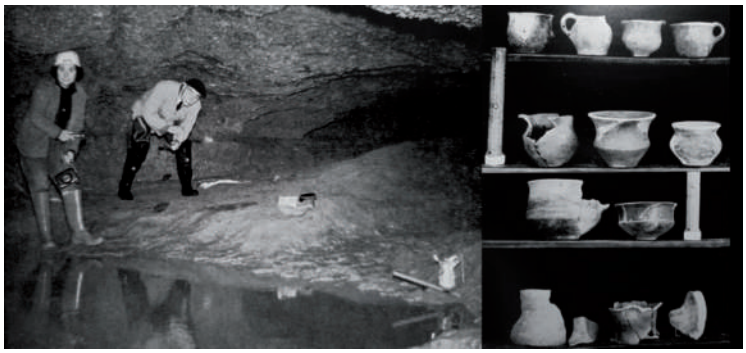


Figura 6. Salvador i Lluïsa Vilaseca durant una de les seves intervencions a la Sala del Llac, la que ells anomenaven Sala P (esquerra), i alguns dels recipients ceràmics que hi recuperaren (dreta).

Figure 6. Salvador and Lluïsa Vilaseca during one of their interventions in the Sala del Llac, which they called Sala P (left), and some of the ceramic vessels they recovered (right).

de restes arqueològiques a l'interior de la cavitat. Vilaseca feu arribar la nova a Lluís Pericot García, *Delegado de Zona de Excavaciones Arqueológicas*, qui visità la cova l'11 de maig de 1957, acompanyat del mateix Vilaseca, de Lluís Carulla Canals, de Josep Rendé Sabaté, alcalde de l'Espluga de Francolí, i d'alguns regidors. Durant la visita, pogueren constatar que una gran part del jaciment arqueològic, principalment el situat al tram inicial de la galeria principal, batejada posteriorment com a Galeria del Pessebre, per l'ús que se li donà entre 1967 i 1977, havia estat destruït.

Arran de la visita, i vist que quedaven restes del dipòsit arqueològic adherides a les parets i una part important de la cova per explorar, Pericot autoritzà a Vilaseca la realització d'excavacions arqueològiques i, probablement, recomanà a les autoritats locals prendre mesures per protegir el que quedava de jaciment. Amb aquest objectiu, poques setmanes més tard, el juny de 1957, es construí un mur de pedra en sec a la boca per impedir-ne l'accés. No obstant, sembla ser que l'esmentat mur no va trigar gaire a ser derruït, i que no es portà a terme la seva reconstrucció. Amb res que barrés el pas a l'interior, l'espoli del registre arqueològic per part de curiosos, buscadors de tresors i aficionats a l'arqueologia continuà fins el 1963, data en que, finalment, es realitzà un tancament sòlid.

En un primer moment Salvador Vilaseca recollí materials d'entre els sediments extrets de la cova i abocats a la llera del riu Francolí, en recuperà alguns en possessió d'obrers que havien participat en els treballs de buidat, i documentà i excavà els testimonis del rebliment que havien quedat en contacte amb les parets de la cova. Posteriorment, i fins 1964, com a mínim, hi realitzà, juntament amb la seva filla Lluïsa Vilaseca, excavacions, i exploracions vers l'interior, principalment a l'entorn de la Sala del Llac (Fig. 6).

Els resultats dels seus treballs es poden consultar en dos articles que va publicar sobre el jaciment: un a la revista Empúries (Vilaseca, 1959), centrat en un conjunt d'objectes de bronze localitzats a la zona de la Mamella, i l'altra, força més extens, a Trabajos de Prehistoria (Vilaseca, 1969). En ambdues publicacions incideix en la destrucció patida pel jaciment el 1957. En

Figura 6. Salvador y Lluïsa Vilaseca durante una de sus intervenciones en la Sala del Llac, la que ellos denominaban Sala P (izquierda), y algunos de los recipientes cerámicos que recuperaron (derecha).

conocemos una expedición posterior, de carácter oportunista, realizada el verano de 1967, por los señores Batet, Prats y Joan Calbet Fonoll, miembros de la junta del Casal de l'Espluga, aprovechando que el sifón había quedado seco durante unas pruebas de bombeo realizadas por el Casal y el Ayuntamiento, encaminadas a evaluar la capacidad hídrica de la cueva. En esta ocasión recorrieron unos 138 metros de galerías, hasta un lago de una profundidad superior al metro. La expedición se suspendió porqué, sin la acción de las bombas, el nivel del agua del sifón iba subiendo, y se corría el peligro de no poder volver atrás.

No fue hasta el mes de abril de 1985, dieciocho años más tarde, que un equipo formado por miembros del ERE del CEC reinició los trabajos en la cueva, ayudados por el Casal de l'Espluga y el Ayuntamiento. Entre los miembros del equipo figuraban Miquel Bosch y Antoni Anglès, como topógrafos, Josep Maria Cervelló, geólogo, y Martí Romero como coordinador, y otros entre los que destacan Montserrat Ubach y Toni Nubiola, como fotógrafo, Toni Amenós y Valentí Zapater. Se exploró y volvió a topografiar de forma exhaustiva el tramo comprendido entre las bocas y el primer sifón, realizando nuevos descubrimientos.

El 14 de septiembre de 1985, aprovechando un período de sequía y con la ayuda de bombas de extracción de agua para bajar el nivel de la zona del sifón, diversos miembros del equipo superaron el primer sifón e iniciaron los trabajos en el tramo post-sifón. Esto se repitió en dos ocasiones, lo que

l'article de 1959 comenta que «el aspecto actual de la cueva no corresponde tampoco al que tenía al ser redescubierta, pues, con el momentáneo propósito de dedicarla a fines Industriales, fue vaciada en gran parte, dándosele la altura actual, la cual permitió, por un tiempo, el acceso a la misma de carros, camiones y tractores.». I en el de 1969 situa cronològicament els treballs de buidat de la cavitat i els efectes sobre el jaciment que aquest provocaren, «La mayor destrucción del yacimiento arqueológico que existía cerca de la entrada se llevó a cabo al ser vaciada casi enteramente la cavidad con aquel primer propósito, en el primer trimestre de 1957. Una brigada de obreros trabajó durante semanas empleando tractores, camiones y otros potentes medios de vaciamiento y desescombro y, en consecuencia, de destrucción».

Les intervencions vinculades a la museïtzació

Finalitzades les intervencions dels Vilaseca la recerca arqueològica a la cova s'aturà durant gairebé trenta anys, fins que els moviments de terra previstos en el marc del naixent projecte museístic motivaren intervencions arqueològiques d'urgència, el que actualment anomenem intervencions preventives.

Entre el 8 de març i el 2 d'abril de 1993 es realitzà una intervenció arqueològica sota la direcció de Lourdes Burés Vilaseca, de l'empresa CODEX SCCL-Arqueologia i Patrimoni (Burés, 1993). Aquesta Intervenció vingué motivada per la intenció de l'ajuntament de l'Espluga de Francolí de rebaixar el dipòsit sedimentari des de gairebé l'entrada de la cova fins la sala del Llac, per aconseguir més distància entre el sostre i el nivell de circulació, facilitar l'accés a la zona del riu subterrani, i ampliar així la zona visitable. L'objectiu inicial de la intervenció era realitzar el seguiment de l'extracció de sediments per tal d'evitar que els treballs afectessin nivells o materials d'interès arqueològic.

El dia 1 de març de 1993 es realitzà una prova per tal d'avaluar el funcionament de la màquina excavadora i la seva mobilitat en l'interior de la cova. L'escassa ventilació de les galeries interiors i les seves reduïdes dimensions provocaren una elevada concentració de gasos procedents de la combustió del motor de la retro-excavadora, generant una atmosfera irrespirable. Davant del perill d'asfíxia i intoxicació s'abandonà el projecte d'extracció de sediments per mitjans mecànics. De fet, com que la realització del projecte amb mitjans manuals, que era l'altra alternativa, es considerà inviable, es van paralitzar les obres a l'espera de trobar una solució.

Mentre, es va decidir realitzar una sèrie de cales al llarg del recorregut per tal d'avaluar

permitió explorar, documentar y topografiar más de un kilómetro de galerías, hasta un segundo sifón, que no fue posible superar. A finales de 1985 se habían explorado 2.700 metros de cueva, lo que prácticamente triplicaba el recorrido conocido antes de iniciar estos trabajos, el mes de abril.

Entre los años 1986 y 1990 el ERE se dedicó a terminar el estudio hidrogeológico del sistema kárstico de la Font Major, y con este objetivo se exploraron todas las cavidades situadas en la zona de absorción del sistema: Cova dels Xaragalls, Avenc del Julivert, Avenc de la Miganya y la Cova de la Mata o dels Bassots.

Las condiciones climatológicas del verano de 1990 llevaron a organizar una nueva campaña del ERE, y así, el 26 de agosto se realizó el enlace entre la diaclasa del río y las galerías de la Font Major, surgencia del sistema. A partir del 6 de septiembre, las exploraciones en este sector, donde se topografiaron más de 500 metros de galerías (Fig. 4), se combinaron con exploraciones más allá del primer sifón e intentos infructuosos de superar el segundo.

Finalizados los trabajos del ERE la investigación espeleológica en la cueva se detuvo, dando paso a un periodo en el que las entradas a la parte profunda de la cavidad fueron básicamente de carácter deportivo y lúdico.

La museización de la cueva

Pese a que la reapertura de la cueva y el vaciado

la repercussió d'un condicionament de tal magnitud, i l'afectació que tindria sobre nivells o materials d'interès arqueològic.

Així doncs es realitzaren dues cales, a 130 i 160 metres de la boca, respectivament, a uns 230 m s'aprofità una rasa ja existent per descriure l'estratigrafía, i en un lloc sense especificar situat entre el final de la Galeria del Pessebre i la Sala del Llac, amb presència de nivells de cendres intercalats amb llims, es realitzà un sondeig de 1,5 x 1 metre. En cap d'aquests punts es localitzaren restes arqueològiques.

Poc després, durant les obres de construcció d'un petit estany artificial a l'interior de la cavitat, a uns 200 metres de la boca, realitzades en el marc de la museïtzació de la cova, aquest cop sense control arqueològic, aparegueren restes de fauna pertanyents a les espècies *Dicerorhinus mercki*, *Equus caballus*, *Crocuta spelea* i *Cervus elaphus*. Aquesta associació faunística s'atribuí cronològicament al Plistocè mitjà o inicis del Plistocè superior (Genera 1995).

Arran d'aquesta troballa, Margarida Genera Monells visità la cova l'11 d'octubre de 1993 per documentar el context estratigràfic i sedimentari de la descoberta, i valorar les accions a emprendre. Durant la visita recollí fragments d'ossos llargs i de banya de *Cervus* sp., i fragments de quars, que interpretà com una possible aportació antròpica. En aquell moment no s'hi portà a terme cap altra intervenció.

Quatre anys més tard, entre el 25 de setembre i l'1 de novembre de 1997, la mateixa Margarida Genera realitzà una intervenció arqueològica per tal de «procedir a l'extracció d'una sèrie de mostres en la cavitat principal, per tal de reunir suficients dades que ens permetessin elaborar un projecte d'investigació més ampli en aquest jaciment, sobretot pel que fa a l'estudi cronoestratigràfic» (Genera, 1997).

En la memòria s'esmenten les característiques i el contingut arqueo-paleontològic de quatre punts de mostreig: P1 i P10, a l'entrada de la cavitat, i P22 i P29, a la sala 2.

P1. Bretxa amb còdols calcaris que conté ceràmica, sílex, restes de carbó, fragments de gasteròpodes i abundants restes òssies de Lagomorfa, algunes d'elles de color negre.

P10. Argiles ben laminades amb restes òssies de peixos.

P22. Sorres fines amb laminació paral·lela. S'hi ha localitzat un petit fragment d'os indeterminat.

P29. Sorres fines amb laminació paral·lela. Abundants restes de quiròpters.

Entre els dies 16 i 19 de novembre i el 29 de desembre de 1998 Margarida Genera hi portà a terme una nova intervenció, aquest cop a la Cova de la Vila (Genera, 1998), on obrí dues cales, cales 1 i 2, de 4 x 4 metres, i

de la galería principal realizados en 1957 se llevaron a cabo, en teoría, para aprovechar la cavidad con fines industriales, lo cierto es que no se le dio ningún uso hasta 1967. Dicho año se iluminó la cueva hasta la Sala del Llac, excavando una zanja para facilitar el paso hasta ella, y se abrió al público con una escenificación del Pessebre Vivent que ocupó unos 200 metros de la galería principal que, como consecuencia, pasó a denominarse del Pessebre. Las representaciones del Pessebre Vivent se llevaron a cabo entre 1967 y 1977 (Fig. 5). Un uso puntual, limitado a unos pocos días de las fiestas navideñas, y efímero, que dio paso a un nuevo periodo de abandono.

No fue hasta 1993, en un intento de recuperar la cueva para la ciudadanía y convertirla en un activo turístico de la villa, que se museizó y abrió al público, optando por un discurso museográfico centrado en la prehistoria y la evolución humana. El proyecto se llevó a cabo con el apoyo del Ayuntamiento, la Diputación de Tarragona y el Servei Territorial d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya. La idea del proyecto y su realización fueron obra de un equipo del Centre d'Estudis Locals de l'Espluga de Francolí, formado por Ramon Rosich Trullols como diseñador, Ramon Guasch Montserrat como fotógrafo, Ramon Vidal Rull en la reconstrucción de objetos, Valentí Martí Canudas y Josep Maria Sendra Orpinell en el apoyo técnico, Jordi Roca Armengol y Filo Farré Anguera como asesores lingüísticos y pedagógicos, y Antoni Carreras Casanovas en la creación del guión museográfico y la dirección del

una rasa de 6 metres de longitud per 1 metre d'amplada transversal a l'eix longitudinal de la galeria, i en contacte amb el lateral sud-oest de la cala 1. L'objectiu d'aquests sondeigs era verificar l'existència o no d'estrats d'interès arqueològic. En els punts intervinguts la potència sedimentària oscil·lava entre 15 i 50 cm, i no es localitzà cap nivell amb presència de restes prehistòriques en posició primària.

Els dies 17 i 18 de març de 1999 es realitzà un seguiment arqueològic d'obres sota la direcció de Marta Fontanals Torroja, en aquest cas motivat per la instal·lació d'un dipòsit d'aigua i d'unes canonades destinades a crear una cascada artificial d'aigua a l'extrem est de la Cova de la Vila, o Cova del Quincall (Fontanals & Vergès, 1999). La construcció d'aquesta instal·lació formava part de les obres que s'estaven portant a terme per habilitar la cavitat a la visita pública.

Tot i localitzar alguns elements d'indústria lítica i fragments de ceràmica prehistòrica en posició secundaria, el dipòsit sedimentari afectat per les obres estava format exclusivament per nivells derivats de les activitats desenvolupades a la cova durant el segle XX.

Arran de l'enderroc fortuït de diversos carreus que formaven part del sòcol d'un mur medieval situat a l'Avinguda Catalunya, per sobre de la boca d'accés a la Cova de la Vila, s'encarrega a Samuel Sardà Seuma (URV) la direcció d'una intervenció destinada a garantir la documentació arqueològica de l'estructura (Sardà, 2011). Aquesta es portà a terme entre el 20 i el 30 de maig de 2011.

Figura 7. Imatge de la intervenció preventiva de 2011, durant les tasques de connexió de la cova de la Vila amb la cova de la Font Major.

Figure 7. Image of the 2011 preventive intervention, during the works to connect the Vila cave with the Font Major cave.

Unes setmanes després, entre els dies 27 de juny a 5 d'agost de 2011, i sota la direcció de Marta Fontanals Torroja (URV-IPHES) es realitzà una intervenció arqueològica preventiva (Fig. 7) en que s'excavà part del dipòsit sedimentari existent entre la boca de la Cova de la Font Major i la boca annexa de la Cova de la Vila (Fontanals & Morales, 2012). El motiu fou la creació d'un pas per connectar les dues cavitats, aïllades d'antic per un esfondrament i la posterior acumulació de sediments. En el marc del nou projecte museogràfic, dissenyat per l'empresa Factory, es pretenia que els visitants poguessin realitzar un recorregut continu per

proyecto.

También a partir de 1993, en paralelo a la museización de la cueva, se inició la denominada «ruta de aventura», un recorrido realizado en grupos que, pasando por las Gatoneres de cal Palletes y remontando el río subterráneo, llegaba hasta la Sala del Pou de la Biela. En un primer momento de forma informal, y con un equipo técnico muy básico. Más tarde, y ya equipados con trajes de neopreno, formando parte de la oferta turística de las Coves de l'Espluga. Los primeros años la visita la realizó la empresa Guies de la Conca, y a partir de 2002 se hizo cargo Drac Actiu.

El año 2000, con la ayuda de los Fondos Europeos y aportaciones de la Diputación de Tarragona y del Ayuntamiento, se habilitó la Cova de la Vila para entrar a formar parte de los espacios museizados.

Posteriormente, en 2012, se renovó completamente la propuesta museográfica de la cavidad, haciéndola más experiencial mediante la incorporación de diferentes audiovisuales donde se recreaban escenas cotidianas de diferentes periodos de la prehistoria y la protohistoria, Esta remodelación fue financiada por la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura y por el Ayuntamiento de la Espluga de Francolí.

Figura 7. Imagen de la intervención preventiva de 2011, durante los trabajos de conexión de la Cova de la Vila con la Cova de la Font Major.

INTERVENCIONES ARQUEOLÓGICAS

La intervención de Salvador y Lluïsa Vilaseca

El día 5 de febrero de 1957 el médico de la Espluga de Francolí, Joan Farré Gual, comunicó a

Figura 8. Punta de llança de bronze (dalt) i vas ceràmic amb decoració de cordó (baix) localitzats durant les intervencions del grup GRESEPIA al santuari de l'edat del bronze/ferro de la Sala del Llac.

Figure 8. Bronze spearhead (top) and ceramic vase with cord decoration (bottom) found during the GRESEPIA group's interventions in the Bronze/Iron Age sanctuary of Sala del Llac.

l'interior de l'espai museïtzat, passant d'una cova a l'altra, sense la necessitat de sortir a l'exterior i tornar a entrar, com s'havia de fer fins llavors.

S'excavaren gairebé dos metres de potència del dipòsit sedimentari, destacant l'aparició de nivells del neolític antic amb abundants restes faunístiques i de cultura material (Cebrià et al., 2014), i d'un nivell de base amb indústria lítica que, amb dubtes, podia atribuir-se al paleolític superior. Els resultats d'aquesta intervenció feren canviar la percepció que es tenia sobre l'estat de conservació del jaciment arqueològic de la cavitat, despertant l'interès de l'IPHES.

La incorporació del jaciment a un projecte de recerca.

La constatació de que a la zona de la boca de la Cova de la Font Major s'hi conservava un dipòsit sedimentari amb restes d'ocupacions neolítiques i, possiblement, del paleolític superior feu que des de l'IPHES es recuperés l'interès pel jaciment. Així, l'any 2018, i com a conseqüència de les excel·lents perspectives en la identificació de pràctiques ramaderes prehistòriques, que oferien les primeres anàlisis d'isòtops estables realitzades sobre mostres de fauna domèstica, procedents dels nivells del neolític antic excavats el 2011, es decidí incorporar el jaciment al projecte de recerca de l'IPHES «Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieres del Camp de Tarragona». Aquest projecte forma part dels projectes de recerca quadriennals en matèria d'arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, i n'és l'investigador principal Josep Maria Vergès Bosch.

Dins d'aquest projecte l'IPHES incorporà el grup GRESEPIA de la Universitat Rovira i Virgili per a col·laborar en l'estudi dels nivells protohistòrics, especialment els documentats per Salvador Vilaseca a la Sala del Llac, la que

Figura 8. Punta de lanza de bronce (arriba) y vaso cerámico con decoración de cordón (abajo) localizados durante las intervenciones del grupo GRESEPIA en el santuario de la Edad del Bronce/Hierro de la Sala del Llac.

su colega de profesión Salvador Vilaseca, por aquel entonces Comisario Provincial de Excavaciones, la noticia de la apertura de la boca de la Cova de la Font Major, realizada unos días antes, el 17 de enero, y de la aparición de restos arqueológicos en el interior de la cavidad. Vilaseca se la trasladó a Lluís Pericot García, Delegado de Zona de Excavaciones Arqueológicas, quien visito la cueva el 11 de mayo de 1957, acompañado del mismo Vilaseca, de Lluís Carulla Canals, de Josep Rendé Sabaté, alcalde de la Espluga de Francolí, y de algunos regidores. Durante la visita, pudieron constatar que una gran parte del yacimiento arqueológico, principalmente el situado en el tramo inicial de la galería principal, bautizada posteriormente como Galería del Pessebre, por el uso que se le dio entre 1967 y 1977, había sido destruido.

A raíz de la visita, y viendo que todavía quedaban restos del depósito arqueológico adheridos a las paredes, y una parte importante de la cueva por explorar, Pericot autorizó a Vilaseca la realización de excavaciones arqueológicas y, probablemente, recomendó a las autoridades locales tomar medidas para proteger lo que quedaba de yacimiento. Con este objetivo, pocas semanas después, en junio de 1957, se construyó un muro de piedra en seco en la boca, para impedir el acceso a la cueva. Sin embargo, parece ser que dicho muro no tardó mucho en ser derruido, sin que se llevara a cabo su reconstrucción. Sin ningún obstáculo que impidiese el paso hacia el interior, el expolio del registro arqueológico por parte de curiosos, buscadores de tesoros y aficionados a la arqueología, continuó hasta 1963, fecha en la que,

aquest investigador anomenava Sala P.

Ja en el marc del projecte de recerca quadriennal de l'IPHES es portà a terme una primera campanya d'excavació arqueològica del 14 d'octubre al 8 de novembre de 2019, dirigida per Josep Maria Vergès Bosch i Carlos Tornero Dacasa, amb l'objectiu de documentar les variacions laterals de l'estratigrafia a la zona de la boca oest de la Cova de la Vila, on s'havia portat a terme la intervenció de 2011. Es realitzaren dues cales, una de 2 x 1 metres a l'interior de l'espai cobert amb una volta de maons que dona accés a la Cova de la Vila, a la que anomenarem S1, i una altra de 1 x 1 metres, anomenada S2, a la cantonada de la zona de «la trobada», on antigament hi havia la recreació d'una excavació arqueològica. La cala S1 es va ampliar posteriorment, fins assolir una superfície de 3 x 1,5 metres.

Al sondeig 1 (S1), a banda de nivells relacionats amb l'ús de la cova durant el segles XX i XXI, es localitzà un nivell neolític (nivell 104), amb datacions compreses entre els 7200 i els 7400 anys d'antiguitat, que rebleix els espais entre blocs de conglomerat procedents de l'esfondrament de la visera de la cavitat.

A S2, es localitzaren també nivells dels segles XX i XXI, cobrint un dipòsit d'origen fluvial format per dos nivells. L'inferior (nivell 205), en contacte amb la base rocosa de la cova, contenia abundant indústria lítica amb alguna resta de fauna, aparentment en posició secundària. Tot i no disposar d'elements diagnòstics, les restes lítiques es poden situar en algun moment indeterminat del paleolític superior.

Figura 9. Conjunt de motius abstractes conegut com «Panell dels signes».

Figure 9. Set of abstract motifs known as the «Panel of Signs».

En paral·lel a aquesta intervenció, i també en el marc del projecte de l'IPHES, el grup GRESEPIA, de la URV, realitzà una intervenció a la Sala del Llac, prevista entre els dies 21 a 31 d'octubre de 2019, sota la direcció d'Ivan Cots Serret (Fig. 8). Durant aquesta es realitzaren tres sondeigs, encaminats a documentar l'estratigrafia de la Sala del Llac. La crescuda del nivell del riu subterrani, com a conseqüència de l'aiguat del 22 d'octubre va inundar totalment dues de les cales. L'intent de reprendre l'excavació

finalmente, se construyó un cierre sólido.

En un primer momento Salvador Vilaseca recogió materiales entre los sedimentos extraídos de la cueva y tirados al cauce del río Francolí, recuperó otros en posesión de obreros que habían participado en el vaciado de la galería principal, y documentó y excavó los testigos del relleno sedimentario que habían quedado en contacto con las paredes de la cueva. Posteriormente, y hasta 1964, como mínimo, realizó, junto a su hija Lluïsa Vilaseca, excavaciones, y exploraciones en la zona interna, principalmente en el entorno de la Sala del Llac (Fig. 6).

Los resultados de sus trabajos se pueden consultar en dos artículos que publicó sobre el yacimiento: uno en la revista Empúries (Vilaseca, 1959), centrado en un conjunto de objectos de bronce localizados en la zona de la Mamella, y otro, más extenso, en Trabajos de Prehistoria (Vilaseca, 1969). En ambas publicaciones incidió en la destrucción sufrida por el yacimiento en 1957. En el artículo de 1959 comentaba que «el aspecto actual de la cueva no corresponde tampoco al que tenía al ser redescubierta, pues, con el momentáneo propósito de dedicarla a fines Industriales, fue vaciada en gran parte, dándosele la altura actual, la cual permitió, por un tiempo, el acceso a la misma de carros, camiones y tractores.». Y, en el de 1969 sitúa cronológicamente los trabajos de vaciado de la cueva y los efectos sobre el yacimiento que tos provocaron, «La mayor destrucción del yacimiento arqueológico que existía cerca de la entrada se llevó a cabo al ser vaciada casi enteramente la cavidad con aquel primer propósito, en el primer trimestre

Figura 9. Conjunto de motivos abstractos conocido como «Panel de los signos».

Figura 10. Representació de cavall amb signes superposats a la figura. L'animal recolza les potes de darrera al límit del conglomerat, com si aquest fos el terra, i dona la sensació d'estar en posició rampant.

Figure 10. Representation of a horse with signs superimposed on the figure. The animal rests its hind legs on the edge of the conglomerate, as if it were the ground, and gives the impression of being in a rampant position.

en la cala que no estava coberta d'aigua (cala 5), després de l'aturada derivada dels estralls provocats per l'aiguat a l'entorn de la cova, no va reeixir a causa de les filtracions que provocaven la inundació de la cala a partir d'una determinada cota. Davant la impossibilitat de continuar excavant s'abandonà l'excavació el dia 30, un dia abans del previst, havent acomplert sols una part dels objectius inicials.

La descoberta del santuari paleolític

El dia 30 d'octubre de 2019, de forma fortuïta, mentre realitzava una visita a la intervenció de la Sala del Llac, Josep Maria Vergès va descobrir, en una galeria lateral de l'esmentada sala, coneguda com les Gatoneres de cal Palletes, un santuari paleolític amb representacions d'art rupestre parietal. El conjunt d'art rupestre descobert està realitzat exclusivament mitjançant la tècnica del gravat. Es composa de més de tres-cents motius, entre símbols abstractes «signes» (Fig. 9) i representacions figuratives d'animals, principalment cérvoles, cabres, cavalls (Fig. 10) i urs, si bé hi ha representacions d'altres animals, com un os (Fig. 11) i un possible carnívor.

La inesperada descoberta dels gravats paleolítics motivà una sèrie d'intervencions no previstes inicialment al projecte. La primera la prospecció d'altres sectors de la cova, per tal de delimitar les zones amb art rupestre prehistòric i procedir a la seva protecció immediata. Aquesta campanya de prospecció es va dur a terme entre els dies 11 a 18 de desembre de 2019, sota la direcció de Josep Maria Vergès Bosch. Donà com a resultat la descoberta de més gravats paleolítics al sector est de les Gatoneres de cal Palletes, el més proper al Pou del Palletes, i de gravats de cronologia indeterminada a la Cova del Castell o dels Moros.

Un cop delimitades les zones on hi havia gravats es procedí a modificar el recorregut de la ruta d'aventura, fent-la passar per la galeria principal, evitant així el pas per les Gatoneres de cal Palletes. A la Cova del Castell, atès que els gravats es trobaven en parets fora de la zona de tallers, no es

Figura 10. Representación de caballo con signos superpuestos a la figura. El animal apoya las patas traseras sobre el límite del conglomerado, como si este fuera el suelo, y da la sensación de estar en posición rampante.

de 1957. Una brigada de obreros trabajó durante semanas empleando tractores, camiones y otros potentes medios de vaciamiento y desescombro y, en consecuencia, de destrucción».

Las intervenciones vinculadas a la museización

Finalizadas las intervenciones de los Vilaseca la investigación arqueológica en la cueva se detuvo durante prácticamente treinta años, hasta que los movimientos de tierra previstos en el marco del naciente proyecto museístico motivaron intervenciones arqueológicas de urgencia, las que actualmente reciben el nombre de intervenciones preventivas.

Entre el 8 de marzo y el 2 de abril de 1993 se realizó una intervención arqueológica bajo la dirección de Lourdes Burés Vilaseca, de la empresa CODEX SCCL-Arqueologia i Patrimoni (Burés, 1993). Esta intervención vino motivada por la intención del ayuntamiento de la Espluga de Francolí de rebajar el depósito sedimentario desde la entrada de la cueva hasta la Sala del Llac, para conseguir más distancia entre el techo y el nivel de circulación, facilitar el acceso a la zona del río subterráneo, y ampliar así la -zona visitable. El objetivo inicial de la intervención era realizar el seguimiento de la extracción de sedimentos para evitar que los trabajos afectaran a niveles o materiales de interés arqueológico.

El día 1 de marzo se realizó una prueba para evaluar el funcionamiento de la máquina excavadora y su movilidad en el interior de la cavidad. La escasa

prengueren mesures especials, més enllà de notificar la seva presència i situació als responsables de la cova.

Seguidament s'inicià, conjuntament amb el Departament de Cultura de la Generalitat, una primera fase de documentació, encaminada d'una banda a fer una valoració de la magnitud de la descoberta, i d'altra a generar dades i materials gràfics per il·lustrar-la, conscients que, a causa de les característiques de l'espai on es trobaven els gravats i de la seva fragilitat, no seria possible donar accés als mitjans de comunicació en el moment de donar a conèixer la noticia.

La descoberta es feu pública en roda de premsa el 7 de febrer de 2020, amb la presència de la Consellera de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Mariàngela Vilallonga, l'alcalde de l'Espluga de Francolí, Josep Maria Vidal, i el director de l'IPHES, Robert Sala, i tingué un ampli ressò a nivell nacional, estatal i internacional. L'embranzida mediàtica havia de servir per dinamitzar els treballs científics i reforçar tant el projecte de recerca com el de socialització. No obstant, la irrupció de la pandèmia de COVID-19 pocs dies després, i el confinament de la població decretat a partir del 14 de març de 2020, feren que els treballs quedessin aturats de cop.

Figura 11. Representació d'un os en moviment.

Figure 11. Representation of a bear in movement.

Les intervencions de 2020 a 2023

El 17 de juny de 2020, un cop recuperada una certa normalitat, es reprengueren els treballs de localització, catalogació i documentació dels gravats de les Gatoneres de cal Palletes. Aquestes tasques s'han anat alternant, al llarg de les campanyes de 2021, 2022 i 2023, amb la realització de sondeigs de prospecció arqueològica a les galeries del Pessebre i del Llac, i a les Gatoneres de cal Palletes (Fig. 12), encaminats a conèixer el rebliment, obtenir datacions absolutes, i a identificar evidències de presència humana a la part profunda de la cavitat. Els principals resultats han estat la identificació d'un nivell amb carbons a les Gatoneres de cal Palletes, que es relacionen amb la freqüentació humana, amb una datació al voltant dels

ventilación de las galerías interiores y sus reducidas dimensiones provocaron una elevada concentración de gases procedentes de la combustión del motor de la retroexcavadora, generando una atmosfera irrespirable. Ante el peligro de asfixia e intoxicación se abandonó el proyecto de extracción de sedimentos por medios mecánicos. De hecho, como la realización del proyecto por medios manuales, que era la otra alternativa, se consideró inviable, se paralizaron las obras a la espera de hallar una solución.

Mientras, se decidió realizar una serie de catas a lo largo del recorrido, para evaluar la repercusión de un acondicionamiento de tal magnitud y la afectación que tendría sobre niveles o materiales de interés arqueológico.

Así pues, se realizaron dos catas, a 130 y 160 metros de la boca, respectivamente, a unos 230 m se aprovechó una zanja ya existente para describir la estratigrafía, y en un lugar sin especificar, situado entre el final de la Galeria del Pessebre y la Sala del Llac, con presencia de niveles de cenizas intercalados con limos, se llevó a cabo un sondeo de 1,5 x 1 m. En ninguno de estos puntos se localizaron restos arqueológicos.

Poco después, durante las obras de construcción de un pequeño estanque artificial en el interior de la cavidad, a unos 200 metros de la boca, realizadas en el marco de la museización de la cueva, esta vez sin control arqueológico, aparecieron restos de fauna pertenecientes a las especies *Dicerorhinus mercki*, *Equus caballus*, *Crocuta spelea* y *Cervus elaphus*. Esta asociación faunística se atribuyó

Figura 11. Representación de un oso en movimiento.

Figura 12. Excavació l'any 2020 d'una cala de prospecció arqueològica a les Gatoneres de cal Palletes.

Figure 12. Excavation in 2020 of an archaeological prospecting excavation in Gatoneres de cal Palletes.

37.000 anys, i la troballa, en un nivell amb carbons datat en 26.000 anys, situat al tram final de la Galeria del Pessebre, prop de la zona dels gravats, d'una lamineta de dors de sílex, el que posa en evidència la presència humana en aquest sector durant fases antigues del paleolític superior. Així mateix, es tenen indicis que apunten cap a l'existència d'una boca d'accés, actualment segellada, propera a les Gatoneres de cal Palletes i la Sala del Llac.

D'altra banda, la incorporació a l'equip de recerca de membres de l'equip de l'ERE del CEC que realitzaren els treballs de prospecció, topografia i recerca geològica a la cova entre 1985 i 1990, principalment de Josep Maria Cervelló, Antoni Freixes i Miquel Bosch, han permès recuperar informació dels treballs realitzats durant aquells anys, i combinar els estudis de caire geològic amb els arqueològics.

El futur de la recerca arqueològica

A dia d'avui el panorama que s'obre a nivell de recerca arqueològica i geològica a la Cova de la Font Major és realment engrescador. Les intervencions a la Sala del Llac han posat de manifest que encara es conserva una bona part del dipòsit amb les restes del santuari de l'edat del bronze/ferro, amb una conservació excepcional dels materials i del context arqueològic. Els dipòsits documentats a la zona de la boca de la Cova de la Font Major estan aportant dades sobre les ocupacions neolítiques de la cova, principalment de les del neolític antic, especialment interessants per ser un dels moments d'expansió dels primers grups agrícoles i ramaders vers les conques interiors, i materials que poden correspondre a ocupacions del paleolític superior. Tant a les Gatoneres del Palletes, on es troben els gravats paleolítics, com al tram final de la Galeria del Pessebre, s'han documentat nivells amb evidències de presència humana datats en les fases antigues del paleolític superior, el que implica que, potser una part de les representacions es situen cronològicament dins dels conjunts d'art rupestre més antics d'Europa.

A més del que ja coneixem, els estudis sobre

Figura 12. Excavación el año 2020 de una cata de prospección arqueológica en las Gatoneres de cal Palletes.

cronológicamente al Pleistoceno medio o inicios del Pleistoceno superior (Genera, 1995).

A raíz de este hallazgo, Margarida Genera Monells visitó la cueva el 11 de octubre de 1993 para documentar el contexto estratigráfico y sedimentario de los restos y valorar las posibles acciones a emprender. Durante la visita recogió fragmentos de hueso largo y de asta de *Cervus* sp., y fragmentos de cuarzo, que interpretó como un posible aporte antrópico. En aquel momento no se llevó a cabo ninguna intervención.

Cuatro años más tarde, entre el 25 de septiembre y el 1 de noviembre 1997, la misma Margarida Genera realizó una intervención arqueológica con el fin de «proceder a la extracción de una serie de muestras en la cavidad principal, con el objetivo de reunir datos suficientes para elaborar un proyecto de investigación más amplio en este yacimiento, especialmente por lo que respecta al estudio cronoestratigráfico» (Genera, 1997).

En la memoria de la intervención se describen las características y el contenido arqueo-paleontológico de cuatro puntos de muestreo: P1 y P10, en la entrada de la cavidad, y P22 y P29, en la sala 2.

P1. Brecha con cantos calizos que contiene cerámica, sílex, restos de carbón, fragmentos de gasterópodos y abundantes restos óseos de *Lagomorfa*, algunos de ellos de color negro.

P10. Arcillas bien laminadas con restos óseos de peces.

P22. Arenas finas con laminación paralela. Se

la geomorfologia del carst assenyalen un elevat grau de probabilitats que hi hagi altres galeries, similars a las dels gravats, taponades per sediments, el que obre la possibilitat a la descoberta de nous contexts arqueològics totalment verges.

L'encadenament de fets derivats de la intervenció preventiva de 2011, amb la inclusió de la cova dins del projecte de recerca de l'IPHES, ha fet que la Cova de la Font Major hagi passat de ser un jaciment desnonat, sense possibilitats, a ser el protagonista d'un projecte de recerca d'alt nivell amb molt de futur.

LES LLIÇONS DE LA FONT MAJOR.

De l'ocorregut a la Cova de la Font Major des de la reobertura de la cavitat el 1957 en podem treure diferents lliçons. Algunes negatives, com les derivades de la decisió d'obrir la boca localitzada el 1956, durant la recerca espeleològica, sense disposar d'un pla d'actuació que tingués en compte el patrimoni geològic i arqueològic. Se'ns dubte va ser una gestió negligent d'aquesta important descoberta, agreujada per una manifesta desídia en la protecció de la cova durant els anys posteriors a l'obertura de la boca. Tot plegat provocà la pèrdua d'una part important del ric patrimoni arqueològic de la cavitat i danys en el patrimoni geològic.

I d'altres positives, com l'evidència que qualsevol cova, per molt visitada que hagi estat, és susceptible de contenir restes o representacions d'art rupestre que ningú hagi vist. Aquest és un missatge molt potent, especialment pels qui freqüenten el món subterrani. No fa res quanta gent hi hagi passat abans ni les agressions que hagin patit les parets, sempre pot haver-hi alguna cosa. Per això cal estar amatents a qualsevol indici que pugui assenyalar la presència de gravats o pintures rupestres, i incrementar la comunicació i col·laboració entre espeleòlegs i arqueòlegs. El desconeixement, tot i que des de les associacions i grups d'espeleologia s'està fent una gran tasca de formació i conscienciació en el respecte al patrimoni geològic i arqueològic, provoca destrucció. Sols si coneixem on hi ha art rupestre serem capaços de protegir-lo adequadament, ja sigui físicament com mitjançant la seva documentació i divulgació, i aquesta és una tasca que hem de fer conjuntament.

AGRAÏMENTS

Volem agrair a l'Ajuntament de l'Espluga de Francolí el suport que ha donat, i dona, al projecte de recerca que lidera l'IPHES, facilitant en tot moment la feina dels investigadors i investigadores, i col·laborant activament en les tasques de divulgació i socialització dels resultats de la recerca. Un exemple a seguir en la relació entre grups de recerca i administracions locals.

La major part de la informació referent a la

ha localizado un pequeño fragmento de hueso indeterminado.

P29. Arenas finas con laminación paralela. Abundantes restos de quirópteros.

Entre los días 16 y 19 de noviembre y el 29 de diciembre de 1998 Margarida Genera llevó a cabo una nueva intervención, esta vez en la Cova de la Vila (Genera, 1998), donde abrió dos catas, denominadas 1 y 2, de 4 x 4 m, y una trinchera de 6 metros de longitud por 1 metro de anchura, transversal al eje longitudinal de la galería, y en contacto con el lateral suroeste de la cata 1. El objetivo de este sondeo era verificar la existencia o no de estratos de interés arqueológico. En los puntos intervenidos la potencia sedimentaria oscilaba entre 15 y 50 cm, y no se localizó ningún nivel con presencia de restos prehistóricos en posición primaria.

Los días 17 y el 18 de marzo de 1999 se realizó un seguimiento arqueológico de obras bajo la dirección de Marta Fontanals Torroja, en este caso motivado por la instalación de un depósito de agua y de una canalización destinadas a crear una cascada artificial de agua en el extremo este de la Cova de la Vila (Fontanals & Vergès, 1999). La construcción de esta instalación formaba parte de las obras que se estaban llevando a cabo con el fin de habilitar la cavidad a la visita pública.

Pese a localizar algunos elementos de industria lítica y fragmentos de cerámica prehistórica en posición secundaria, el depósito sedimentario afectado por las obras estaba formado exclusivamente por niveles derivados de las actividades desarrolladas en la cueva

història de la Cova de la Font Major entre el 1853 i la seva museïtzació ha estat extreta de l'obra de l'Antoni Carreras, Història de l'Espluga de Francolí. Des d'aquí el nostre agraïment i el reconeixement a la gran tasca realitzada com a historiador i com a promotor i motor de la museïtzació de les Coves de l'Espluga de Francolí.

Els treballs de recerca a la Cova de la Font Major estan finançats pel Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, en el marc del projecte quadriennal de recerca en matèria d'arqueologia i paleontologia 2022-2025 «Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieres del Camp de Tarragona» (CLT009/22/00024), per l'AGAUR, a través del grup de recerca reconegut i finançat «Group of Analyses on Socio-ecological Processes, Cultural Changes and Population Dynamics (GAPS)» (2021 SGR 01239), per la Fundació Palarq, en la convocatòria Analíticas 2022-2023, i per l'Ajuntament de l'Espluga de Francolí.

durante el siglo XX.

Como consecuencia del derrumbe fortuito de diversos sillares que formaban parte del zócalo de un muro medieval situado en la Avinguda Catalunya, por encima de la boca de acceso a la Cova de la Vila, se encargó a Samuel Sardà Seuma (URV) la dirección de una intervención destinada a garantizar la documentación arqueológica de dicha estructura (Sardà, 2011). Esta se llevó a cabo entre el 20 y el 30 de mayo de 2011.

Unas semanas después, entre los días 27 de junio y 5 de agosto de 2011, y bajo la dirección de Marta Fontanals Torroja (URV-IPHES) se llevó a cabo una intervención arqueológica preventiva (Fig. 7) en la que se excavó parte del depósito sedimentario existente entre la boca de la Cova de la Font Major y la boca anexa de la Cova de la Vila (Fontanals & Morales, 2012). El motivo fue la creación de un paso para conectar las dos cavidades, aisladas de antiguo por un derrumbe y la posterior acumulación de sedimentos. En el marco del nuevo proyecto museográfico, diseñado por la empresa Factory, se pretendía que los visitantes pudieran realizar el recorrido continuo por el interior del espacio museizado, pasando de una cueva a otra sin necesidad de salir al exterior y volver a entrar, cómo se hacía hasta ese momento.

Se excavaron prácticamente dos metros de potencia del depósito sedimentario, destacando la aparición de niveles del Neolítico antiguo con abundante presencia de restos faunísticos y cultura material (Cebrià et al., 2014), y un nivel de base con industria lítica que, con algunas dudas, podía atribuirse al Paleolítico Superior. Los resultados de esta intervención hicieron cambiar la percepción que se tenía sobre el estado de conservación del yacimiento arqueológico de la cavidad, despertando el interés del IPHES.

La incorporación del yacimiento a un proyecto de investigación.

La constatación de que en la zona de la boca de la Cova de la Font Major se conservaba un depósito sedimentario con restos de ocupaciones neolíticas y, posiblemente, del Paleolítico superior, hizo que desde el IPHES se recuperara el interés por el yacimiento. Así, el año 2018, y como consecuencia de las excelentes perspectivas en la identificación de prácticas ganaderas prehistóricas que ofrecían los primeros análisis de isótopos estables realizados sobre muestras de fauna doméstica procedentes de los niveles del Neolítico antiguo excavados en 2011, se decidió incorporar el yacimiento al proyecto de investigación del IPHES, «Evolución paleoambiental y poblamiento prehistórico en las cuencas de los ríos Francolí, Gaià, Siurana y rieras del Camp de Tarragona». Este proyecto forma parte de los proyectos de investigación cuadrienales en materia de arqueología y paleontología del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, y su investigador principal es Josep Maria Vergès Bosch.

Dentro de este proyecto el IPHES incorporó al grupo GRESEPIA de la Universitat Rovira i Virgili para colaborar en el estudio de los niveles protohistóricos, especialmente los documentados por Salvador Vilaseca en la Sala del Llac, la que este investigador denominaba Sala P.

Ya en el marco del proyecto de investigación cuadrienal del IPHES se llevó a cabo la primera campaña de excavaciones arqueológicas, del 14 de octubre al 8 de noviembre de 2019, bajo la dirección de Josep Maria Vergès Bosch y Carlos Tornero Dacasa. El principal objetivo de esta era documentar las variaciones laterales de la estratigrafía en la zona de la boca oeste de la Cova de la Vila, donde se había realizado la intervención de 2011. Se abrieron dos catas, una de 2 x 1 m situada en el interior del espacio cubierto por una bóveda de mampostería que da acceso a la Cova de la Vila, a la que se denominó S1, y otra de 1 x 1 m, denominada S2, en la esquina de la zona de «la trobada», donde antiguamente se situaba la recreación de una excavación arqueológica. La cata S1 se amplió posteriormente, hasta alcanzar una superficie de 3 x 1,5 m.

En el sondeo 1 (S1), aparte de los niveles relacionados con el uso de la cueva durante los siglos XX y XXI, se localizó un nivel neolítico (nivel 104), con dataciones comprendidas entre los 7200 y los 7400 años de antigüedad, que rellenaba los espacios entre los bloques de conglomerado procedentes del hundimiento de la visera de la cavidad.

En S2 se localizaron también niveles de los siglos XX y XXI, cubriendo un depósito de origen fluvial formado por dos niveles. El inferior (nivel 205), en contacto con la base rocosa de la cueva, contenía abundante industria lítica con algún resto de fauna, aparentemente en posición secundaria. Pese a no disponer de elementos diagnósticos, los restos se

pueden situar en algún momento indeterminado del Paleolítico superior.

En paralelo a esta intervención, también en el marco del proyecto del IPHES, el grupo GRESEPIA, de la URV, realizó una intervención en la Sala del Llac, prevista entre los días 21 a 31 de octubre de 2019, bajo la dirección de Ivan Cots Serret (Fig. 8). Durante esta se realizaron tres sondeos, encaminados a documentar la estratigrafía de la Sala del Llac. La crecida del nivel del río subterráneo, como consecuencia del temporal de lluvias del 22 de octubre, inundó totalmente dos de las catas. El intento de reanudar la excavación en la que no estaba cubierta por el agua (cata 5), después del parón provocado por las catastróficas consecuencias de la inundación del entorno de la cueva, no tiró adelante a causa de las filtraciones, que provocaban la inundación de la cata a partir de una cierta cota. Ante la imposibilidad de seguir excavando se abandonó la excavación el día 30, un día antes de lo previsto, habiendo cumplido sólo una parte de los objetivos iniciales.

El descubrimiento del santuario paleolítico

El día 30 de octubre de 2019, de forma fortuita, mientras realizaba una visita a la intervención de la Sala del Llac, Josep Maria Vergès Bosch descubrió, en una galería lateral de dicha sala, conocida como Gatoneres de cal Palletes, un santuario paleolítico con representaciones de arte rupestre parietal. El conjunto de arte rupestre descubierto está realizado exclusivamente mediante la técnica del grabado. Se compone de más de trescientos motivos, entre símbolos abstractos «signos» (Fig. 9) y representaciones figurativas de animales, principalmente ciervas, cabras, caballos (Fig. 10) y uros, si bien también aparecen representados otros animales, como un oso (Fig. 11) y un posible carnívoro.

El inesperado descubrimiento de los grabados paleolíticos motivó una serie de intervenciones no previstas inicialmente en el proyecto. La primera la prospección de otros sectores de la cueva, con el fin de delimitar las zonas con arte rupestre y proceder a su protección inmediata. Dicha campaña de prospección se llevó a cabo entre los días 11 a 18 de diciembre de 2019, bajo la dirección de Josep Maria Vergès Bosch. Dio como resultado el descubrimiento de nuevos grabados paleolíticos en el sector este de las Gatoneres de cal Palletes, el más cercano al Pou del Palletes, y de grabados de cronología indeterminada en la Cova del Castell o dels Moros.

Una vez delimitadas las zonas con grabados se procedió a modificar el recorrido de la ruta de aventura, haciéndola pasar por la galería principal, evitando así el tránsito por las Gatoneres de cal Palletes. En la Cova del Castell, dado que los grabados se hallaban en paredes fuera de la zona de talleres, no se tomaron medidas especiales, más allá de notificar su presencia y ubicación a los responsables de la cueva.

Acto seguido se inició, conjuntamente con el Departament de Cultura de la Generalitat, una primera fase de documentación de los grabados, encaminada por una parte a realizar una valoración de la magnitud del descubrimiento, y por otra a generar datos y materiales gráficos para ilustrarlo, conscientes que, a causa de las características del espacio donde se hallaban los grabados y de su fragilidad, no sería posible dar acceso al lugar a los medios de comunicación en el momento de dar a conocer la noticia.

El descubrimiento se hizo público en rueda de prensa el 7 de febrero de 2020, con presencia de la Consellera de Cultura de la Generalitat de Catalunya, Mariàngela Vilallonga, del alcalde de la Espluga de Francolí, Josep Maria Vidal, y del director del IPHES, Robert Sala, y tuvo un amplio eco a nivel nacional, estatal e internacional. El espaldarazo mediático tenía que servir para dinamizar los trabajos científicos y reforzar tanto el proyecto de investigación como el de socialización. No obstante, la irrupción de la pandemia de la COVID-19 pocos días después, y el confinamiento de la población decretado a partir del 14 de marzo de 2020, hicieron que los trabajos quedasen frenados de golpe.

Las intervenciones de 2020 a 2023

El 17 de junio de 2020, una vez recuperada una cierta normalidad, se reanudaron los trabajos de localización, catalogación y documentación de los grabados de las Gatoneres de cal Palletes. Estos se alternaron, a lo largo de las campañas de 2021, 2022 y 2023, con la realización de sondeos de prospección arqueológica en las galerías del Pessebre y del Llac, y en las Gatoneres de cal Palletes (Fig. 12), encaminados a conocer el relleno sedimentario, obtener dataciones absolutas, e identificar evidencias de presencia humana en la parte profunda de la cavidad. Los principales resultados han sido la identificación de un nivel con restos de carbón en las Gatoneres de cal Palletes, que se relacionan con la frecuentación humana, con una datación en torno a los 37.000 años, y el hallazgo, en un nivel con carbones, datado en 26.000 años, situado en el tramo final de la Galeria del Pessebre, cerca de la zona de los grabados, de una laminita de dorso de sílex, lo que pone de relieve la presencia humana en este sector durante fases antiguas del Paleolítico superior. Así mismo, se dispone de indicios que apuntan a la existencia de una boca de acceso, actualmente taponada, cercana a las Gatoneres de cal Palletes y a la Sala del Llac.

Por otra parte, la incorporación al equipo de investigación del proyecto de miembros del equipo del ERE del CEC que realizó los trabajos de prospección, topografía e investigación geológica en la cueva entre 1985 y 1990, principalmente de Josep Maria Cervelló, Antoni Freixes y Miquel Bosch, han permitido recuperar información sobre los trabajos realizados durante aquellos años, y combinar los estudios de carácter geológico con los arqueológicos.

El futuro de la investigación arqueológica

Hoy en día, el panorama que se abre a nivel de investigación arqueológica y geológica en la Cova de la Font Major es realmente motivador. Las intervenciones en la Sala del Llac han puesto de manifiesto que todavía se conserva una buena parte del depósito con restos del santuario de la Edad del Bronce/Hierro, con una conservación excepcional de los materiales y del contexto arqueológico. Los depósitos documentados en la zona de la boca de la Cova de la Font Major están aportando datos sobre las ocupaciones neolíticas de la cavidad, principalmente del Neolítico antiguo, especialmente interesantes por ser uno de los momentos de expansión de los primeros grupos agrícolas y ganaderos hacia las cuencas interiores, y materiales que pueden corresponder a ocupaciones del Paleolítico superior. Tanto en las Gatoneres de cal Palletes, donde se encuentran los grabados paleolíticos, como en el tramo final de la Galeria del Pessebre, se han documentado niveles con evidencias de presencia humana datados en las fases antiguas del Paleolítico superior, lo que implica que, quizás una parte de las representaciones, se sitúan cronológicamente entre los conjuntos de arte rupestre más antiguos de Europa.

Además de lo que ya conocemos, los estudios sobre la geomorfología del karst indican un alto grado de probabilidades de que haya otras galerías, similares a las de los grabados, taponadas por sedimentos, lo que abre la posibilidad de descubrir nuevos contextos arqueológicos totalmente vírgenes.

El encadenamiento de hechos derivados de la intervención preventiva de 2011, con la inclusión de la cueva dentro del proyecto de investigación del IPHES, han hecho que la Cova de la Font Major haya pasado de ser un yacimiento desahuciado, a ser el protagonista de un proyecto de investigación de alto nivel y mucho futuro.

LAS LECCIONES DE LA FONT MAJOR

De lo ocurrido en la Cova de la Font Major desde la reapertura de la cavidad en 1957 podemos extraer distintas lecciones. Algunas negativas, como las derivadas de la decisión de abrir la boca localizada en 1956, durante la investigación espeleológica, sin disponer de un plan de actuación que tuviera en cuenta el patrimonio geológico y arqueológico. Sin duda se realizó una gestión negligente de este importante descubrimiento, agravada por una manifiesta desidia en la protección de la cueva en los años posteriores a la apertura de la boca. La suma de esto provocó la pérdida de una parte importante del rico patrimonio arqueológico de la cavidad y daños en el patrimonio geológico.

Y otras positivas, como la evidencia que cualquier cueva, por muy visitada que haya sido, es susceptible de contener restos o representaciones de arte rupestre que nadie haya visto Este es un mensaje muy potente, especialmente para aquellos que frecuentan el mundo subterráneo. No importa cuanta gente haya pasado antes ni las agresiones que hayan sufrido las paredes, siempre puede haber alguna cosa. Por este motivo es necesario estar atentos a cualquier indicio que pueda señalar la presencia de grabados o pinturas rupestres, e incrementar la comunicación y la colaboración entre espeleólogos y arqueólogos. El desconocimiento, pese a que desde las asociaciones y grupos de espeleología se está llevando a cabo una gran labor de formación y concienciación en el respeto al patrimonio geológico y arqueológico, provoca destrucción. Sólo si sabemos dónde hay arte rupestre seremos capaces de protegerlo adecuadamente, ya sea físicamente o mediante su documentación y divulgación, y esta es una labor que tenemos que realizar conjuntamente.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al ayuntamiento de la Espluga de Francolí el apoyo que ha dado, y da, al proyecto de investigación del IPHES, facilitando en todo momento la labor de investigadores e investigadoras, y colaborando activamente en las tareas de divulgación y socialización de los resultados de la investigación. Un ejemplo a seguir en la relación entre grupos de investigación y administraciones locales.

La mayor parte de la información referente a la Cova de la Font Major entre el 1853 y su museización se ha sacado de la obra de Antoni Carreras, *Història de l'Espluga de Francolí*. Desde aquí nuestro agradecimiento y el reconocimiento a la gran labor realizada como historiador y como promotor y motor de la museización de las Coves de l'Espluga de Francolí.

Los trabajos de investigación en la Cova de la Font Major están financiados por el Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, en el marco del proyecto cuadrienal de investigación en materia de arqueología y paleontología 2022-2025 «Evolución paleoambiental y poblamiento prehistórico en las cuencas de los ríos Francolí, Gaià, Siurana y rieras del Camp de Tarragona» (CLT009/22/00024), por la AGAUR, a través del grupo de investigación reconocido y financiado «Group of Analyses on Socio-ecological Processes, Cultural Changes and Population Dynamics (GAPS)» (2021 SGR 01239), por la Fundación Palarq, en la convocatoria de Analíticas 2022-2023, y por el ayuntamiento de la Espluga de Francolí.

BIBLIOGRAFÍA

Bosch, M. (1986). La cova de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37, 7-10.

Bosch, M, Cervelló, J.M., & Romero, M. (1991). Noves dades sobre l'Espluga. Espeleòleg, 39, 4-10.

Burés, L. (1993). Memòria de la intervenció arqueològica a la cova de la Font Major (Espluga de Francolí) [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. Codex SCCL Arqueologia i Patrimoni. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 979).

Carreras, A. (2000). Història de l'Espluga de Francolí. Volum III. L'edat mitjana. La Història de l'Espluga de Francolí, 2000 i Pagès Editors SL. L'Espluga de Francolí.

Carreras, A. (2004). Història de l'Espluga de Francolí. Volum I. El medi natural i el medi humà. Associació Història de l'Espluga de Francolí i Pagès Editors SL. L'Espluga de Francolí.

Cebrià, A., Fontanals, M., Martín, P., Morales, J. I., Oms, F. X., Rodríguez-Hidalgo, A., Soto, M., & Vergès, J. M. (2014). Nuevos datos para el Neolítico antiguo en el nordeste de la Península Ibérica procedentes de la Cova del Toll (Moià, Barcelona) y de la Cova de la Font Major (l'Espluga de Francolí, Tarragona). Trabajos de Prehistoria, 71(1), 134–145.

Cervelló, J.M. (1986). El carst conglomeràtic de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37, 3-6.

Cervelló, J.M., Monteverde, M., Ramoneda, J., & Freixes, A. (1999). El karst de la Espluga de Francolí: características físicas e hidrológicas. Interés en la educación ambiental. En: Andreo, B., Carrasco, F., Durán, J.J. (Eds), Contribución del estudio de las cavidades kársticas al conocimiento geológico, 267-276. Patronato de la Cueva de Nerja. Nerja (Málaga).

Fontanals, M., & Vergès, J.M. (1999). Memòria del seguiment arqueològic realitzat a la cova de la Font Major (Espluga de Francolí, Conca de Barberà), entre els dies 17 al 18 de març de 1999 [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 2555).

Fontanals, M., & Morales, J.I. (2012). Memòria de la intervenció arqueològica preventiva de control a les coves de la Vila i de la Font Major (l'Espluga de Francolí, Conca de Barberà), entre els dies 27 de juny a 5 d'agost de 2011 [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. IPHES. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 10523).

Genera, M. (1995). Dades sobre el plistocè a la balma de la Fontmajor, l'Espluga de Francolí (Conca de Barberà, Tarragona). X Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà, 189-191. Institut d'Estudis Ceretans. Puigcerdà.

Genera, M. (1997). Memòria de la intervenció paleontològica a la cova de la Font Major (l'Espluga de Francolí, Conca de Barberà) [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 2641).

Genera, M. (1998). Cova de la Font Major [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 3137).

Sardà, S. (2011). Memòria de la intervenció arqueològica a l'accés de la cova de la Vila (l'Espluga de Francolí, Conca de Barberà) [Memòria d'intervenció arqueològica inèdita]. Seminari de protohistòria i Arqueologia. Universitat Rovira i Virgili. (Disponible a l'Arxiu de memòries d'intervencions arqueològiques i paleontològiques de la Direcció General del Patrimoni Cultural, núm. 10561).

Vilaseca, S. (1959). Noticia de hallazgos de objetos de bronce en la Cova de Font Major, de Espluga de Francolí. Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana, 21, 266-273.

Vilaseca, S. (1969). Cueva de la Font Major. Trabajos de Prehistoria, 26, 117-220.

6 Existeix una fauna subterrània específica a les cavitats en conglomerats?

¿Existe una fauna subterránea especifica de las cavidades en conglomerados?

Is there a cave fauna typical of caves in conglomerates?

Lluís Auroux[1,2], Joan Pallsé[1,3]

1 *Col·laborador del Museu de Ciències Naturals de Barcelona; Institut Català d'Espeleologia i Ciències del Karst (ICEK)*
2 *Associació Catalana de Bioespeleologia (BIOSP)*
3 *Membre del GIEM (Montblanc) i de la SIS (Terrassa)*

Resum

En qualsevol litologia hi ha cavitats subterrànies que són generalment colonitzades per una fauna específica, que anomenen cavernícola. El treball que presentem es centra en l'estudi a Catalunya, de la fauna que viu a les cavitats desenvolupades en conglomerats, així com la seva possible relació en la que habita a d'altres materials geològics com calcàries, guixos, etc. L'objectiu seria determinar si existeixen espècies adaptades en funció d'una determinada composició geològica i tipus de roca; o si bé pel contrari, els materials litològics no semblen haver-hi influït de manera determinant. Com a conclusió podem confirmar que no s'ha trobat cap característica distintiva que permeti considerar una diferenciació en el poblament de cavitats en els diferents materials constitutius.

Resumen

En cualquier litología existen cavidades subterráneas que son generalmente colonizadas por una fauna específica, que llamamos cavernícola. El trabajo que presentamos se centra en el estudio en Cataluña, de la fauna que vive en las cavidades desarrolladas en conglomerados, así como su posible relación con la que habita en otros materiales geológicos como calizas, yesos, etc. El objetivo sería determinar si existen especies adaptadas en función de una determinada composición geológica y tipo de roca; o si bien por el contrario, los materiales litológicos no parecen haber influido de manera determinante. Como conclusión podemos afirmar que no se ha encontrado ninguna característica distintiva que permita considerar una diferenciación en el poblamiento de cavidades en los diferentes materiales constitutivos.

Abstract

In any lithology, there are underground cavities that are generally colonized by specific fauna, which they call cave-dwelling. The work we present focuses on the study in Catalonia, of the fauna that lives in the cavities developed in conglomerates, as well as its possible relationship in which it inhabits other geological materials -limestone, plasters, etc. The objective would be to determine whether there are species adapted according to a certain geological composition, or type of rock. As a conclusion we can state that no distinctive feature has been found that allows considering a differentiation in the settlement of cavities in the different constituent materials.

Paraules clau: carst, cavitats en conglomerats, taxons, fauna cavernícola, extensió de la fauna subterrània, coexistència d'espècies.

Palabras clave: karst, cavidades en conglomerados, taxones, fauna cavernícola, extensión de la fauna subterránea, coexistencia de especies.

Key words: karst, caves in conglomerates, taxa, cave fauna, extensión of underground fauna, coexistence of species.

INTRODUCCIÓ

La SEDECK va considerar que les XXXVIII Jornades es dediquessin íntegrament als aspectes relacionats amb la carstificació de conglomerats a Catalunya, essent aquest el motiu que ens ha conduït a examinar l'estat actual de coneixements de la fauna subterrània en aquest tipus de litologia i alhora esbrinar si podria existir algun tipus de fauna hipogea que poguéssim considerar específica dels conglomerats; o si, en canvi, aquesta fauna seria indistingible de la que habita en cavitats d'altres tipus de materials, com serien les calcàries, els guixos, els gresos, etc., per tal d'establir si l'estructura litològica podria haver tingut alguna influència en el transcurs de colonització de les cavitats.

El treball presentat conté una breu exposició sobre la distribució de serralades i afloraments de conglomerats a Catalunya, que junt amb el nombre i situació de les cavitats conegudes ens permet determinar l'extensió, límits i possibles barreres per la fauna subterrània. Seguidament, s'estableix una correlació entre aquells territoris i les espècies de coleòpters hipogeus que hi habiten, assenyalant si es tracta d'una presència exclusiva en els conglomerats, o si es dona el cas que també habiten en altres substrats geològics. El motiu pel qual es fa una primera correlació amb coleòpters, s'explica pel fet de ser el grup més estudiat i al qual se li ha dedicat una major atenció tant a Catalunya, com a escala mundial.

Val a dir que arran de recents estudis genètics, s'ha procedit a la reordenació d'alguns gèneres (p.e. *Troglocharinus*, *Geotrechus*...), aspecte que ha permès aprofundir en la seva evolució i expansió, fins al punt de poder conèixer els seus orígens paleogràfics, és a dir, l'època en què van iniciar la colonització del medi subterrani.

El capítol tercer, més extens, el dediquem a revisar les dades disponibles d'altres grups o taxons (mol·lusc, crustacis, artròpodes...) i la seva distribució per les cavitats en conglomerats, assenyalant, tanmateix, si es localitzen en altres materials, afegint alguna observació i particularitats que hem cregut interessants remarcar.

No tan sols han estat geòlegs i geomorfòlegs

INTRODUCCIÓN

La SEDECK ha considerado dedicar íntegramente las XXXVIII Jornadas científicas a la karstificación en los conglomerados de Cataluña, por este motivo hemos considerado interesante resumir el estado actual de conocimientos sobre la fauna subterránea en esta litología y, al mismo tiempo, profundizar sobre si existe una fauna específica de las cavidades en conglomerados, o si, por el contrario, se trata de las mismas especies que también habitan en otros tipos de materiales, como calizas, yeso, gres, etc., con el fin de establecer si la estructura litológica podría haber influido durante los procesos de colonización de la fauna al interior de las cavidades.

La comunicación, tras una breve exposición sobre la distribución geográfica de las cavidades formadas en conglomerados en Cataluña, nos permitirá conocer su extensión, límites y posibles barreras de la fauna subterránea. Posteriormente se establece una correlación entre dichos territorios y los coleópteros hipogeos que contienen, remarcando si se trata de una presencia exclusiva en conglomerados, o por el contrario, si también habitan en otros substratos geológicos. El motivo principal de esta primera correlación reside en que los coleópteros constituyen el grupo a los que históricamente se ha dedicado una mayor atención siendo los más estudiados, tanto en Cataluña, como a nivel mundial.

A partir de recientes estudios genéticos, se ha procedido a la reordenación de algunos géneros (p.e. *Troglocharinus*, *Geotrechus*, etc.) habiendo podido profundizar en su expansión y evolución, hasta el

destacats com O. Andres, N. Llopis, A. Carreras, J. M. Victoria... foren els qui històricament havien esmentat algunes particularitats de la carstificació en conglomerats (hipocarts, manca de formes d'absorció superficials, localització restringida de formes litogèniques...). També bioespeleòlegs com per exemple A. Faille, han suggerit que en els conglomerats podria haver estat més difícil la colonització de fauna per l'existència de menys fissures, o perquè podrien assecar-se més ràpidament que les calcàries, atès que aquestes semblen gaudir de més forta retenció d'aigua, indispensable per a la fauna subterrània. Si bé ràpidament afegí què, en condicions adequades d'humitat no hauria d'haver-hi problemes per a la seva colonització, igual que esdevingué en els conductes de lava a les cavitats volcàniques, o en el Medi Subterrani Superficial (MSS) no calcari, on de fet es coneix una veritable i abundant fauna subterrània.

El treball finalitza amb algunes consideracions i conclusions que podrien desprendre's de les dades referenciades.

LA CATALUNYA KÀRSTICA EN CONGLOMERATS I LA PRESÈNCIA DE COLEÒPTERS CAVERNÍCOLES

A les XXXVIII jornades científiques de la SEDECK la major part dels treballs seran exposats per especialistes dedicats als aspectes geològics i morfològics de la carstificació en conglomerats a fi de situar-nos a l'estadi actual de coneixements. Per aquest motiu, a la nostra presentació tant sols afegirem aquelles dades indispensables per facilitar un coneixement bàsic sobre la importància i especificitats d'aquesta composició litològica i la seva relació amb la fauna subterrània.

Un bloc imprescindible per l'exploració, o pels treballs espeleològics a Catalunya és se'ns dubte l'EspeleoÍndex. El bloc mitjançant la utilització d'uns simples filtres, ens permet efectuar una selecció de les cavitats desenvolupades en conglomerats, efectuar una comparació amb cavitats d'altres litologies i identificar les àrees i comarques on aquest tipus de carstificació aconsegueix una major entitat. D'un total de 4.444 registres, a data 21/04/2023, hi hauria unes 2.500 cavitats desenvolupades en calcàries; 944 en conglomerats; 362 en dolomies; 288 en gresos; 101 en travertins; 32 en granits; 30 en margues; 30 en guixos; 20 en marbres; 16 en esquists i 13 en altres materials (Fig. 1).

A nivell de parla popular i fins en alguna toponímia, prou bé sabem que són molts els indrets on es fa servir la denominació cova, per identificar una singularitat geològica en forma de cavitat més ampla que fonda, on normalment arriba la llum exterior fins al fons i que els espeleòlegs més adientment denominem balma (bauma,

punto de poder conocer sus orígenes paleográficos, o lo que es lo mismo, la época en que iniciaron la colonización del medio subterráneo.

Posteriormente el tercer apartado, el de mayor extensión, está dedicado a revisar los otros grupos, (moluscos, crustáceos, artrópodos...) de los que disponíamos una relación de fauna identificada en conglomerados y su distribución por cavidades, añadiendo algunas particularidades y observaciones que consideramos interesantes.

No solo destacados geólogos y geomorfólogos como O. Andrés, N. Llopis, o J. M. Victoria habían estudiado algunas particularidades de la karstificación en conglomerados (hipokarts, ausencia de formas superficiales de absorción, localización puntual de formaciones litogénicas...). También bioespeleólogos destacados, como A. Faille, han sugerido la posibilidad de una mayor dificultad por la colonización de fauna en los conglomerados, debido a una presencia de menor fisuración, o tal vez porqué las cavidades podrían sufrir una desecación más rápida que en las calizas, dado que parece que podrían tener una mayor retención de agua, indispensable para la fauna subterránea. Si bien rápidamente añadía que con unas condiciones adecuadas de humedad, no debería existir ningún problema para su colonización, al igual que ha sucedido en los conductos de lava de las cavidades volcánicas, o en el Medio Subterráneo Superficial (MSS) no calcáreo, donde, de hecho, se ha localizado una verdadera y abundante representación de fauna subterránea. Otros especialistas en biología subterránea asimismo son de la opinión que no parece existir ninguna

abric...). Procedint a realitzar un segon filtre d'una manera grollera -menys de 10 m de desnivell, o de pocs metres de recorregut-, del total de 4.444 cavitats enregistrades, podríem estimar que aproximadament la meitat serien cavitats de reduïdes dimensions pel desenvolupament de fauna troglòbia, paral·lelament si del conjunt de cavitats en conglomerats s'hi exclouen les que més pròpiament correspondrien a balmes, arrodonint les xifres del miler de cavitats assenyalades, ens quedaria aproximadament una tercera part que podríem contemplar com a més interessants des del punt de vista bioespeleològic, és a dir poc menys de 300 cavitats. En aquest punt, cal emfatitzar que tot sovint són les petites cavitats -que presentin condicions adequades de foscor i humitat-, les que han donat millors resultats en la localització de fauna, atès la dificultat que normalment presenta la localització d'indrets adients a les grans cavitats.

Des del punt de vista merament administratiu, tindríem que, del total de les 42 comarques catalanes, n'hi ha la meitat on no tenim constància de cavitats subterrànies d'una certa entitat, així comarques com l'Urgell, la Segarra, les Garrigues, o el Maresme... per causa de la seva estructura geològica, es troben mancades de fenòmens kàrstics. D'altres, com per exemple l'Alt Camp, la Cerdanya, el Garraf..., tot i disposar d'un bon nombre de cavitats, cap d'elles es desenvolupa en conglomerats.

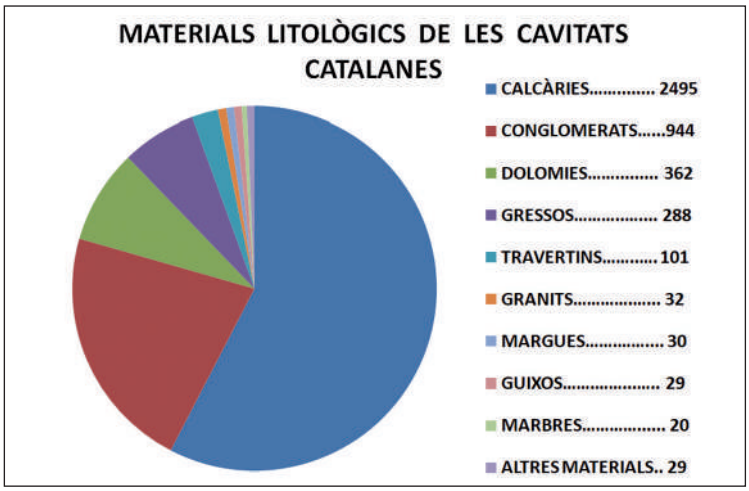


Figura 1. Nombre de cavitats de Catalunya en funció del substrat geològic.

Figure 1. Number of caves in Catalonia according to geological structure.

Pels objectius de la nostra recerca, resulta més adient considerar la presència de cavitats per unitats geològiques, o massissos muntanyosos, que no pas per divisions de tipus administratiu. A efectes estadístics referim un nombre aproximat de cavitats en conglomerats que serien potencialment interessants (Fig. 2).

El nombre de cavitats interessants, endreçada per comarques i massissos seria: el Vallès Occidental (massís de St. Llorenç del Munt i serra de l'Obac) amb 68 cavitats; el Bages (massissos de Montserrat i St. Llorenç) amb 45 cavitats; el Priorat (serra del Montsant) amb 44; el Solsonès (serres d'en Busa, de Querol, d'Odèn...) amb 41; el Pallars Jussà (Montsec de Rúbies, Serres del Boumort, de Gurb i de Lleràs...) amb 26; el Baix Llobregat (Montserrat, rodalia de Vallirana...) amb 21;

diferenciación en la adaptación de la fauna hipogea en cualquier litología.

El artículo finaliza exponiendo las consideraciones y conclusiones que se desprenderían de la relación de datos presentados.

LA CATALUÑA KÁRSTICA EN CONGLOMERADOS Y LA PRESENCIA DE COLEÓPTEROS CAVERNÍCOLAS

Las XXXVIII Jornadas científicas de la SEDECK presentan una mayoría de artículos preparados por especialistas, relacionados con la geología general y específica de la karstificación en conglomerados, por nuestra parte sólo añadiremos aquellos datos indispensables que ayuden a facilitar la comprensión y la importancia que tiene esta singular composición litológica de las cavidades y su relación con la fauna subterránea.

El blog EspeleoÍndex resulta un elemento imprescindible para la exploración y realización de trabajos espeleológicos en Cataluña. Mediante la aplicación de unos sencillos filtros nos permite obtener y consultar las cavidades desarrolladas en conglomerados de Cataluña y su comparativa con las excavadas en otro tipo de litologías, toda vez que identificamos aquellas áreas y comarcas donde este tipo de karstificación adquiere una mayor entidad. De un total de 4.444 registros (a 21-04-2023), existirían unas 2.500 cavidades en calizas, 944 en conglomerados, 362 en dolomías, 288 en gres, 101 en travertinos, 32 en granito, 30 en margas, 30 en

Figura. 1. Número de cavidades de Cataluña según la estructura geológica

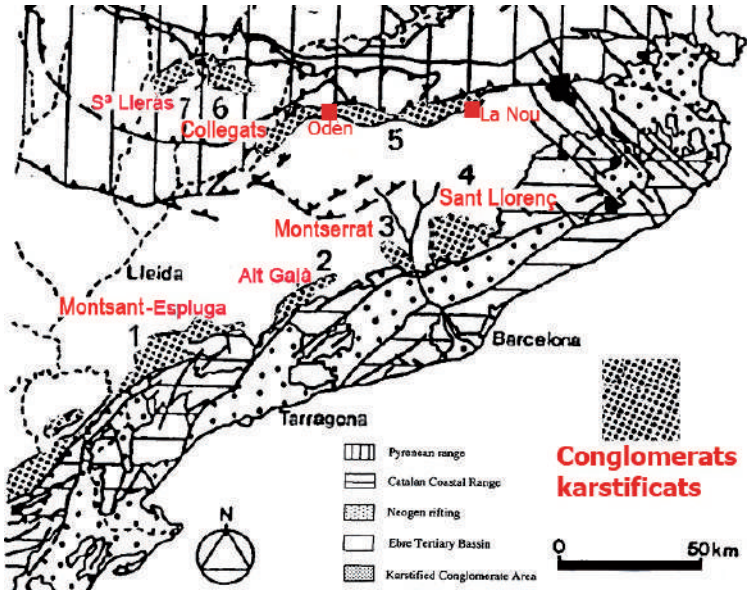


Figura 2. Situació dels conglomerats carstificats a Catalunya. 1- Sª del Montsant (Priorat) / Espluga de Francolí (Conca de Barberà); 2- Alt Gaià; 3- Montserrat; 4- Sant Llorenç del Munt; 5- Zona La Nou (Bergadà) / Odèn (Solsonès); 6- Collegats; 7- Serra de Lleràs.

Figure 2. Situation of karstified conglomerates in Catalonia. 1- Sª del Montsant (Priorat) / Espluga de Francolí (Conca de Barberà); 2- Alt Gaià; 3- Montserrat; 4- Sant Llorenç del Munt; 5- Zona La Nou (Bergadà) / Odèn (Solsonès); 6- Collegats; 7- Serra de Lleràs.

Berguedà (el Catllaràs, Rasos de Peguera...) amb 13; l'Anoia (Montserrat) amb 10; la Conca de Barberà (rodalies de l'Espluga, Vimbodí...) amb 7; la Noguera (Camarasa, fins al port de Comiols) amb 5; la Terra Alta (Serra de Pàndols, zona NO del Port) amb 5; l'Alt Urgell (Oliana, Serra del Boumort) amb 4; el Ripollès (rodalia de St. Jaume de Frontanyà) amb 3; el Moianès (Castellterçol, Granera) amb 3; el Pallars Sobirà (al O de la Serra de Prada) amb 2, amb un total entre 250 i 275 cavitats de certa consideració i potencialment interessants, mentre la resta serien balmes o cavitats amb desenvolupament poc important.

Considerem simultàniament la distribució de conglomerats per massissos, o afloraments, amb la presència de coleòpters hipogeus, realitzant un transsecte des del sud de Catalunya i avançant primer en direcció nord-est, per després abastar cap a nord-oest tenim, en primer lloc uns afloraments puntuals a les rodalies d'Horta de Sant Joan, a la coneguda Muntanya de Sta. Bàrbara; a l'extrem sud-oest dels Ports que compta amb un reduït nombre de petites cavitats, molt seques i condicions climàtiques poc aptes, on s'hi desconeixem la presència de fauna hipogea. Quelcom similar succeeix a les properes Serres de Cavalls i de Pàndols malgrat l'existència d'algunes cavitats prou rellevants.

Situant-nos més cap a nord-oest hi tenim els imponents relleus del massís del Montsant, a la comarca del Priorat, on es coneix un bon nombre de cavitats la majoria de les quals són de tipologia tectònica, amb l'excepció de per exemple, la Cova Santa. A tota la regió hi habita el coleòpter Leptodirini *Paranillochlamys catalonica* (Jeannel, 1913) capturat a una desena de cavitats en conglomerats, però també en cavitats com a l'Avenc del Nenet i l'Avenc d'en Basques, a la població de la Figuera, de litologia calcària. Cal destacar la convivència amb el Trechini *Duvalius berthae* Jeannel, 1910, si bé només està registrada la seva captura a la Cova Santa, aspecte que contrasta amb les més de 30 localitats de la mateixa espècie a les veïnes muntanyes de Prades, si bé sempre en altres materials com calcaries, o guixos.

Figura 2. Situación de los conglomerados karstificados en Cataluña. 1- Sª del Montsant (Priorat) / Espluga de Francolí (Conca de Barberà); 2- Alt Gaià; 3- Montserrat; 4- Sant Llorenç del Munt; 5- Zona La Nou (Bergadà) / Odèn (Solsonès); 6- Collegats; 7- Serra de Lleràs.

yesos, 20 en mármol, 16 en esquistos y 13 en otros materiales (Fig. 1).

A nivel popular y algunas veces hasta toponímico se aplica la denominación de Cueva a una singularidad geológica que con mayor propiedad deberíamos denominar «Abrigo». En la terminología espeleológica consideramos un abrigo aquella cavidad más ancha que profunda, donde normalmente la luz exterior llega hasta el fondo. Así pues, aplicando un segundo filtro, del total de las 4.444 cavidades catalogadas, podría estimarse «grosso modo» que aproximadamente la mitad serían de reducidas dimensiones (menos de 10 m de desnivel, o de pocos metros de recorrido) para el desarrollo de fauna troglóbia. Por el objetivo del presente artículo, sobre la fauna hipogea, de todo el conjunto de cavidades se ha excluido el porcentaje de los abrigos contemplados en la catalogación. Redondeando, de aquellas mil cavidades excavadas en conglomerados, nos quedarían aproximadamente una tercera parte que podríamos considerar de interés desde el punto de vista bioespeleológico, es decir, poco menos de 300 cavidades; por más que debamos remarcar que es en las pequeñas cavidades que presenten condiciones adecuadas de oscuridad y humedad, las que han proporcionado mejores resultados, respecto a las de grandes dimensiones, donde siempre resulta difícil localizar las zonas adecuadas para detectar la presencia de fauna.

Desde un punto de vista administrativo, del total de las 42 comarcas catalanas, en la mitad de ellas no se tiene constancia de cavidades con una cierta

A la propera comarca de la Conca de Barberà, a la serra de la Llena i al nord de les Muntanyes de Prades hi ha una important presència de balmes en conglomerats però poques cavitats, entre les que hi destacaríem la cova del mas de la Llana i a la depressió Central la cova de la Font Major, a l'Espluga de Francolí a banda d'altres menors. Tot i les recerques efectuades sembla inexistent la presència de coleòpters hipogeus, si bé s'han capturat exemplars d'altres grups de fauna, com s'esmentarà al capítol 3 (Fig. 3).

Per trobar noves cavitats de conglomerats amb fauna hipogea, tot resseguint la serralada Prelitoral cal situar-nos al massís de Montserrat, a la serra de l'Obac i als relleus de Sant Llorenç del Munt, situats entre les comarques de l'Anoia, el Bages, el Vallès Occidental i el Baix Llobregat, que és la regió conglomeràtica amb el nombre més alt de cavitats. A tota aquesta àrea l'espècie emblemàtica és el coleòpter *Troglocharinus kiesenwetteri* (Dieck, 1869) capturat a més de setanta cavitats, si bé de les tres subespècies descrites, només la ssp. *sanllorensi* s'ha trobat de manera exclusiva en conglomerats, mentre la ssp. *andresi* es localitza a un reduït nombre de cavitats calcàries a la serra del Cairat, i la montserratina ssp. *kiesenwetteri,* a banda dels conglomerats, també s'ha capturat a la cova de Castellolí en calcàries, on conviu amb l'espècie *Troglocharinus elongatus* Zariquiey, 1950, que colonitza tot el bloc del Gaià, fins a la zona d'Albinyana,

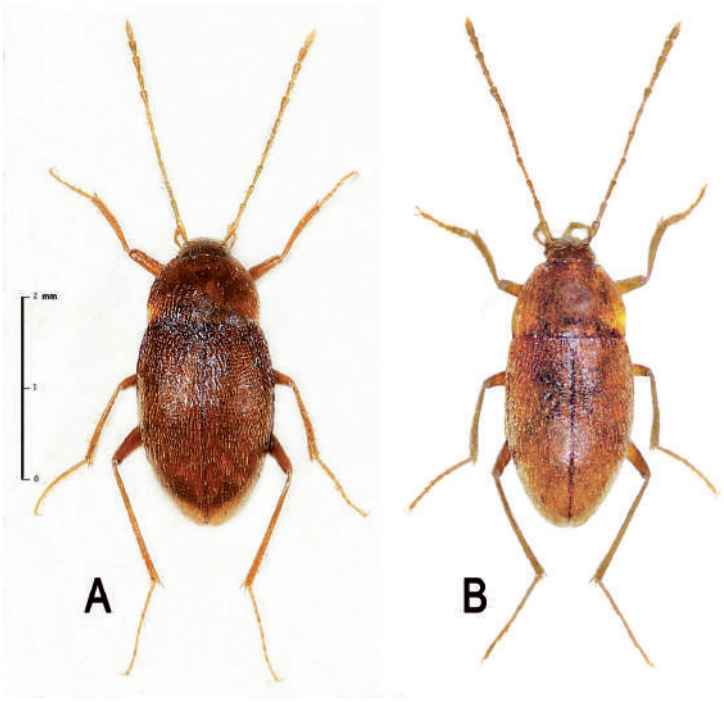


Figura 3. ***Troglocharinus kiesenwetteri.*** **A: ssp.** ***kiesenwetteri.*** **B: ssp.** ***sanllorensi.***

Figure 3. **Troglocharinus kiesenwetteri.** ***A: ssp.*** **kiesenwetteri.** ***B: ssp.*** **sanllorensi.**

capturat a més de 40 localitats, totes elles en calcàries (Fig. 4).

Traslladant-nos més cap al nord, a la regió més oriental dels Prepirineus, entre les serralades de Ripoll i Berga, fins arribar al Coll de Jou, ja a la comarca del Solsonès, hi tenim l'hàbitat del Leptodirini que ocupa una major àrea de dispersió de tot Catalunya, es tracta de *Parvospeonomus delarouzeei* (Fairmaire, 1860), localitzat a un gran nombre de cavitats en calcàries, però, tanmateix capturat a la cova de Llentes a les Llosses (Ripollès), o a l'avenc del Bages i el del Coll de Jouet, a Guixers (Solsonès), on conviu amb

entidad, así comarcas como l'Urgell, la Segarra, les Garrigues, o el Maresme... fundamentalmente por su estructura geológica están faltadas de fenómenos kársticos, mientras que otras, como por ejemplo l'Alt Camp, la Cerdanya, el Garraf..., aun disponiendo de un número importante de cavidades, ninguna se ha desarrollado en conglomerados.

Para nuestros objetivos resulta más conveniente la consideración de cavidades por unidades geológicas, o macizos y no por divisiones administrativas, así a efectos estadísticos podemos referirnos a un número aproximado de cavidades potencialmente interesantes en conglomerados (Fig. 2)

El número aproximado de cavidades consideradas obtenidas de EspeleoÍndex, por comarcas y macizos podría ordenarse por: el Vallès Occidental (macizos de St. Llorenç del Munt y sierra de l'Obac) con 68 cavidades; el Bages (Montserrat y St. Llorenç) con 45 cavidades; el Priorat (sierra del Montsant) con 44: el Solsonès (sierras d'en Busa, de Querol, d'Odèn...) con 41; el Pallars Jussà (el Montsec de Rúbies, sierra del Boumort, sierras de Gurb y de Lleràs...) con 26; el Baix Llobregat (Montserrat y Vallirana...) con 21; el Berguedà (sierra de Catllaràs, Rasos de Peguera...) con 13; l'Anoia (Montserrat) con 10; la Conca de Barberà (depresión central, l'Espluga, Vimbodí...) con 7; la Noguera (Camarasa, hasta el puerto de Comiols) con 5; la Terra Alta (sierra de Pàndols, zona NO del Port) con 5; l'Alt Urgell (Oliana, sierra de Boumort) con 4; el Ripollès (cercanías de St. Jaume de Frontanyà) con 3; el Moianès (Castellterçol, Granera) con 3; el Pallars Sobirà (al O de la sierra de Prada) con 2. Así pues, en total existen entre 250

Figura 3. *Troglocharinus kiesenwetteri.* A: ssp. *kiesenwetteri.* B: ssp. *sanllorensi.*

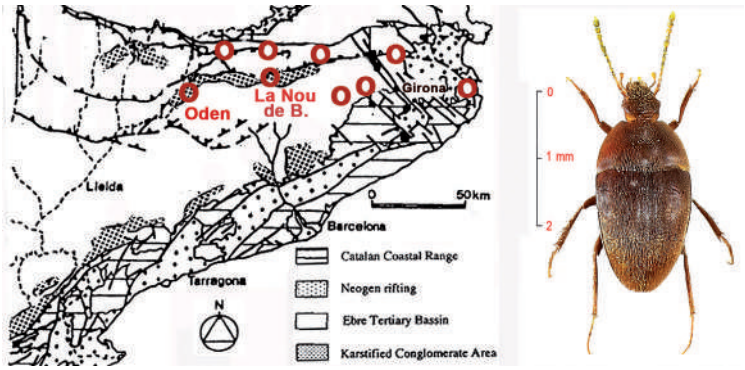


Figura 4. Àrea de distribució del coleòpter leiòdid *P. delarouzeei*, l'espècie que ocupa una major extensió de Catalunya. A la dreta un exemplar de la Bòfia de l'Obaga d'Espades, La Nou de Berguedà. Foto A. Meseguer.

Figure 4. Distribution area of the Leiodidae beetle* P. delarouzeei*, the species that occupies a greater extension in Catalonia. On the right a specimen from the Bòfia de l'Obaga d'Espades, La Nou de Berguedà. Photo A. Meseguer.

Troglocharinus mercedesi (Zariquiey, 1922), que és l'espècie més representativa de les cavitats en conglomerades del Solsonès (St. Llorenç de Morunys, Odèn, Cambrils...).

Enmig de les anteriors una mica més al nord, a la serra de Catllaràs, entre Berga i Ripoll, hi ha la bòfia de l'Obaga d'Espades a la Nou de Berguedà on l'esmentat *P. delarouzeei* conviu amb el caràbid *Aphaenops (Ceretotrechus) victoriai* (Faille, Bordeau, Bellés & Fresneda, 2015), essent aquesta la única localitat en què s'ha capturat; de manera quelcom similar, però més cap a l'oest (Solsonès), és el cas de *l'Aphaenops ubachi* (Español, 1965), que conviu amb *T. mercedesi* a l'avenc del Xato, d'Odèn.

Situant-nos més a l'oest, ja en els límits de la comarca del Solsonès amb la de l'Alt Urgell, a la bòfia de Valldàn, en conglomerats, s'hi ha capturat el darrer Leptodirini descrit a Catalunya amb el nom de *Troglocharinus vivesi* Comas, 2022 que conviu amb *Troglocharinus subilsi* (Español, 1965), aquest darrer també capturat a d'altres cavitats de la zona d'Alinyà, al marge esquerra del riu Segre, en calcàries.

A la vessant dreta del Segre, distribuït pel nord de Peramola i la serra del Boumort, arribant fins als conglomerats del Port de Comiols, hi habita l'espècie *Troglocharinus fonti* (Jeannel, 1910), que també ha estat capturat en cavitats calcàries; passant quelcom similar amb *Troglocharinus vinyasi* (Escolà, 1971), capturat a diverses cavitats calcàries de la serra d'Arçosa, però també en conglomerats, com a l'avenc de la Roca del Corb de Peramola.

Entre els rius Noguera Pallaresa i Noguera Ribagorçana, a les serralades de Gurb i Lleràs hi ha el representant típic: l'espècie *Speonomites criptycola* (Jeannel, 1910), capturat a més d'una quinzena de cavitats en conglomerats, però també a la cova de les Llenes, a Erinyà, en terrenys calcaris.

Finalment a la zona més occidental, entre les serres de Lleràs i de St. Gervàs, hi ha l'espècie *Stygiophies latebricola* (Jeannel, 1911) on la ssp. *elongatus* (Jeannel, 1911) habitaria en calcàries i conglomerats, mentre la ssp. *latebricola* (Jeannel, 1911) de l'Espluga Llorna com a localitat típica, només s'ha localitzat en conglomerats. I pràcticament superposant-se a l'anterior al graller de

Figura. 4 Área de distribución del coleóptero leiódido *P. delarouzeei*, la espècie que ocupa una mayor extensión en Cataluña. A la derecha un ejemplar de la Bòfia de l'Obaga d'Espades, La Nou de Berguedà. Foto A. Meseguer.

y 275 cavidades consideradas interesantes, el resto serían abrigos, o cavidades con desarrollo de poca importancia.

Al considerar simultáneamente la presencia de conglomerados y de los coleópteros hipogeos, si realizamos un barrido que comenzaría desde el S de Cataluña, avanzando inicialmente en dirección NE, para después extenderse hacia el NO, encontramos los primeros afloramientos puntuales de conglomerados en los alrededores de Horta de Sant Joan, en la montaña de Sta. Bárbara con unas pocas cavidades que parecen no presentar condiciones climáticas, desconociéndose la presencia de fauna hipogea. Un caso similar ocurriría en las sierras de Cavalls y de Pàndols, a pesar de que existen algunas cavidades interesantes.

Situándonos más al N-NO, se alzan los imponentes relieves del macizo del Montsant, en la comarca del Priorat, donde se conocen numerosas cavidades, la mayoría de las cuales podríamos clasificar de tipología tectónica con la notable excepción de la cueva Santa y alguna otra. En toda esta región habita el coleóptero Leptodirini *Paranillochlamys catalonica* (Jeannel, 1913) conocido en una decena de cavidades en conglomerados, pero que también ha sido capturado más hacia el SO, en la población de la Figuera, en cavidades de litología caliza. A destacar la convivencia con el Trechini *Duvalius berthae* Jeannel, 1910; si bien este solamente se ha capturado en la cova Santa, situación que contrasta con la captura en más de 30 cavidades de litología caliza en las vecinas montañas de Prades.

Castellet hi ha el *Troglocharinus quadricollis* (Jeannel, 1911) al sud-oest del pic de Lleràs capturat a tres cavitats exclusivament en conglomerats, essent aquesta la distribució més occidental del gènere *Troglocharinus* Reitter, 1908, el més prolífic de Catalunya (Fig. 5).

Una novetat recent força interessant, seria el cas del *Speonomus ellipticus* (Jeannel, 1911). L'any 1911 Jeannel va capturar al forat la Bou de Serradell, un exemplar femella d'un Leptodirini desconegut i que no va descriure fins el 1924. Foren moltes les visites de generacions de bioespeleòlegs a l'esmentada cavitat, per aconseguir-ne més exemplars i només aparegueren centenars d'exemplars de *S. crypticola*, però mai més es va trobar cap *S. ellipticus,* fins al punt de considerar-se un enigma i dubtant-se de la seva validesa. El biòleg Carles Hernando, va poder fotografiar l'holotipus al Museu d'Història Natural de Paris, verificant la seva validesa. Finalment durant una exploració a una cavitat propera es van capturar alguns exemplars que han estat determinats com la de l'espècie enigma, si bé encara es troben en estudi, havent-se determinat la validesa de l'espècie.

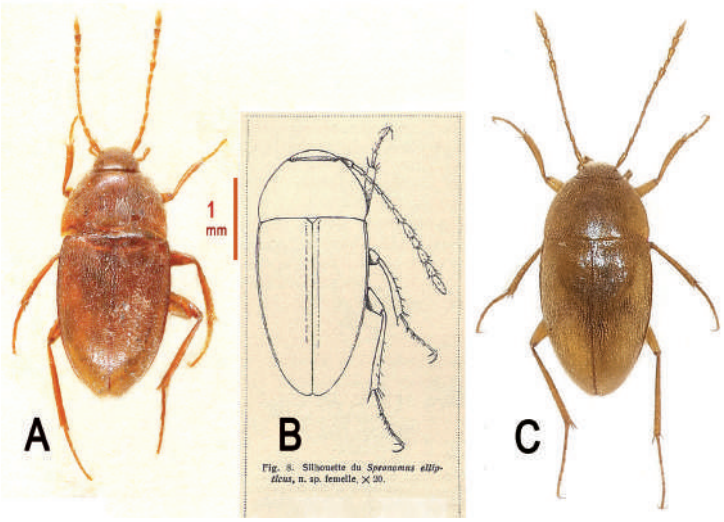


Figura 5. A: Fotografia (C. Hernando) de l'holotipus de *Speonomus ellipticus*. B: dibuix de la descripció original (Jeannel, 1924). C: fotografia de la nova localització. Foto J. Comas.

Figure 5. A: Photo (C. Hernando) of the holotype of* Speonomus ellipticus. *B: drawing of the original description (Jeannel, 1924). C: photo of the new location. Photo J. Comas.

UNA RELACIÓ DE TÀXONS DE LA FAUNA SUBTERRÀNIA EN CONGLOMERATS

La relació de taxons citats en cavitats de conglomerats és llarga i monòtona, trobant-se dispersa en una gran quantitat de publicacions especialitzades, tot seguit es mostra una selecció endreçada per categories taxonòmiques per ordres i espècies, amb alguns exemples de localitzacions en altres materials litològics com calcàries, guixos, gresos, etc.

A banda de la consulta de treballs especialitzats, s'ha pogut completar la relació amb la Consulta de la base de dades de la col·lecció zoològica del Centre de Recursos de Biodiversitat Animal de la Universitat de

En la cercana comarca de la Conca de Barberà, en toda la sierra la Llena mientras existe una gran abundancia de abrigos, las cavidades en conglomerados son escasas, destacando la cova de la Font Major, a l'Espluga de Francolí y la cova del Mas de la Llana, donde no se ha detectado la presencia de coleópteros hipogeos, pero sí de otros grupos, como se mencionará en el próximo capítulo (Fig. 3).

Para encontrar nuevas cavidades en conglomerados con fauna hipogea a lo largo de la cordillera prelitoral catalana, será preciso situarnos en los relieves de Montserrat, la sierra de l'Obac y Sant Llorenç del Munt, situadas estas entre las comarcas l'Anoia, el Bages el Vallés Occidental y el Bajo Llobregat, donde se conocen el mayor número de cavidades. Toda esta área está ocupada por la especie *Troglocharinus kiesenwetteri* (Dieck, 1869), con tres subespecies descritas, capturadas en más de sesenta de cavidades, si bien, solamente la ssp. *sanllorensi* se localiza exclusivamente en conglomerados. La montserratina ssp. *kiesenwetteri*, además de en conglomerados, también se ha localizado en la cova de Castellolí, en calizas, siendo la única localidad donde convive con otra especie del mismo género: *T. elongatus* Zariquiey, 1950, que coloniza todo el conjunto del denominado bloque del Gaià, hasta Albinyana y que ha sido capturada en más de 40 localidades, todas ellas en calizas (Fig. 4). Trasladándonos hacia el N, ya en la región más oriental del Prepirineo, entre los relieves de Ripoll y Berga, llegando hasta Coll de Jou, en el Solsonès, habita el leptodirini que cuenta con una mayor área de dispersión en Cataluña. Se trata

Figura 5. A: Fotografía (C. Hernando) del holotipo de *Speonomus ellipticus*. B: dibujo de la descripción original (Jeannel, 1924). C: fotografía de la nueva localización. Foto J. Comas.

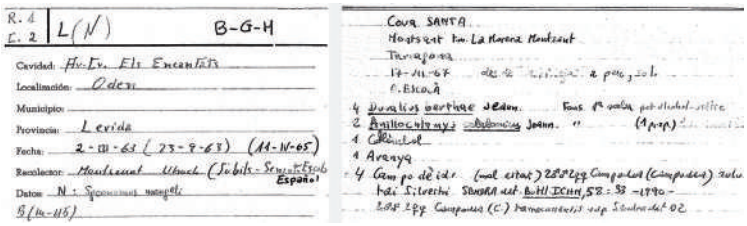


Figura 6. Format de les fitxes de l'arxiu del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

Figura 6. Files format of the archive of the Museum of Natural Sciences of Barcelona.

Biologia UB, així com la col·lecció de fitxes desenvolupades per O. Escolà a l'època en que fou conservador del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), conservades al Laboratori d'Artròpodes d'aquest museu. A cada fitxa hi consta una relació de fauna observada i/o recollida en diferents visites a cavitats, tant pel propi O. Escolà, com per altres col·laboradors del MCNB i d'un total de 1.450 fitxes, unes 300 es corresponen a cavitats formades en conglomerats (Fig. 6).

Mol·luscs

Fins el moment, no es coneixen especies troglòbies d'aquest fílum a Catalunya, si bé s'ha determinat i citat un bon nombre d'espècies higròfiles, a cavitats del Montsant, la Conca de Barberà, Montserrat, St. Llorenç, el Solsonès, Alòs de Balaguer..., però pel fet de tractar-se de cavernícoles accidentals, o troglòfils, principalment d'alimentació detritívora, molts d'ells també han estat trobats a l'exterior i a tot tipus de cavitats, com per exemple l'espècie *Atenia quadrasi* (Hidalgo, 1885) endemisme ibèric que gaudeix d'una àmplia distribució per les serralades de Catalunya i Llevant, poden citar-se referències properes a cavitats com la cova de les Aigües a l'Espluga de Francolí, conglomerats, però també a diverses cavitats de Montblanc i de la Vall del Brugent en calcàries.

Afegim una relació de mol·luscs capturats a cavitats en conglomerats, que no són exclusius d'aquests tipus de roca.

Oxychilus draparnaudi (Beck, 1837) cova de la Taberna (Montsant) i Pou de Costa Dreta (Montserrat)

Oxychilus alliarius (Miller, 1822). Cova Santa (Montsant)

Helicigona lapicida (Linnaeus, 1758). Cova de Mura (Serra de l'Obac)

Morlina glaber (Rossmässler, 1835) = *Oxychilus glaber.* També a la cova de la Taberna

Clausidia bidentata (Strom, 1765). Avenc del Daví (St. Llorenç del Munt)

Zebrina detrita Müller, 1774. Avenc del Coll d'Alzina (Serra d'Odèn)

Moitessieria olleri Altimira, 1960. Estigobi de la cova del Toll i fonts de rodalies, però també a fonts de la riera de Rellinars (Fig. 7).

Figura 6. Formato de las fichas del archivo del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.

del *Parvospeonomus delarouzeei* (Fairmaire, 1860), que si bien se ha localizado en numerosas cavidades calizas, también ha sido capturado en la cova de Llentes, en las Llosses, o en els avencs del Bages y del Coll de Jouet, conviviendo en estos últimos con *Troglocharinus mercedesi* (Zariquiey, 1922), que sería la especie representativa de las cavidades de conglomerados en la zona del Solsonès (St. Llorenç de Morunys, Odèn, Cambrils...).

En medio de las zonas citadas, pero un poco más al N hay la sierra de Catallaràs (el Berguedà), donde en la Bòfia de l'Obaga d'Espades, el citado *P. delarouzeei* convive con el carábido *Aphaenops (Ceretotrechus) victoriai* (Faille, Bordeau, Bellés & Fresneda, 2015), siendo esta la única localidad en que ha sido capturado; caso similar, pero más al O (el Solsonès), tenemos otro caso parecido con el *Aphaenops ubachi* (Español, 1965), en el avenc del Xato de Odèn, donde convive con *T. mercedesi*, ambas en conglomerados.

Más hacia el O, ya en el límite de la comarca del Solsonès con la del Alt Urgell, existe la Bòfia de Valldàn donde recientemente ha sido capturado y descrito el último Leptodirini de Cataluña con el nombre de *Troglocharinus vivesi* Comas, 2022, el cual convive con *Troglocharinus subilsi* (Español, 1965), con ejemplares localizados en otras cavidades calizas en los relieves de Fígols y Alinyà, en el margen izquierdo del rio Segre.

Por su parte, en la vertiente derecha del Segre, al N de Peramola, la sierra de Boumort, hasta los conglomerados del puerto de Comiols (Montsec)

Palpígrads

Ordre d'aràcnids de mida petita (menys de 2 mm) amb una prolongació característica al final de l'abdomen. Relicte d'antigues faunes tropicals d'origen Laurasià que deuria estar molt estès en èpoques pre-miocèniques (Bellés, 1987). Es tracta d'un grup i espècie molt rar, de la que només es coneix una femella de l'espècie *Eukoenenia zariquieyi* (Condé, 1951) de la cova del Salnitre; a banda d'una troballa a la cova dels Muricecs de la que s'hauria extraviat l'exemplar (comunicació personal Ll. Auroux) (Fig. 8).

Araneids

En el cas de les aranyes hi destacaríem en primer lloc, un dels taxons més visibles pels espeleòlegs com és la presència del gènere *Meta* C. L. Koch, 1835 (Araneae, fam. Tetragnathidae) de mida gran (11-17 mm) i que es troben sovint a l'entrada de les cavitats. El gènere consta de dues espècies i sembla produir-se un cas clar d'exclusió competitiva, habitant àrees diferenciades, si bé han estat citades en tot tipus de materials: calcàries, conglomerats, guixos... malgrat aquesta família no compta amb cap representant veritablement troglobi.

Meta menardi (Latreille, 1804) té una distribució geogràfica àmplia per tota la regió paleàrtica trobant-se a la zona més septentrional de Catalunya, NW de Lleida (Fig. 9).

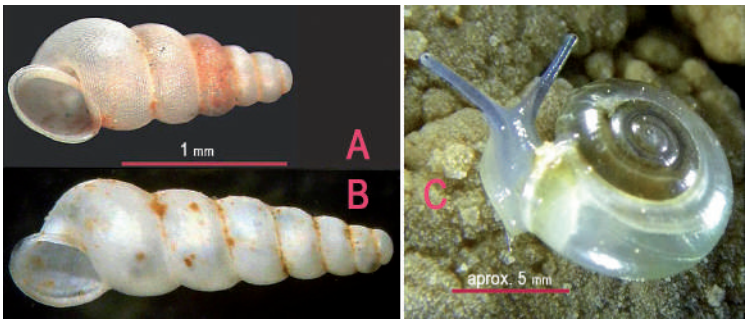


Figura 7. A: *Moitessieria aurea*, Forat de l'Or. B: *Moitessieria olleri*, cova del Toll. C: *Oxichyllus* sp. Bòfia de l'Obaga d'Espades Foto A. Meseguer.

Figure 7. A:* Moitessieria aurea*, Forat de l'Or. B:* Moitessieria olleri*, cova del Toll. C:* Oxichyllus *sp. Bòfia de l'Obaga d'Espades Foto A. Meseguer.

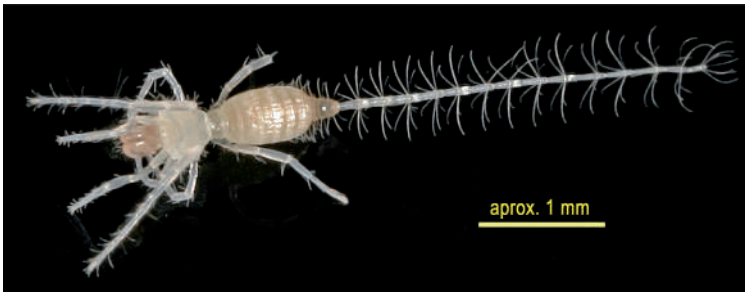


Figura 8. *Eukoenenia zariquieyi* (Condé, 1951). Foto: Adrià Miralles, any 2023, en un avenc del massís de Montserrat.

Figure 8.* Eukoenenia zariquieyi *(Condé, 1951). Photo: Adrià Miralles, year 2023, taken in a cave in the Montserrat massif.

Meta bourneti Simon, 1922 de mida i coloració similar a l'anterior distribuïda pels massissos de Montserrat, St. Llorenç del Munt, Garraf, Tarragona..., distribuïda més cap l'est i sud-est de Catalunya, també a Balears, Múrcia, Andalusia.

tenemos la especie *Troglocharinus fonti* (Jeannel, 1910) que coloniza esta extensa área, que también ha sido capturada en cavidades calcáreas. Lo mismo ocurre con *Troglocharinus vinyasi* (Escolà, 1971), capturado en diversas cavidades calizas de la sierra de Arçosa y tambien en l'avenc de la Roca del Corb, de Peramola, en conglomerados.

Entre los ríos Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorçana, en los relieves de Gurb y Lleràs, tenemos, como representante típico de la sierra de Lleràs a *Speonomites criptycola* (Jeannel, 1910), capturado en más de quince cavitades en conglomerados, pero también en terrenos calizos, como la cova de les Llenes en Erinyà.

Finalmente, en la zona más occidental, entre las sierras de Lleràs (Espluga Llorna de Castellet) y de Sant Gervàs, se localiza la especie *Stygiophies latebricola* (Jeannel, 1911), con la ssp. *elongatus* (Jeannel, 1911) que habita en calizas y conglomerados, mientras que la ssp. *latebricola* (Jeannel, 1911) solamente se distribuye por conglomerados. Y superponiéndose a la anterior, se conoce la especie *Troglocharinus quadricollis* (Jeannel, 1911), situada a SO del pico de Lleràs (Graller de Castellet), capturada en tres cavidades de conglomerados, siendo esta la distribución más occidental del prolífico género *Troglocharinus* Reitter, 1908, en Cataluña (Fig. 5).

Una reciente novedad, interesante por su historia sería el caso de *Speonomus ellipticus* (Jeannel, 1911) El año 1911, Jeannel capturó en el Forat la Bou en Serradell, Lleida, un ejemplar hembra de un Leptodirini desconocido y su descripción no se

Figura. 7. A: *Moitessieria aurea*, Forat de l'Or. B: *Moitessieria olleri*, cova del Toll. C: *Oxichyllus* sp. Bòfia de l'Obaga d'Espades Foto A. Meseguer.

Figura 8. *Eukoenenia zariquieyi* (Condé, 1951). Foto: Adrià Miralles, año 2023, tomada en una sima del macizo de Montserrat.

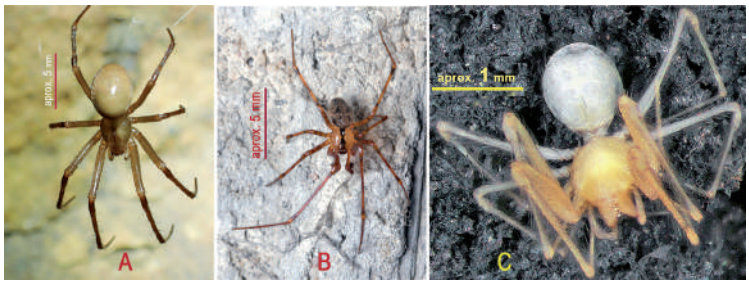


Figura 9. A: ***Meta menardi.*** **Mina Aram, Tordera, Maresme. Foto: Agustí Meseguer. B:** ***Nesticus cellulanus.*** **Foto internet.**

Figure 9. A: **Meta menardi.** ***Mina Aram, Tordera, Maresme. Photo: Agustí Meseguer. B:*** **Nesticus cellulanus.** ***Photo internet.***

De la família Leptonetidae, dins l'àrea mediterrània hi destacarien diverses espècies, com la *Leptoneta leucophthalma* (Simon, 1907) present a diverses cavitats de la vall de Serradell i també la *Leptoneta infuscata* (Simon, 1872) amb gran varietat de caràcters adaptatius al medi subterrani i d'àmplia distribució per Catalunya i Balears, malgrat també pot trobar-se en el medi epigeu.

De la família Linphiidae hi destacaríem l'endemisme ibèric *Leptyphantes lorifer* (Simon, 1907) localitzada a més d'una 20 de cavitats per Barcelona, Lleida i Tarragona, tant en calcàries com en conglomerats (Ribera, 1981).

Nesticus cellulanus (Clerk, 1757), freqüent a la majoria de les coves formant l'anomenada associació parietal, àmpliament distribuïda per la meitat nord de la península i la trobem també tant a conglomerats, com en calcàries.

L'espècie *Tegenaria racovitzai* (Simon, 1907). Troglòbia poc modificada, citada a cavitats de Montserrat i del Prepirineu de Girona i d'Osca.

Telema tenella Simon, 1882. Troglòbia especialitzada estudiada i coneguda a les rodalies del Canigó a la Catalunya francesa i de la cova del Far (Susqueda).

Speleoharpactea levantina Ribera, 1982 espècie troglòbia adaptada de cavitats de Castelló, però també trobada a la Serra del Montsià a Catalunya en calcàries.

Opilions

Es tracta d'un grup filètic molt antic (Devonià, Silurià?) llunyanament emparentat amb les aranyes, però fàcilment distingibles. A Catalunya fou estudiat primer per E. Simon, després M. Rambla i més recentment per C. Prieto. No s'ha descrit cap espècie troglòbia, però n'existeixen de troglòfiles localitzades amb certa regularitat, entre les que hi podem destacar:

Astrobunus grallator Simon, 1879 opilió Sclerosomatidae, freqüent a l'entrada de les cavitats i citat a una cinquantena de localitats, la majoria en les províncies de Barcelona, Girona i Lleida. Viu a les cavitats en conglomerats de St. Llorenç del Munt, però també en calcàries (Fig 10).

De la família Phalangodidae, hi tenim les

Figura 9. A: *Meta menardi.* Mina Aram, Tordera, Maresme. Foto: Agustí Meseguer. B: *Nesticus cellulanus.* Foto internet.

realizó hasta el año 1924. Han sido generaciones de bioespeleólogos que a lo largo de numerosas visitas a la cueva han intentado encontrarlo, capturando tan solo centenares de ejemplares *Speonomites crypticola*, pero nunca más se capturó ningún *S. ellipticus*, por lo que se consideró una especie enigmática, con serias dudas sobre su validez. El biólogo Carles Hernando, logró fotografiar el ejemplar tipo depositado en el Museo de Historia Natural de París, mostrando su validez. Recientemente, durante la exploración en una cavidad cercana, se capturaron algunos ejemplares que parecen confirmar la legitimidad de aquella rara especie.

UNA RELACIÓN DE TAXONES DE FAUNA SUBTERRÁNEA EN CONGLOMERADOS

La relación de taxones citados en cavidades de conglomerados es larga y monótona habiéndose obtenido de un gran número de publicaciones especializadas. A continuación mostramos una selección ordenada por categorías taxonómicas, por órdenes y especies con su correspondiente localización, mostrando algunos ejemplos de referencias en materiales geológicos distintos como calizas, yesos, gres, etc.

Además de las publicaciones especializadas, se ha consultado la «Base de dades de la col·lecció zoològica del Centre de Recursos de Biodiversitat Animal de la Universitat de Biología, UB», así como la colección de fichas del Museu de Ciències Naturals

espècies *Scotolemon lespesi* Lucas, 1861 present a cavitats del Solsonès, Alt Urgell i Nord de Catalunya, així com també la *Scotolemon catalonicum* (Kraus, 1961) a cavitats més meridionals de la serralada prelitoral com St. Llorenç del Munt i Serra de l'Obac.

Nemastomella bacillifera (Simon, 1879) Espècie distribuïda des del Cantàbric fins els Pirineus, escassament citada i trobada recentment a l'Espluga Llorna (conglomerats) i a la cova del Mort (gresos). Per la seva part, *Nemastomella dubia* (Mello-Leitão, 1936) està a nombroses coves a les províncies de Barcelona, Girona i darrerament de Lleida.

Figura 10. ***Scotolemon lespesi.*** **Coves de la Quera, Estamariu, Alt Urgell. Foto: Agustí Meseguer.**

Figure 10. **Scotolemon lespesi.** ***Coves de la Quera, Estamariu, Alt Urgell. Photo: Agustí Meseguer.***

Pseudoescorpins

El grup de pseudoescorpins ha reclamat de fa anys l'atenció dels especialistes d'arreu del món. A Catalunya hi habiten algunes espècies troglòbies molt interessants. Els darrers anys gràcies als estudis de J. A. Zaragoza (†), que efectuà una completa revisió i actualització. El treball presenta un elevat nombre d'endemismes, especialment de les fam. Chthoniidae i Neobisiidae, esmentant que les especies confinades a la vida subterrània són en un medi molt procliu a la producció d'endemismes (Zaragoza, 2006).

Entre les capturats en conglomerats hi tindríem les espècies troglòfiles *Neobisium reductum* Manhert, 1977 al pou del Curs, a prop del Port de Comiols, a banda d'altres cavitats com la fou de Bor, mentre *Neobisium. ventalloi* Beier, 1939, es distribuiria per les cavitats de St. Llorenç del Munt i Montserrat, però també capturada a la cova del Masiet, en guixos.

De la família Chthoniidae, *Ephippiochthonius aurouxi* Zaragoza, 2017, capturat a diferents cavitats tarragonines en els massissos de les Muntanyes de Prades com la cova de la Moneda, o les coves del Masiet, respectivament en calcàries i guixos; però també localitzat a la cova d'en Janet de la serra de Llaberia; i *Ephippiochthonius tarraconensis* Zaragoza, 2017. Mina dels Horts a la Torre de l'Espanyol, a les rodalies del Montsant.

de Barcelona (MCNB), del periodo en que O. Escolà era conservador del Laboratori d'Artròpodes de dicho museo. En cada ficha consta la relación de la fauna observada y/o recolectada en una, o en diferentes visitas a cavidades, tanto por el propio Escolà, como por otros colaboradores del MCNB. El fondo está constituido por 1.450 fichas, de las que unas 300 corresponden a cavidades formadas en conglomerados (Fig. 6).

Moluscos

Hasta hoy día no se conocen especies troglobias de este filum en Cataluña, si bien se conocen un buen número de especies higrófilas en cavidades del Montsant, la Conca de Barberà, Montserrat, St. Llorenç, el Solsonès… Se trata de cavernícolas accidentales, o troglófilos, principalmente de régimen detritívoro, muchos de los cuales también han sido localizados en el exterior y en todo tipo de cavidades, como sería el caso de *Atenia quadrasi* (Hidalgo, 1885), endemismo ibérico que cubre una amplia extensión en los relieves de Cataluña y Levante, siendo citada en cavidades como la cova de les Aigües a l'Espluga de Francolí en conglomerados, pero también en otras cavidades calizas próximas de Montblanc y de la Vall del Brugent. Una relación de moluscos capturados en cavidades de conglomerados, pero que no son exclusivos de este tipo de roca, podría ser:

Oxychilus draparnaudi (Beck, 1837), cova de la Taberna (Montsant) y pou de Costa Dreta (Montserrat).

Figura 10. *Scotolemon lespesi.* Coves de la Quera, Estamariu, Alt Urgell. Foto: Agustí Meseguer.

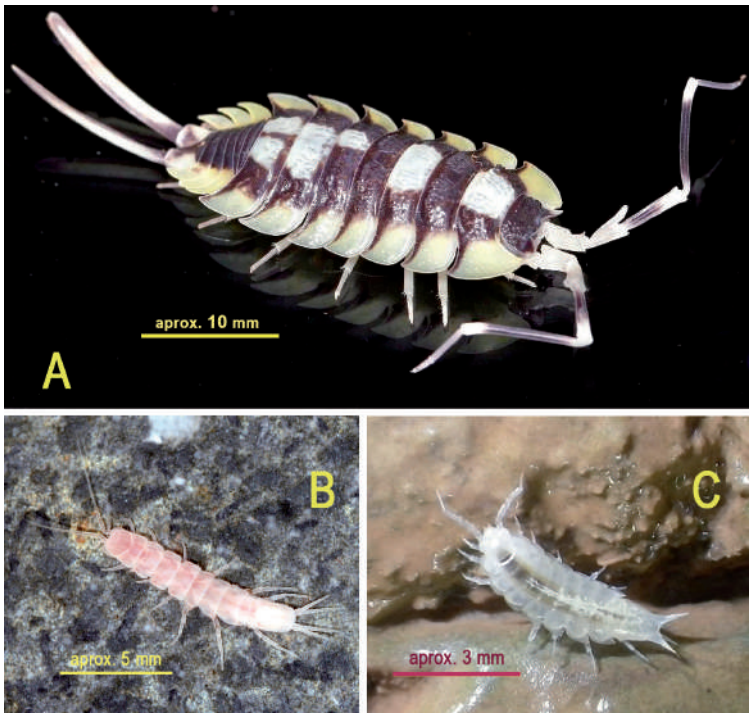


Figura 11. Isópodes. A: *Porcellius expansus* (Font internet). B: *Stenasellus virei angelieri*. C: *Spelaeonethes medius*. Fotos A. Meseguer.

Figure 11. Isopods. A:* Porcellius expansus *(Photo internet). B:* Stenasellus virei angelieri. *C:* Spelaeonethes medius. *Photos A. Meseguer

Isòpodes

Els isòpodes del subordre Oniscidea són típicament terrestres hi compten amb la família Triconiscidae, grup molt higròfil i despigmentat, ben representats al món subterrani entre les que s'hi compten nombroses espècies troglòbies, si bé com explicà Bellés, 1987 resulta difícil establir límits precisos entre les categories de troglobis, endogeus i humícoles, al posseir característiques similars. Diversos especialistes han estudiat aquest grup a Catalunya de fa anys (Arcangeli, 1935, Auroux, 1970, Vandel, 1972, Cruz, 1992).

Les espècies més característiques a les cavitats del sud de Catalunya, hi destacaria en primer lloc un endemisme troglòfil de la família Porcelionidae: *Porcellius expansus* Dollfus, 1892 fàcilment identificable per la seva gran mida i per la coloració groga i negra, localitzant-se a l'entrada de les cavitats. L'espècie es troba distribuïda dins una gran àrea al massís del Port, la serra de Coll de Jou, el Montsant, les Muntanyes de Prades, el Bloc del Gaià... havent-se capturat a cavitats tant característiques com la cova de la Rabosa, la cova Marigot, l'avenc de la Torre de Fontaubella, l'avenc del Pòdol, la cova de la Taberna, l'avenc de la Febró, l'avenc del GIEM, l'avenc de Roca d'Abella, l'avenc dels 4 Forats, etc., inventariat a més de quaranta localitats (Fig. 11).

De la família dels Triconiscids tenim l'endemisme *Alpioniscus escolai* Cruz & Dalens, 1989, essent la única espècie a la península d'aquest gènere, localitzada a l'avenc del Pla, Serra de Llaberia-Colldejou.

L'espècie *Catalauniscus bolivari bolivari* (Arcangeli, 1935), considerada troglòbia, està àmpliament distribuït per cavitats de Tivissa, Prat de Compte, Muntanyes de Prades, Bloc del Gaià, La Llacuna, la Conca de Barberà... i també referenciada de cavitats com la cova de l'Aumidiella, la cova de Vallmajor, la cova

Figura 11. Isópodos. A: *Porcellius expansus* (Fuente internet). B: *Stenasellus virei angelieri*. C: *Spelaeonethes medius*. Fotos A. Meseguer.

Oxychilus alliarius (Miller, 1822), cova Santa (Montsant).

Helicigona lapicida (Linnaeus, 1758), cova de Mura (Serra de l'Obac).

Morlina glaber (Rossmässler, 1835) =*Oxychilus glaber,*cova de la Taberna (Montsant).

Clausidia bidentata (Strom, 1765), avenc del Daví (St. Llorenç del Munt).

Zebrina detrita Müller, 1774, avenc del Coll d'Alzina (Serra d'Odèn).

Moitessieria olleri Altimira, 1960, estigobio de la cova del Toll, fuentes cercanas i también en fuentes de la riera de Rellinars (Fig. 7).

Palpígrados

Orden de arácnidos muy pequeños, de menos de 2 mm de longitud, con una prolongación característica al final del abdomen. Relicto de antiguas faunas tropicales de origen Laurasiano, muy extendida en épocas pre-miocénicas (Bellés, 1987). Grupo muy raro del que solo se conoce un ejemplar hembra en Cataluña, de una sola especie: *Eukoenenia zariquieyi* (Condé, 1951), de la cova del Salnitre (Montserrat), existiendo otra captura en la cova dels Muricecs, del Montsec d'Ares, material extraviado. (comunicación personal L. Auroux) (Fig. 8).

d'en Merla, la cova de les Aigües, l'avenc del Julivert, arribant els seus límits fins la cova del Bolet a Mediona (Alt Penedès).

Per la seva banda *Catalauniscus bolivari curvatum* Cruz & Dalens, 1989, queda reduïda a unes poques cavitats de St. Llorenç del Munt i de Montserrat.

A l'extrem sud occidental de la serralada litoral, al massís de Garraf-Ordal hi té l'habitat l'espècie *Catalauniscus espanoli* Vandel, 1953 amb major nombre de localitzacions, quasi una seixantena, havent-se sinonimitzat en aquella l'antiga espècie *Oritoniscus lagari* (Vandel, 1972).

Per la seva banda, *Spelaeonethes medius* (Carl, 1908) és l'espècie amb una major àrea de distribució, des de la vessant francesa del Têt, fins el riu Llobregat. La trobem a moltes cavitats de St. Llorenç del Munt i Montserrat, però també a Osona, el Berguedà, la Garrotxa, el Baix Empordà... tant en conglomerats, com guixos, calcàries i mines diverses.

Finalment, a la zona del Pre-Pirineu hi tenim com a representant característic, l'espècie *Libanonethes novus* (Arcangeli, 1935), distribuït pel Montsec, la Vall de Serradell, la Noguera Ribagorçana, arribant fins cavitats del Pirineu d'Osca. havent-se trobat també en conglomerats i calcàries.

Pel que fa referència als isòpodes aquàtics hi tenim l'estigobi del subordre Asellota, *Stenasellus virei* Dollfus, 1897. Es tracta d'un isòpode aquàtic cavernícola de dimensions notables que viu dins dels «gours», rius, pous artificials, mines, en materials de guix, gresos, pissarres, conglomerats, etc., amb una àmplia distribució per tot Catalunya, Osca, França..., una mostra de com la fauna aquàtica es pot estendre i intercomunicar més fàcilment que la terrestre. A Catalunya s'han descrit dues subespècies:

-*Stenasellus virei virei* Dollfus, 1897. Propi de la zona est i sud-est: Garraf (calcàries), Montserrat i Sant Llorenç del Munt (conglomerats).

-*Stenasellus virei angelieri* Magniez, 1968. Propi del nord-oest de Catalunya, localitzat també a cavitats de conglomerat i calcàries.

Amfípodes

Després dels isòpodes, els amfípodes constitueixen el grup de crustacis més diversificats de les aigües subterrànies i les intersticials, estant ben representades les espècies del subordre Gammaridae. Entre les espècies citades hi tenim *Echinogammarus berilloni* (Catta, 1878), es tracta d'un ampli i diversificat col·lectiu d'espècies majoritàriament endèmiques de la Península Ibérica. Es tracta d'una espècie prou comuna tant a les aigües superficials, com a les coves. De l'extensa relació hem seleccionat com cavitat emblemàtica la cova de la Taberna de

Araneidos

En el caso de las arañas, por su gran visibilidad a los espeleólogos destacaríamos en primer lugar al género *Meta* Koch, 1835 (Araneae, fam. Tetragnathidae), por su gran tamaño (11-17 mm), siendo habitual su presencia en las entradas de las cavidades. El género cuenta con dos especies, representando un caso de exclusión competitiva, por lo que habita en zonas diferenciadas, si bien existen citas en todo tipo de materiales: calizas, conglomerados, yesos... La familia no cuenta con ningún representante troglóbio.

Meta menardi (Latreille, 1804), se distribuye geográficamente por toda la región paleártica, encontrándose en la zona más septentrional de Cataluña, en el NO de Lleida (Fig. 9).

Meta bourneti Simon, 1922 de tamaño y coloración similar a la anterior, distribuida por los macizos de Montserrat, St. Llorenç del Munt, Garraf, Tarragona..., hacia el E y SE de Cataluña. También en Baleares, Murcia, Andalucía.

De la familia Leptonetidae, en el área mediterránea destacan diversas especies, como *Leptoneta leucophthalma* (Simon, 1907), presente en algunas cavidades de la vall de Serradell, Lleida y también *Leptoneta infuscata* (Simon, 1872), con muchos caracteres de adaptación al medio subterráneo. De amplia distribución por Cataluña y Baleares, pero también se localiza en el exterior.

De la familia Linphiidae destacaremos el endemismo ibérico *Leptyphantes lorifer* (Simon, 1907), localizada en más de veinte cavidades en las provincias de

Margalef.

El gènere *Niphargus* Schiödte, 1847 amb un gran nombre d'espècies, està ben adaptat a les aigües subterrànies, distribuint-se per l'oest d'Euràsia per aquelles regions que no estaven cobertes pel gel durant el Pleistocè. L'espècie troglòbia *Niphargus longicaudatus* (Costa, 1851), a Catalunya s'ha capturat a dues cavitats riques en fauna cavernícola, l'Av. de la Cabana d'en Gabarra i també a la propera i coneguda Fou de Bor.

Pseudoniphargus africanus (Chebreux, 1901) Existeixen diverses espècies agrupades dins el nom *africanus* amb una amplia distribució d'aquest taxó troglòfil no massa especialitzat: cova del Rebeco (Osca-Villanúa), cova del Conill i cova Nova del Masiet a Tarragona.

Haploginglymus bragai (Mateus & Mateus, 1958). Trobat a cavitats, pous i medi freàtic, descrit de Portugal, distribuït àmpliament per la península, trobat a la cova del Tornero (Checa-Guadalajara). En el medi subterrani de Catalunya hi tenim les cites de les coves del Masiet a la Vall del Brugent, en guixos i el Forat de l'Or, al Montsec, calcàries.

Diplòpodes

Tant per la seva mida, com per la morfologia, representa un dels grups més visibles pels espeleòlegs; a la península compta amb una quinzena de famílies i quasi 40 gèneres. Entre els més característics que tenim a Catalunya hi hauria en primer lloc els representants de la família Glomeridae havent-se identificat a la comarca de la Garrotxa el *Rhyparomeris lineata* Ribaut, 1955, considerat cavernícola i que s'ha capturat a tres cavitats tant en calcàries, com en gresos. Se'ns dubte una de les famílies localitzades amb major freqüència seria la Polydesmidae: *Polydesmus coriaceus* Porat, 1871 amb moltes subespècies (*ssp. tarraconensis, leridanus, solitarius*...) citada tant en calcàries com en conglomerats, encara que no siguin troglobis (Fig. 12).

De la família Anthogonidae s'ha citat *Cranogona cornuta* Ribaut, 1913, al graller de Castellet, conglomerats. Mentre de la Chamaesomatidae hi destaca *Origmatogona catalonicum* Ribaut, 1912, d'àmplia distribució per tot Catalunya per cavitats calcàries i en conglomerats (Montsant, St. Llorenç, Muntanyes de Prades, La Garrotxa...); així com *O. jacetanorum* Mauries, 1964, de l'avenc del Julivert, si bé la localitat típica seria en medi epigeu. Mentre a la cova de les Encantades de Toloriu tindríem l'espècie *Scutogona muticum* Ribaut, 1913 considerada vulnerable. Un endemisme que viu en els conglomerats de St. Llorenç del Munt, és *Scutogona vivesi* Mauries & Vicente, 1977, si bé fins al moment només és coneix la cita de l'avenc de la Carbonera.

Barcelona, Lleida y Tarragona, tanto en calizas como en conglomerados (Ribera, 1981).

Nesticus cellulanus (Clerk, 1757), habitual en la mayoría de las cuevas formando parte de la asociación parietal. Ampliamente distribuido por la mitad norte de la península. En Cataluña habita tanto en conglomerados como en calizas.

Tegenaria racovitzai (Simon, 1907). Troglóbia, poco modificada, citada de cavidades de Montserrat y del Prepirineo en Girona y Huesca.

Telema tenella Simon 1882. troglobia especializada estudiada i conocida en las cercanías del Canigó a la Cataluña francesa i en la cueva de Far (Susqueda).

Speleoharpactea levantina Rivera, 1982. Especie troglobia adaptada a cavidades de Castellón, pero tambien se ha encontrado en la sierra del Monsià en Cataluña, en calcáreas.

Opiliones

Grupo filético muy antiguo (Devónico, Silúrico?), emparentado con las arañas, pero fácilmente distinguibles. En Cataluña fueron estudiados, primero por E. Simon y posteriormente por M. Rambla y actualmente por C. Prieto. No se han descrito especies troglobias, pero existen abundantes referencias de especies troglófilas, entre las que podemos destacar:

Astrobunus grallator Simon, 1879. Opilión Sclerosomatidae, frecuente en la entrada de las cavidades y citado en casi cincuenta localidades, la

A la Cova Savarneda, cavitat aïllada excavada en guixos, situada a prop de Sort, de la família Haplobainosomatidae hi té l'hàbitat l'espècie *Pyreneosoma grandicoxae* Mauries, 2010.

De la família Opisthocheridae es coneix *Hispaniosoma racovitzai* Ribaut, 1913, escrit de la cova Fou de Bor, contemplada al Catàleg de fauna salvatge autòctona amenaçada de Catalunya (Decret 172/2022, de 20 de setembre).

A diverses cavitats del Port i del Perelló hi viu l'espècie *Typhlopsychrosoma tarraconense* (Mauries, 1970), de la família Vandelaumatidae, que compta amb tres gèneres i nombroses espècies a la península.

Pel que fa a la família Iulidae, destaca l'espècie *Tarracoblaniulus lagari* (Mauries & Vicente, 1977, de la pròdiga cova d'en Janet, hàbitat d'una gran diversitat de taxons i d'on s'hi coneix també el diplòpode de la família Trichoblaniulidae, *Trichoblaniulus tarraconensis* Mauries & Vicente, 1975.

Altra vegada a cavitats dels Ports hi trobem *Syniulus bolivari* (Ceuca, 1971); mentre a la cova Miserachs de l'Ordal i a la Cova Prim a Esparraguera, travertins, hi habita *S. Lagari* (Ceuca, 1971).

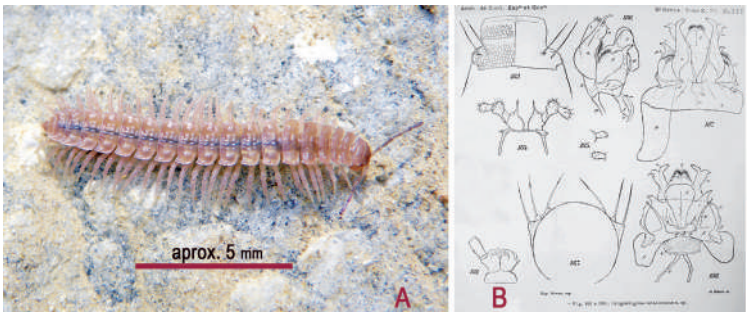


Figura 12. A: *Polydesmus* sp. Cova Mosquera, Beuda. Foto: Agustí Meseguer. B: dibuixos de la descripció original de *Origmatogona catalonicum*, de l'any 1912.

Figure 12. A:* Polydesmus *sp. Cova Mosquera, Beuda. Photo: Agustí Meseguer. B: drawings of the original description of* Origmatogona catalonicum*, year 1912.

Quilòpodes

Segons Vandel (1964), els representants dels quilòpodes cavernícoles són menys nombrosos i diferenciats que els diplòpodes, la major part dels quals difereixen poc de les formes epigees. Dins el grup dels Lithobiomorpha són moltes les espècies marcadament higròfiles i, si bé a la península hom coneix disset espècies troglòbies, a les cavitats de Catalunya predominen les epigees. J.M. Demange i A. Serra han estudiat el grup a nivell de la península Ibèrica.

Disposem de poques referències de Lithobiomorpha en cavitats de conglomerats de Catalunya. Malgrat això, en les fitxes del MZB hi tenim diverses citacions de *Lithobius* Leach, 1814 (Av. del Club, Av. del Daví, Av. Montserrat Ubach, Forat la Bou, cova de les Aigües...). Moltes d'elles podrien correspondre a l'espècie *Lithobius piceus* L. Koch, 1862, trobada a l'avenc de Can Torres i en moltes altres localitats epigees.

mayor parte en las provincias de Barcelona, Girona y Lleida. Vive en las cavidades de conglomerados de St. Llorenç del Munt, pero también en las de zonas calizas (Fig. 10).

De la familia Phalangodidae, la especie *Scotolemon lespesi* Lucas, 1861, presente en cavidades del Solsonès, Alt Urgell y N de Cataluña pero de amplia distribución por la península, Francia, Italia… También *S. catalonicum* (Kraus, 1961), en cavidades más meridionales de los relieves prelitorales como St. Llorenç del Munt i Serra de l'Obac.

Nemastomella bacillifera (Simon, 1879). Especie repartida desde el Cantábrico hasta los Pirineos. Se trata de una especie con pocas citas, si bien recientemente se ha localizado en la Espluga Llorna en la serra de Lleràs (conglomerados) y en la cova del Mort del Montsec en gres. Por otra parte, *N. dubia* (Mello-Leitão, 1936), ha sido citada en numerosas cuevas de las provincias de Barcelona, Girona y Lleida.

Pseudoescorpiones

El grupo de pseudoescorpiones desde hace años ha llamado poderosamente la atención de los especialistas. En Cataluña habitan algunas especies troglobias de gran interés. Los últimos estudios que J. A. Zaragoza (†) llevó a cabo, efectuó una completa revisión y actualización de estos. Los resultados presentan un gran número de endemismos, especialmente en las familias Chthoniidae y Neobisiidae (Zaragoza, 2006), mencionando que el medio subterráneo constituye un entorno muy

Figura 12. A: *Polydesmus* sp. Cova Mosquera, Beuda. Foto: Agustí Meseguer. B: dibujos de la descripción original de *Origmatogona catalonicum*, del año 1912.

D'entre les diverses espècies identificades com a cavernícoles hi tenim *Lithobius allotyphlus* Silvestri, 1908, descrita inicialment de diverses cavitats dels Pirineus Atlàntics de la vessant francesa, i de la qual Escolà l'any 1972 capturà alguns exemplars al forat del Puig de les Bruixes de Montagut i Oix (Girona). També cal destacar la troballa de *Lithobius ambulotentus* Demange & Serra, 1978 a Prats-de-Molló-la-Preste. Aquesta espècie va ser capturada per A. Serra a la Cova de Rialb (Queralbs), que ha estat considerada com una espècie troglòbia (Serra, 1983).

Col·lèmbols

Els col·lèmbols constitueixen un grup amb abundància d'espècies endogees i també cavernícoles present a tota la península (Gama, 1985; Arbea et al., 2021). Ens referirem principalment als representants troglobis destacant-hi especialment les famílies Onychiuridae, Entomobryidae i Oncopoduridae.

Com aspectes interessants caldria ressaltar l'àmplia distribució geogràfica d'algunes de les espècies troglòbies, així com destacar el gran nombre d'espècies citades d'una sola, o de molt poques cavitats.

De la família Onychiuridae hi ha *Onychiurus insinuans* Gisin, 1952, espècie troglòbia coneguda només de la cova Mosquera, en guixos; i també *Protaphorura paranemorata* (Selga, 1962) espècie troglòbia només coneguda de la cova Balaguer dels Ports; o la més recentment descrita *Yoshiiphorura bellingeri* Jordana & Martínez, 2004 espècie troglòbia del litoral mediterrani coneguda des d'Almeria, Castelló, fins el sud de Tarragona a la cova Cambra.

De la família Entomobryidae, el gènere *Pseudosinella* Schaeffer, 1897 abunda al nord peninsular i compta amb el major número d'espècies, així la *Pseudosinella barcelonensis* Gisin & Gama, 1969, és una espècie endèmica de la costa mediterrània, localitzat a diverses cavitats de l'Ordal, però amb una cita fins a Castelló a l'Avenc d'en Serenge.

Com troglobi del Prepirineu Oriental, capturat a la cova Fosca de Vilanova de Meià i a la cova Fonda de Tragó tenim la *Pseudosinella decepta* Gisin & Gama, 1969. La *Pseudosinella intemerata* Gisin & Gama, 1969 és una altra espècie troglòbia de la Fou de Bor, però també citada d'un parell de cavitats de Vallirana; mentre que la *Pseudosinella lleidensis* Gama, 1984, l'autor cita dues cavitats en conglomerats i una en calcàries (Av. del Barbuixell, Graller de Castellet i Av. de la Safor), com una espècie troglòbia sense adaptacions troglomorfas.

També de cavitats en conglomerats i calcàries, l'espècie *Pseudosinella superduodecima* Gisin & Gama, 1970, es considerada troglòbia de la zona central del Pirineu català, havent-

adecuado para la existencia de endemismos.

Entre las capturas en conglomerados se conocen las especies troglófilas *Neobisium reductum* Manhert, 1977, del pou del Curs, cerca del Port de Comiols y en la fou de Bor; mientras *N. ventalloi* Beier, 1939, se distribuiría por las cavidades de St. Llorenç del Munt y Montserrat, aunque también ha sido capturada en la cova del Masiet, en yesos.

De la familia Chthoniidae, *Ephippiochthonius aurouxi* Zaragoza, 2017, conocido en varias cavidades de Tarragona, en los relieves de los Montes de Prades, como la cova de la Moneda y la cova del Masiet, respectivamente en calizas y yesos, habiéndose localizado también en la cova d'en Janet, de la serra de Llaberia.

Finalmente la especie *Ephippiochthonius tarraconensis* Zaragoza, 2017 sería un representante epigeo, capturado en la Mina dels Horts en la Torre de l'Espanyol, próximo al macizo del Montsant.

Isópodos

Los isópodos del suborden Oniscidea, son típicamente terrestres. Una de sus familias, la Triconiscidae, es un grupo higrófilo y despigmentado bien presente en el dominio subterráneo, dentro del mismo existen muchas especies troglobias; aunque como explicó Bellès en 1987, resulta difícil establecer unos límites precisos entre las categorías de troglobios, endogeos y humícolas, puesto que muestran características muy similares. Diversos especialistas han estudiado el grupo de Cataluña:

se capturat a la cova de l'Ormini, a l'avenc nº 2 del Capolatell i a l'Avenc Montserrat Ubach.

L'espècie troglòbia *Pseudosinella tarraconensis* Bonet, 1929, coneguda des de Castelló a la Cova Cambra del Port, de la serra de Llaberia, els conglomerats del Montsant, les calcàries de les Muntanyes de Prades amb un gran nombre de referències i amb la ssp. *Pseudosinella tarraconensis longicornis* Bonet, 1929 citada de la cova de la Aumidiella i també de l'Avenc del Julivert.

De la família Oncopoduridae, l'espècie troglòbia *Oncopodura delhezi* Stomp, 1974, ha estat identificada a l'Avenc Montserrat Ubach, en conglomerats, però també a cavitats calcàries d'Osca i de Mallorca. De manera similar però amb una àrea de dispersió més reduïda l'espècie *Oncopodura occidentalis* Bonet, 1931 seria un troglobi capturat al Graller de Potestats, a la serra de Lleràs, però també a la cova de los Murciélagos d'Osca. Per la seva banda *Oncopodura tricuspicata* Cassagnau, 1964 també ha estat citat de cavitats calcàries de la franja, de la Sierra Ferrera d'Osca i de Mallorca, mentre a Catalunya es localitzaria a l'avenc del Barbuixell, als conglomerats de la Serra de Lleràs, Serradell.

Tritomurus catalanus Denis, 1924 es tracta d'una espècie troglòbia dels Pirineus orientals capturada a diverses cavitats calcàries, margues i de conglomerats com l'avenc de la Figuera, els bufadors d'en Beví a Osona i al botet de Casa Rei de la Serra de Lleràs.

Diplurs

En la recent publicació «Habitantes de la Oscuridad» (2023) A. Sendra els defineix sintèticament com hexàpodes àpters de dues cues. En el cas de Catalunya tots els diplurs pertanyen a la família Campodeidae, àmpliament representada al món subterrani, entre els que hi hauria gèneres endogeus, poc modificats (Bellés, 1987) i molts d'altres hipogeus més evolucionats. Talment com s'ha vist de molts altres taxons, els trobarem a tot tipus de materials geològics.

Als conglomerats de la cova de les Aigües a l'Espluga Francolí i la Cova Santa del Montsant, però també amb materials calcaris propers com l'avenc del Julivert, cova de la Moneda i d'altres cavitats tarragonines hi viu la *Campodea cossetana* Sendra & Escolà, 2004.

Al massís de Montserrat i també als relleus calcaris de l'Anoia és l'habitat de *Campodea egena* Condé, 1951, capturat a la cova del Salnitre a Collbató i a la propera cova del Petrecó d'Olesa, en ambdós tipus de materials. Sorprenentment també tenim una cita antiga (Sendra, 1990) de la cova d'en Janet a Llaberia (Tarragona).

A les dues vessants dels Pirineus Centrals i Orientals, amb la localitat típica a Benasc,

(Arcangeli,1935; Auroux, 1970; Vandel, 1972; Cruz, 1992).

Entre las especies más características de las cavidades del sur de Cataluña, destacamos en primer lugar un endemismo troglófilo de la familia Porcelionidae: *Porcellius expansus* Dollfus, 1892, fácilmente identificable por su tamaño, por su vistosa coloración amarilla y negra, y por localizarse en la entrada de les cavidades. Se distribuye por una gran área, desde el macizo dels Ports, la serra de Colldejou, el Montsant, las Muntanyes de Prades, el Bloc del Gaià..., siendo citado en más de cuarenta localidades (Fig. 11).

De la família de los triconíscidos destacaríamos el endemismo *Alpioniscus escolai* Cruz & Dalens, 1989, siendo la única especie de este género en la península. Localizada en el avenc del Pla, Serra de Llaberia-Colldejou.

La especie *Catalauniscus bolivari bolivari* (Arcangeli, 1935), considerada Troglobia, está extensamente distribuida por cavidades de Tivissa, Prat de Compte, Muntanyes de Prades, Bloc del Gaià, La Llacuna, la Conca de Barberà... referenciada en cavidades como la cova de l'Aumidiella, la cova de Vallmajor, la cova d'en Merla, la cova de les Aigües, l'avenc del Julivert… alcanzando su límite en la cova del Bolet, de Mediona (Alt Penedès). Por su parte, la ssp. *C. bolivari curvatum* Cruz & Dalens, 1989, queda reducida a unas pocas cavidades de St. Llorenç del Munt y de Montserrat.

En los relieves litorales de Garraf-Ordal, habita *Catalauniscus espanoli* Vandel, 1953, conocida en cerca de sesenta localidades. En esta se ha

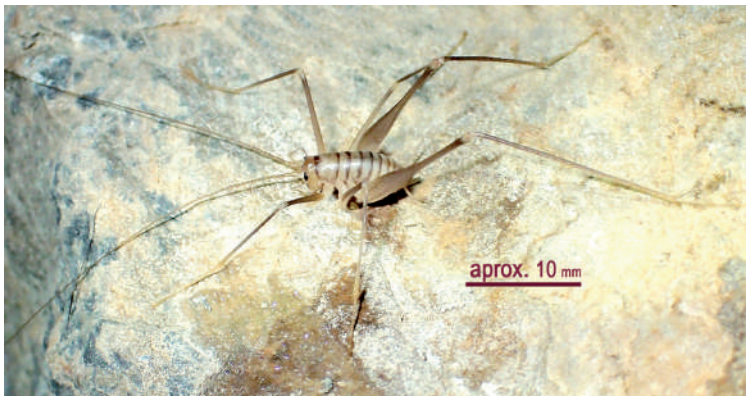


Figura 13. ***Dolichopoda bolivari*** **(Chopard, 1915). Foto A. Meseguer.**

Figure 13. **Dolichopoda bolivari** ***(Chopard, 1915). Photo A. Meseguer.***

hi ha l'espècie endogea *Campodea zuluetai* Silvestri, 1932 que també ha estat trobada a cavitats de Girona i Barcelona com la cova d'Anes, o la cova de les Feixasses, en gresos.

Com l'anterior, coneguda de l'Ariège, *Podocampa jeanneli* Condé, 1947 dels Pirineus Centrals, però també en conglomerats al forat dels Mollons de Senterada i per diverses cavitats del Montsec i serralades del Cadí.

Finalment del gènere *Plusiocampa*: *P. bonneti condei*. (Condé, 1948), distribuïda per més d'una trentena de cavitats de Barcelona, Lleida i Tarragona, pel Moianès, per St. Ll. del Munt, fins la cova del Mandil, moltes d'elles en conglomerats; mentre *P. bonneti escolai* Sendra, 1985, es localitza a l'W de Catalunya (Montsec) i cavitats d'Osca i França amb una àmplia distribució, amb un parell de cavitats del S de Catalunya com la Cova Santa del Montsant.

Ortòpters

El grup dels Ortòpters del gènere *Dolichopoda* Bolívar, 1880 està ben representat en cavitats a la zona septentrional de Catalunya (Escolà, 1970). Es tracta d'un insecte de mida molt gran, amb el darrer parell de peus més desenvolupats per saltar i amb llargues antenes que esteses cap endavant, poden arriba fàcilment a mesurar 10 cm de llargada. Les dues espècies conegudes, colonitzen zones diferenciades: *Dolichopoda bolivari* Chopard, 1915, distribuïda pels Prepirineu centrals d'Osca i nord de Lleida, localitzada a moltes cavitats, tant de conglomerats com de calcàries; mentre *Dolichopoda linderi* (Dufour, 1861), és pròpia de cavitats de Girona i Barcelona, però sense arribar als conglomerats de Sant Llorenç, o Montserrat (Fig. 13).

Del gènere *Petaloptila* Pantel, 1890 comptem amb *P. pyrenaea* Olmo-Vidal & Hernando, 2000, descrit de la fèrtil cueva del Hueso Santo, de la Sierra Ferrera d'Osca, però també capturat a l'avenc de la Safor de Llastarri (Lleida); mentre que l'espècie *Petaloptila venosa* Gorochov & Llorente, 2001 està distribuïda per la regió mediterrània: València, Castelló, Terol, fins cavitats també dels Ports a la zona de Tarragona.

Figura 13. *Dolichopoda bolivari* (Chopard, 1915). Foto A. Meseguer.

sinonimizado la antigua especie *Oritoniscus lagari* (Vandel, 1972).

Spelaeonethes medius (Carl, 1908), es la especie con mayor área de distribución: desde la vertiente francesa del Têt, hasta el río Llobregat. Coloniza muchas cavidades de St. Llorenç del Munt y Montserrat, pero también en Osona, el Berguedà, la Garrotxa, el Baix Empordà... y su hábitat es tanto en conglomerados, como yesos, calizas y minas.

Finalmente, en la zona del Pre-Pirineo, el representante más característico corresponde a *Libanonethes novus* (Arcangeli, 1935), distribuido por el Montsec, la Vall de Serradell y de la Noguera Ribagorçana, alcanzando hasta cavidades del Pirineo de Huesca, tanto en conglomerados como en calizas.

Referente a los isópodes acuáticos, destaca el característico estigobio del suborden Asellota, *Stenasellus virei* Dollfus, 1897. Cavernícola de dimensiones notables, vive en «gours», ríos, pozos artificiales, minas; en yeso, areniscas, pizarras, conglomerados, calizas etc., con una extensa distribución por toda Cataluña, Huesca, Francia... aspecto que muestra una característica de la fauna acuática, como es la facilidad para extenderse a través de las capas freáticas, posibilidad carente en las terrestres. En Cataluña se han descrito dos subespecies:

- *Stenasellus virei virei* Dollfus, 1897. Propio de la zona este y sudeste: Garraf (calizas), Montserrat y Sant Llorenç del Munt (conglomerados).

Coleòpters

Com ja s'ha esmentat, el grup més estudiat de la fauna subterrània és el dels coleòpters amb una llarga tradició d'especialistes a Catalunya (Zariquiey, Español, Vives, Lagar...) que ha tingut continuïtat fins al moment actual. Al parlar de la distribució del conglomerats a Catalunya, al segon capítol, en paral·lel, hem desenvolupat la distribució de la coleòptero-fauna hipogea i per aquest motiu aquí només hi exposem, com a cas paradigmàtic, el dels trèquids del gènere *Aphaenops (Ceretotrechus)* Faille et. al. 2023 i la seva distribució per les cavitats en diversos materials de Catalunya.

Aquest nou subgènere *Ceretotrechus* recentment creat, té com hàbitat tant les cavitats en conglomerats, com les calcàries, representant un bon exemple per entendre el poblament i evolució d'aquesta espècie subterrània.

L'any 1919 Jeannel va definir el gènere *Geotrechus* a partir d'exemplars del sud de França i no fou fins quasi mig segle després, el 1965, que començaren a descobrir-se espècies a Catalunya, el primer, amb *G. ubachi* a la comarca del Solsonès. Quatre anys després, aparegué *G. seijasi* a la Cerdanya i posteriorment s'anaren descobrint noves espècies fins a un total de set. Arrel de la publicació esmentada els autors a partir d'estudis genètics han incorporat aquest gènere al vell grup dels

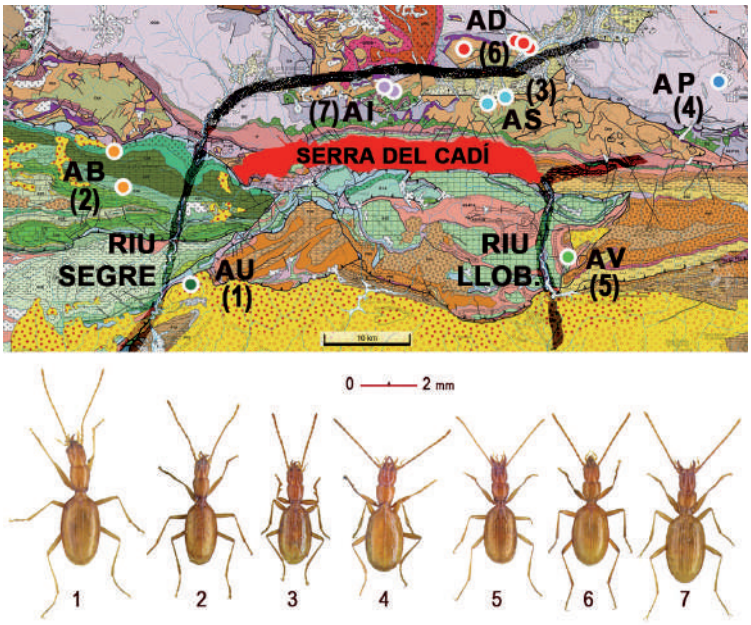


Figura 14. Distribució de les set espècies del gènere *Aphaenops (Ceretotrechus)* a Catalunya: 1. *A. ubachi*, avenc del Xato, Odèn, Solsonès. 2. *A. boumortensis*, avenc del Pla de Fornesa, La Guardia d'Ares, Les Valls d'Aguilar, Alt Urgell. 3. *A. seijasi*, fou de Bor, Bellver, Baixa Cerdanya. 4. *A. puigmalensis*, cova de les Encantades, Queralbs, Ripollès. 5. *A. victoriai*, bòfia d'Espades, La Nou de Berguedà, Berguedà. 6. *A. delioti*, mines de Cortàs, Isòvol, Baixa Cerdanya. 7. *A. incantatus*, cova de les Encantades, Toloriu, El Pont de Bar, Alt Urgell.

Figure 14. Distribution of the seven species of the genus* Aphaenops (Ceretotrechus) *in Catalonia: 1.* A. ubachi*, avenc del Xato, Odèn, Solsonès. 2.* A. boumortensis*, avenc del Pla de Fornesa, La Guardia d'Ares, Les Valls d'Aguilar, Alt Urgell. 3.* A. seijasi*, fou de Bor, Bellver, Baixa Cerdanya. 4.* A. puigmalensis*, cova de les Encantades, Queralbs, Ripollès. 5.* A. victoriai*, bòfia d'Espades, La Nou de Berguedà, Berguedà. 6.* A. delioti*, mines de Cortàs, Isòvol, Baixa Cerdanya. 7.* A. incantatus*, cova de les Encantades, Toloriu, El Pont de Bar, Alt Urgell.

Aphaenops Bonvouloir, 1861 si bé s'ha creat per a ells el subgènere: *Ceretotrechus*.

La seva distribució a Catalunya es troba condicionada per la disposició dels materials geològics, per la distancia entre poblacions i, sobretot, per fronteres hidrogràfiques

- *Stenasellus virei angelieri* Magniez, 1968. Específico del noroeste de Cataluña, localizándose también en conglomerados y calizas.

Anfípodos

Después de los isópodos, son los anfípodos el grupo de crustáceos más diversificados en las aguas subterráneas e intersticiales, estando bien representadas las especies del suborden Gammaridae. Entre las especies más frecuentemente citadas destaca, *Echinogammarus berilloni* (Catta, 1878). Se trata de un amplio y diversificado conjunto de especies, mayoritariamente endémicas de la Península Ibérica y se trata de la especie más habitual, tanto en las aguas superficiales, como en las cuevas. De la extensa relación de citas, hemos seleccionado como cavidad emblemática la cova de la Taberna de Margalef.

El género *Niphargus* Schiödte, 1847, también cuenta con numerosas especies al estar bien adaptado a las aguas subterráneas, distribuyéndose por el oeste de Eurasia en aquellas regiones que no llegaron a estar cubiertas por los hielos durante el Pleistoceno. El troglobio *Niphargus longicaudatus* (Costa, 1851), se conoce de dos cavidades ricas en fauna cavernícola: el avenc de la Cabana d'en Garraba y la cercana Fou de Bor, en la Cerdanya.

Pseudoniphargus africanus (Chebreux, 1901). Existen diversas especies agrupadas dentro del nombre *africanus*, taxon troglófilo poco especializado con una amplia distribución como la cueva del Rebeco (Villanúa, Huesca), la cuevas del

Figura 14. Distribución de las siete especies del género *Aphaenops (Ceretotrechus)* en Cataluña: 1. *A. ubachi*, avenc del Xato, Odèn, Solsonès. 2. *A. boumortensis*, avenc del Pla de Fornesa, La Guardia d'Ares, Les Valls d'Aguilar, Alt Urgell. 3. *A. seijasi*, fou de Bor, Bellver, Baixa Cerdanya. 4. *A. puigmalensis*, cova de les Encantades, Queralbs, Ripollès. 5. *A. victoriai*, bòfia d'Espades, La Nou de Berguedà, Berguedà. 6. *A. delioti*, mines de Cortàs, Isòvol, Baixa Cerdanya. 7. *A. incantatus*, cova de les Encantades, Toloriu, El Pont de Bar, Alt Urgell.

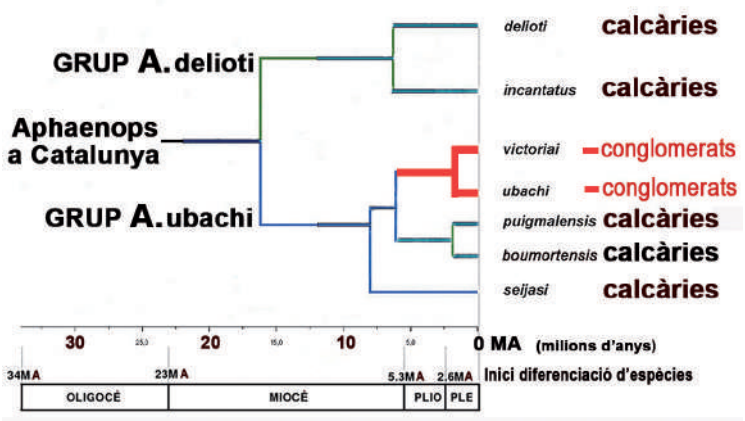


Figura 15. Arbre genètic dels *Aphaenops* de Catalunya. Pot observar-se com a partir del Miocè, van anar evolucionar indistintament, fins a diversificar set espècies (Elaboració pròpia a partir de Faille et. al. 2023).

Figure 15. Genetic tree of the* Aphaenops *of Catalonia. It can be observed how from the Miocene, they evolve indistinctly, until reaching seven species (Own elaboration inspired by the article Faille et. al. 2023).

(Fig.14).

Els rius Segre i Llobregat constitueixen «fronteres hidrogràfiques» mentre que l'aïllament geogràfic i geològic afavoreix evolucions diferenciades. Les espècies *Aphaenops (Ceretotrechus) ubachi* (Español, 1965), i *A. (C.) victoriai* (Faille, Bourdeau, Bellés & Fresneda, 2015), fins al moment només han estat capturat en conglomerats, si bé conviuen amb altres coleòpters Leiodidae que també viuen en calcàries; mentre que les altres cinc espècies han estat capturades en materials calcaris, convivint també amb especies de Leiodidae que també han estat capturades en conglomerats (Fig.15).

La nova classificació del subgènere *Ceretotrechus,* a partir de les seves característiques morfològiques i genètiques, divideix les set espècies en dos grups, dues de les quals tenen com hàbitat cavitats de conglomerats i la resta, en calcàries.

El grup *delioti* és integrat per les espècies *A. delioti* (Bordeau et al., 2015) i *A. incantatus* (Bordeau et al., 2015), que es troben separats per la vall del riu Segre i mentre a la vessant dreta *A. delioti*, que conviu amb el Leptodirini *Ceretophyes riberai* (Español, 1967), s'ha capturat a la mina de manganès de Cortàs, a la cova d'en Manent, a les coves d'Olopte, fins la cova d'Anes; el *A. incantatus* només s'ha capturat a la cova de les Encantades i a l'avenc de la Cabana d'en Garraba, a la vessant esquerra del riu, on conviu amb els Leptodirini *Troglocharinus mengeli* i amb el Molopini *Speleopidius joanivivesi* Vives & Comas, 2021.

Per la seva part, el grup *ubachi*, està integrat per les espècies *A. seijasi*, pròpia de la zona de la cova Fou de Bor, *A. puigmalensis*, al sud del Puigmal, a 2.045 m s.n.m. i *A. boumortensis* al Boumort, tenen com hàbitat cavitats calcàries, mentre *A. ubachi* i *A. victoriai,* situats geogràficament més cap el S, colonitzen la franja E-O de conglomerats Odèn-St. Llorenç de Morunys-Berga-La Nou de Berguedà.

Les espècies anteriors conviuen amb altres coleòpters hipogeus com *C. cenarroi* a la Fou de Bor; *P. bofilli* i *P. delarouzeei* a la cova de les Encantades del Puigmal; *Zariquieya boumortensis* i *T. fonti* a l'avenc del Pla de Fornesa al Boumort, *T. mengeli* a l'avenc del Xato a Llinars i *P. delarouzeei* a la bòfia d'Obaga d'Espases a la Nou de Bergadà.

Tot sembla indicar, que la composició litològica dels materials no condiciona cap tipus de selecció de la fauna. Inicialment,

Figura 15. Árbol genético de los *Aphaenops* de Cataluña. Puede observarse como a patir del Mioceno, van evolucionando indistintamente, hasta llegar llegar a siete especies (elaboración propia a partir de Faille et. al. 2023).

Conill y la cova Nova del Masiet, en Tarragona.

Haploginglymus bragai (Mateus & Mateus, 1958). Descrito de Portugal, vive en cavidades, pozos y medio freático, distribuido por la península y localizado en la cueva del Tornero (Checa-Guadalajara). En el medio subterráneo de Cataluña, ha sido citado de la cova del Masiet en yesos (Valle del Brugent), y en el Forat de l'Or, Montsec d'Ares, en calizas.

Diplópodos

Tanto por sus dimensiones, como por su morfología, representa uno de los grupos más visibles a los espeleólogos. En la península cuenta con quince familias y casi cuarenta géneros y los más característicos de Cataluña son los representantes de la familia Glomeridae, habiendo identificado en la comarca de la Garrotxa a *Rhyparomeris lineata* Ribaut, 1955, considerado cavernícola y ha sido capturado en tres cavidades, en calizas y en gres. La familia Polydesmidae, localizada frecuentemente, no serían troglobios, donde la sp. *Polydesmus coriaceus* Porat, 1871, contaría con varias subespecies (*ssp. tarraconensis, leridanus, solitarius*...), citadas tanto en calizas, como en conglomerados (Fig. 12).

De la familia Anthogonidae se ha citado *Cranogona cornuta* Ribaut, 1913, del graller de Castellet, en conglomerados. De la Chamaesomatidae, destaca *Origmatogona catalonicum* Ribaut, 1912, con amplia distribución por toda Cataluña, en cavitades calizas y en conglomerados (Montsant, St. Llorenç del Munt,

quan els individus d'aquest grup vivien en el medi epigeu, ocuparien una gran extensió de territori i, a mesura que esdevingueren canvis climàtics i amb l'ocupació de l'espai hipogeu, s'haurien agrupat en àrees aïllades, evolucionant de manera independent, fins esdevenir espècies diferents, fenomen conegut com «diferenciació al·lopàtrica».

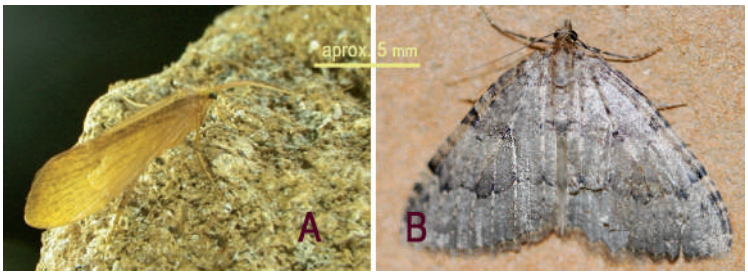


Figura 16. A: *Tricòpter. Stenophylax crossotus* Mac Lachlan, 1884. Det. Ll. Filbà. Foto A. Meseguer. B: Lepidòpter *Scoliopteryx libatrix* (L. 1758). Foto A. Meseguer.

Figure 16. A: Tricopter. Stenophylax crossotus *Mac Lachlan, 1884. Det. L. Filbà. Photo A. Meseguer. B: Lepidoptera.* Scoliopteryx libatrix *(L. 1758). Photo A. Meseguer.*

Tricòpters

A Catalunya han estat estudiats per Lluis Filbà i se'n coneixen dos gèneres i quasi una dotzena d'espècies. Una part del seu cicle vital el passen dins de cavitats, buscant un refugi per aparellar-se. Els dos gèneres més habituals són *Mesophylax* Mclachlan, 1882 i *Stenophylax* Kolenati, 1848, localitzant-se a coves, mines, pous, etc., en qualsevol composició de terreny i material litològic (Fig. 16A)

Lepidòpters

És molt freqüent veure papallones a les parets i sostres de les cavitats. Es tracta d'espècies trogloxenes que regularment colonitzen tot tipus de cavitats i mines, independentment de la composició del terreny. Els més freqüents pertanyen a la família Noctuidae. Les principals espècies serien *Pyrois effusa* Boisduval 1829; *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758) i *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758), entre d'altres (Fig. 16B).

Dípters

Finalment ens toca esmentar el cas del dípter *Limonia nubeculosa* Meigen, 1804. Espècie, no troglòbia que se la distingeix per tenir la mida més gran dins dels «mosquits» que podem trobar-hi i que és present a moltes cavitats de Catalunya, sense distinció de la seva composició litològica (Fig. 17).

L'any 2020, es va descobrir una nova espècie de la mateixa família descrita com *Diacranophragma (Brachylimnophila) relicta* Mederos, 20200. Coneguda només de l'avenc del Daví als conglomerats de Sant Llorenç del Munt.

CONCLUSIONS I CONSIDERACIONS FINALS

La fauna subterrània considerada té el seu hàbitat principalment en materials sedimentaris (conglomerats, calcàries, gresos) i evaporítics (guixos), on hi estarien implicats des de la gran xarxa de petites fissures, fins espais de majors dimensions

Muntanyes de Prades, La Garrotxa...); también *O. Jacetanorum* Mauries, 1964, de l'avenc del Julivert, si bien la localitat típica estaría en el medio epigeo. De la cova de les Encantades en Toloriu, se ha citado *Scutogona muticum* Ribaut, 1913, considerada especie vulnerable. Como endemismo cuyo hábitat serían los conglomerados de St. Llorenç del Munt, estaría la sp. *Scutogona vivesi* Mauriès & Vicente, 1977, si bien, hasta ahora, solamente se conoce del avenc de la Carbonera como localidad típica.

Una cavidad aislada en yesos y situada cerca de Sort, es la Cova Savarneda, de donde se conoce la especie *Pyreneosoma grandicoxae* Mauriès, 2010, de la familia Haplobainosomatidae.

De la familia Opisthocheridae, la sp. *Hispaniosoma racovitzai* Ribaut, 1913, fue descrita de la cueva Fou de Bor, que es considerada otra especie protegida de la Serra del Cadí y del Canigó según el Catálogo de fauna salvaje autóctona amenazada de Cataluña (Decreto 172/2022 de 20 de setiembre).

En diversas cavidades del Port y del Perelló, se encuentra *Typhlopsychrosoma tarraconense* (Mauriès, 1970), de la familia Vandelaumatidae, que cuenta con tres géneros y numerosas especies en la península.

En la familia Iulidae, destaca la especie *Tarracoblaniulus lagari* Mauriès & Vicente, 1977, de la pródiga cova d'en Janet, hábitat de una gran diversidad de taxones y de donde además se conoce otro diplópodo de la familia Trichoblaniulidae, *Trichoblaniulus tarraconensis* Mauriès & Vicente 1975.

Figura 16. A: Tricóptero. *Stenophylax crossotus* Mac Lachlan, 1884. Det. Ll. Filbà. Foto A. Meseguer. B: Lepidóptero. *Scoliopteryx libatrix* (L. 1758). Foto A. Meseguer.

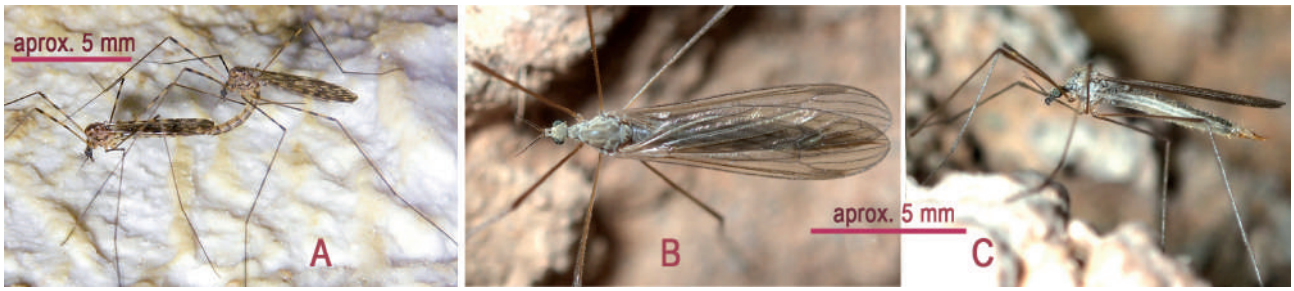


Figura 17. Dípters. A i B: *Dicranophragma relicta* Mederos, 2020. Foto J. Mederos. C: *Limonia nubeculosa* Meigen 1804. Foto A. Meseguer.

Figure 17. Dipteral. A and B:* Dicranophragma relicta. *Photo J. Mederos. C:* Limonia nubeculosa. *Photo A. Meseguer.

que constitueixen l'àmbit de les cavitats amb galeries accessibles als espeleòlegs, però cal ser conscients que aquestes només representen una petita fracció.

Els estudiosos dels ratpenats assenyalen algunes espècies que són difícils de veure, ja que no romanen al sostre de les galeries, sinó que s'endinsen en estretes esquerdes força inaccessibles, que serien comparables a la xarxa de microfissures per la fauna invertebrada. Tot i amb això, s'han desenvolupat tècniques per poder capturar la fauna d'aquests espais i talment podria organitzar-se un programa de treball per la recerca d'aquesta fauna a la nombrosa quantitat de balmes que hem exclòs de la relació de cavitats en conglomerats, incidint així en el medi subterrani superficial (MSS), el que ens permetria obtenir una millor visió de conjunt, si bé representa un nou camp de treball que no ha estat objecte de la nostra atenció i més aviat seria una tasca d'entomòlegs, que de bioespeleòlegs.

Malgrat haver-se considerat que els conglomerats podrien tenir un índex menor de fissuració que connectaria la cavitat amb l'exterior, aquest aspecte tampoc sembla massa evident atès que la presencia de l'aigua indispensable per a la vida i l'aportació energètica no semblen diferenciar-se entre els diferents materials litològics.

En el treball presentat s'esmenten més de 100 cavitats, 17 taxons, o grups de fauna subterrània i més de 120 espècies que constitueixen una mostra representativa de la fauna subterrània de Catalunya.

No trobar diferències en la colonització per tipus de roca, entre els taxons d'espècies troglòfiles semblaria lògic, pel fet de constituir grups oportunistes que troben en les cavitats les condicions requerides per instal·lar-s'hi (tricòpters, dípters, ortòpters...). Per altra banda, hi ha grups sobre els quals no podem dir gaire cosa, sigui per la raresa de les captures, per la manca de dades, o d'inventaris i llistats sistematitzats. Només dels grups i de les famílies ben representades, que disposem de suficient informació (coleòpters, isòpodes, pseudoescorpins, opilions, diplurs...) podem treure'n algunes

Figura 17. Dípteros. A y B: *Dicranophragma relicta* Mederos, 2020. Foto J. Mederos. C: *Limonia nubeculosa* Meigen 1804. Foto A. Meseguer.

En cavidades dels Ports, se ha citado *Syniulus bolivari* (Ceuca, 1971); mientras en la Cova Miserachs, de l'Ordal y en la Cova Prim, en travertinos de Esparreguera, tiene su hábitat *S. Lagari* (Ceuca, 1971).

Quilópodos

Según Vandel (1964), los representantes de los quilópodos cavernícolas son menos numerosos y diferenciados que los diplópodos y, en su mayoría, difieren poco de las formas epigeas. Dentro del grupo de los Lithobiomorpha, muchas sp. son marcadamente higrófilas. En la península se conocen diecisiete especies troglobias, si bien en Cataluña predominan las especies epigeas. J.M. Demange y A. Serra, han estudiado el grupo en la península.

Se dispone de pocas referencias identificadas en cavidades de conglomerados, a pesar de encontrar citas en las fichas del MZB encontramos el avenc del Club, avenc del Daví, avenc Montserrat Ubach, Forat la Bou, cova de les Aigües..., si bien muchas de ellas podrían corresponder a la especie *Lithobius piceus* L. Koch, 1862, identificada a l'avenc de Can Torres, entre muchas otras localidades epigeas.

De entre las diversas especies identificadas como cavernícolas, *Lithobius allotyphlus* Silvestri, 1908, fue descrita inicialmente de diversas cavidades de la vertiente francesa de los Pirineos Atlánticos, hasta que en el año 1972, Escolà capturó ejemplares en el forat del Puig de les Bruixes de Montagut i Oix (Girona). También debe destacarse la sp. *Lithobius ambulotentus* Demange & Serra, 1978

conclusions.

Arrel de la relació de fauna considerada creiem que pot desprendre's que no existeixen diferencies substancials en la colonització de l'àmbit hipogeu, sigui aquest de conglomerats, de calcàries, o d'altres materials, de manera que existiria tant en el passat, com a l'actualitat, una mena de «lliure circulació» de fauna entre les diferent composicions litològiques. L'aspecte veritablement important pel desenvolupament de la vida subterrània, serien unes adequades condicions climatològiques (foscor, temperatura, humitat relativa, corrents d'aire...) i les aportacions energètiques (recursos alimentaris) provinents de l'exterior en forma de matèria orgànica transportada per l'aigua de la pluja dipositada a les parets, des de les fissures més superficials, a les zones més profundes fins assolir el nivell freàtic, d'on també se n'aprofitaran els organismes aquàtics; sense menystenir els recursos aportats pels corrents directes d'aigua, temporals, o permanents, el paper jugat per les aigües de condensació formades per les diferencies de temperatura i humitat entre exterior i l'interior, o les restes i deposicions aportades per les espècies troglòfiles i ratpenats.

Tanmateix es possible considerar la presència de fauna limícola, que s'alimenta de la matèria orgànica incorporada als sediments, que pot ser digerida expulsant les argiles; si bé aquests sediments tant es produeixen en calcàries, com en conglomerats, per més que la quantitat generada seria depenen de la composició de la roca calcària, o dels còdols i del ciment aglomerant en el segon cas.

De manera paradoxal, hi ha cavitats amb recursos tròfics i condicions ambientals adequades, que sense un motiu aparent tenen una mancança de fauna hipogea, però tant passa en conglomerats com en altres materials. L'explicació del fenomen s'haurà de cercar en altres causes amb independència de l'estructura litològica.

A la relació presentada de taxons i espècies s'ha pogut comprovar que són moltes les que es distribueixen per les diverses litologies, tant en aquells casos de les qui colonitzen grans àrees, sobrepassant accidents hidrològics i /o geològics, com el cas d'espècies que ocupen àrees més reduïdes. La diferenciació entre les espècies que ocupen tant conglomerats, com calcàries sembla deure's més a l'evolució al·lopàtrica (per aïllaments hidrogràfics i /o intercalació de materials no carstificables), que per la diferent composició dels materials.

Dels 9 gèneres i 56 espècies de coleòpters hipogeus de la família Leiodidae identificats a Catalunya, s'ha comprovat el seu hàbitat en alguna cavitat desenvolupada en conglomerats de 5 gèneres (55%) i 13 espècies (23%); mentre que de la família Carabidae, la segona més important de l'hàbitat subterrani, d'un total de 9 gèneres i 19 espècies, sols dos gèneres i 3 espècies han estat capturades en aquest tipus de materials.

inicialmente en Prats-de-Molló-la-Preste, hasta que posteriormente A. Serra la capturó en las coves de Rialp, en Queralbs. Dicha especie ha sido considerada Troglobia (Serra, 1983).

Colémbolos

Los colémbolos constituyen un grupo con abundantes especies endogeas y cavernícolas, con presencia en toda la península (Gama, 1985; Arbea et al., 2021). Al referirnos a los representantes troglobios, destacan las familias Onychiuridae, Entomobryidae y Oncopoduridae.

Dos aspectos que llaman la atención serían, la amplia distribución geográfica de algunas de especies troglobias y el gran número de especies citadas de una sola, o de muy pocas cavidades.

De la familia Onychiuridae, destacaríamos la sp. *Onychiurus insinuans* Gisin, 1952, Troglobia, solamente conocida de la cova Mosquera, Beuda, en yesos. También *Protaphorura paranemorata* (Selga, 1962), especie Troglobia solo conocida de la Cova Balaguer, els Ports; o la descrita recientemente *Yoshiiphorura bellingeri* Jordana & Martínez, 2004, especie Troglobia del litoral mediterráneo, con distribución geográfica desde Almería, a Castellón, hasta el sur de Tarragona, en la Cova Cambra.

De la familia Entomobryidae, el género *Pseudosinella Schaeffer, 1897*, abunda en el norte peninsular, contando con el mayor número de especies. *Pseudosinella barcelonensis* Gisin & Gama, 1969, es una especie endémica de la costa mediterránea,

Són poques les espècies que fins el moment només es coneixen en conglomerats, com per exemple *Aphaenops ubachi*, *Eukoenenia zariquieyi*, *Scutogona vivesi*... aspecte que podria justificar-se tant pel reduït nombre de captures (cas dels palpígrads, o caràbids), com per la manca de cavitats properes en d'altres materials.

De les experiències de molts bioespeleòlegs avesats a la captura de fauna a cavitats en conglomerats podríem concloure, que aquestes no semblen diferir ni en diversitat, ni abundància, respecte a les desenvolupades en materials calcaris i pensem que no hi ha diferencies substancials entre la fauna que colonitzà les cavitats en conglomerats, calcàries, o d'altres substrats com guixos, o gresos.

Un dels problemes que l'activitat bioespeleològica podria resoldre, rau en el gran nombre d'espècies que només són conegudes per un sòl, o un nombre reduït d'exemplars, en una, o molt poques localitats. És desproporcionat el nombre d'espècies que solament es coneixen de la localitat típica i que de ben segur han de viure en altres indrets, ja que en els casos d'un hàbitat reduït, no podrien reproduir-se i s'haurien extingit. Hi ha una imperiosa necessitat d'augmentar el nombre de citacions i captures d'aquells grups i espècies, doncs sols així es podran conèixer les àrees de dispersió, abundància i les veritables vulnerabilitats.

Actualment, la recollida de fauna subterrània està regulada per diversa normativa, que pot variar en funció del grau de protecció de la zona considerada (parcs naturals, zones protegides, cavitats amb reglamentació específica, etc.); qüestió que semblaria prou correcte d'entrada, si bé aquesta obligació que necessitarien entomòlegs, estudiosos i bioespeleòlegs, per la sol·licitud de permisos de captura requeriria una simplificació i agilització administrativa que actualment no té. La tramitació obliga a realitzar en alguns casos d'una planificació de les sortides de manera molt anticipada, al lliurament d'informes inicials (memòria i descripció d'activitats, objectius, captures...), així com informes finals. Aquesta exigència contrasta amb la frivolitat en què diàriament es produeixen moltes activitats massificades, i de major impacte dins els entorns naturals, com serien visites d'aventura, curses, vies ferrades, barranquisme, ràfting, etc.

Per acabar-ho d'adobar, hi ha situacions que la sol·licitud s'ha d'adreçar a diversos organismes oficials, poc coordinats entre ells (Generalitat, Diputacions, Parcs Naturals, Agents Rurals...). L'obligació per definir unes dates fixes per l'activitat, representa un fort condicionant que cal afegir a les dificultats inherents de qualsevol exploració, tot i saben les dificultats per fixar una data concreta que pot canviar per causa de la meteorologia, per situacions personals aleatòries. Paradoxalment, a l'era de les comunicacions telemàtiques immediates, un excés de burocràcia, o afany regulador del treball de

citada en diversas cavidades del Ordal, pero con una referencia en Castellón del avenc d'en Serenge.

Un troglobio del Prepirineo Oriental, capturado en la cova Fosca, de Vilanova de Meià y en la cova Fonda de Tragó *Pseudosinella decepta* Gisin & Gama, 1969. La *Pseudosinella intemerata* Gisin & Gama, 1969, sería otra especie Troglobia, de la fou de Bor, pero también citada en dos cavidades de Vallirana; mientras que, *Pseudosinella lleidensis* Gama, 1984, se conoce de dos cavidades en conglomerados y una en calizas: avenc del Barbuixell, graller de Castellet y avenc de la Safor respectivamente y se trata de una especie Troglobia, aunque sin adaptaciones troglomorfas.

También está citada en cavidades de conglomerados y calizas, la especie *Pseudosinella superduodecima* Gisin & Gama, 1970, considerada Troglobia de la zona central del Pirineo catalán, habiéndose capturado en la cova de l'Ormini, avenc nº 2 del Capolatell y al Avenc Montserrat Ubach.

La especie Troglobia *Pseudosinella tarraconensis* Bonet, 1929, es conocida desde Castellón, en la cova Cambra del Port; en la serra de Llaberia, en los conglomerados del Montsant y en las calizas de las Muntanyes de Prades, con un gran número de referencias. La ssp. *Pseudosinella tarraconensis longicornis* Bonet, 1929, está citada de la cova de la Humidiella y también del avenc del Julivert.

De la familia Oncopoduridae, la especie Troglobia *Oncopodura delhezi* Stomp, 1974, ha sido identificada en el Avenc Montserrat Ubach, en conglomerados, aunque también en cavitades en

recerca, provocant de «facto» un alentiment del coneixement i les investigacions, alhora que no s'aconsegueix en absolut augmentar el llindar de protecció que suposadament alguna administració perseguia. En el transcurs de les nostres activitats, hem pogut observar l'estat d'abandó, degradació i fins contaminació d'algunes cavitats freqüentades, d'altres on es llancen animals, runes i residus, s'emplenen de grafits, es trenca la formació i fins a alguna pedrera fa desaparèixer alguna interessant cavitat, sense que mai ens hàgim assabentat de cap mena de sanció. No ens cansarem d'emfatitzar que tant el medi subterrani, com la fauna que hi habita, constitueixen un sistema molt fràgil que cal preservar amb més cura de com s'ha fet fins ara.

El dilema més important de la biospeleologia i de l'entomologia està relacionat amb la protecció de la fauna i l'extinció d'espècies, com problemes d'abast mundial. Les consideracions i reflexions serien tant extenses, que desbordarien el marc de les XXXVIII Jornades científiques, si bé podem evidenciar el context mitjançant tres articles descoratjadors, als que podrà accedir-s'hi des del links de la bibliografia-, el primer de Cardoso, et al. (2011) és relatiu als problemes relacionats amb la protecció dels invertebrats i les seves dificultats pel desconeixement i rebuig de la societat; el segon de Schut & Delalandre (2015) presenta la historia i relacions entre l'espeleologia i la ciència a França «Montée et déclin...»; i el tercer, de l'ecòleg J. Terrades (2023) amb un títol prou clarificador «Els naturalistes també s'extingeixen». Els conflictes entre ciència i societat, l'especialització i l'excés reglamentador de les administracions comentat anteriorment (permisos, dates, captures, burocràcia...), no tant sols no ajudarien a la protecció, sinó que podrien anar en sentit contrari al que suposadament hom persegueix. La vessant científica de l'espeleologia té molt a dir-hi en aquest marc i tal com suggereix J. Terrades, potser què «quan truquin, rere la porta ja no hi hagi ningú. I això seria una tragèdia enorme per a la ciència».

AGRAÏMENTS:

Al Departament d'Artròpodes del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, per les facilitats que sempre ens han ofert en la informació, locals, consulta de col·leccions i servei de biblioteca.

Als blocs Espeleoindex, Espeleobloc i BIOSP que amb els seus continguts faciliten els treballs.

Als amics J. Comas, A. Serra, Ll. Filbà i A. Meseguer, per la informació, treballs d'identificació, descripció i fotografia d'espècies de fauna subterrània.

Als especialistes X. Bellés, A. Faille, J. Fresneda i C. Ribera, per la seves informacions i criteri sobre la qüestió plantejada en el aquest article.

calizas de Huesca y de Mallorca. De manera similar, pero con un área de dispersión más reducida, la sp. *Oncopodura occidentalis* Bonet, 1931, es un troglobio capturado en el graller de Potestats de la Serra de Lleràs y también en la cueva de los Murciélagos, Huesca. *Oncopodura tricuspicata* Cassagnau, 1964, también ha estado citado en cavidades de calizas de la de la Serra Ferrera, Huesca y en Mallorca, en Cataluña, en el avenc del Barbuixell, de la Serra de Lleràs (Serradell).

La especie Troglobia *Tritomurus catalanus* Denis, 1924, propia de los Prepirineos orientales, es conocida en cavidades de calizas, margas y conglomerados, como el avenc de la Figuera, els bufadors d'en Beví, a Osona y en el Botet de Casa Rei, en la Serra de Lleràs.

Dipluros

En la reciente publicación «Habitantes de la Oscuridad» (Sendra, 2023), define sintéticamente a los dipluros, como hexápodos ápteros, con dos colas. En Cataluña, todos pertenecen a la familia Campodeidae, ampliamente representada en el mundo subterráneo. Entre ellos hay géneros endogeos, poco modificados (Bellès, 1987) y muchos hipogeos evolucionados. Los encontramos en todo tipo de materiales geológicos.

En los conglomerados de la cova de les Aigües de l'Espluga Francolí y en la Cova Santa, del Montsant, pero también en materiales calizos, como el avenc del Julivert, la cova de la Moneda y otras cavidades de Tarragona, tiene su hábitat la sp. *Campodea cossetana* Sendra & Escolà, 2004.

El macizo de Montserrat, pero también en los relieves calizos del Anoia, constituyen el hábitat de *Campodea egena* Condé, 1951, conocido de la cova del Salnitre en Collbató y en la cercana cova del Petrecó, de Olesa. Otra cita más alejada (Sendra, 1990) es la cova d'en Janet de Llaberia (Tarragona).

En ambas vertientes de los Pirineos Centrales y Orientales, se localiza la especie endógea *Campodea zuluetai* Silvestri, 1932, siendo su localidad típica Benasque, aunque también se ha encontrado en cavidades de Girona y Lleida, como la la cova de les Feixasses, en areniscas y la cova d'Anes en calizas.

Conocida del Ariege, *Podocampa jeanneli* Condé, 1947, en los Pirineos Centrales, pero también en conglomerados, en el forat dels Mollons, de Senterada y en diversas cavidades del Montsec y serra del Cadí.

Finalmente del género *Plusiocampa*, la *P. Bonneti condei* (Condé, 1948), distribuida por más de treinta cavidades de Barcelona, Lleida y Tarragona, en el Moianès, St. Ll. del Munt, hasta la cova del Mandil en el Alt Camp, con muchas referencias en conglomerados, mientras *P. Bonneti escolai* Sendra, 1985, se localiza en el O de Cataluña (Montsec), en cavidades de Huesca y de Francia, con una amplia distribución, más algunas en el S de Cataluña, como la Cova Santa del Montsant.

Ortópteros

Del grupo de los ortópteros, el género *Dolichopoda* Bolivar, 1880, está bien representado en cavidades de la zona septentrional de Cataluña. (Escolà, 1970). Se trata de un insecto de tamaño muy grande, con las patas posteriores adaptadas para poder realizar largos saltos. También unas largas antenas que, extendidas, alcanzan fácilmente los 10 cm de longitud. Las dos especies conocidas colonizan zonas diferenciadas: *Dolichopoda bolivari*, Chopard, 1915, distribuida por el Prepirineo central de Huesca y N de Lleida. Localizada en muchas cavidades, tanto en conglomerados como en calizas. Mientras, *Dolichopoda linderi*, (Dufour, 1861), es propia de cavidades de Girona y Barcelona, aunque sin alcanzar los conglomerados de Sant Llorenç o Montserrat (Fig. 13).

Del género *Petaloptila* Pantel, 1890, contamos con *P. pyrenaea* Olmo-Vidal & Hernando, 2000, descrito de la fértil cueva del Hueso Santo, en la Serra Ferrera de Huesca, pero también capturado en el avenc de la Safor, Llastarri (Lleida); mientras que *P. venosa* Gorochov & Llorente, 2001, está distribuida ampliamente por la región mediterránea: Valencia, Castellón, Teruel, hasta cavidades del Port, ya en Tarragona.

Coleópteros

Sin duda es el grupo más estudiado de la fauna subterránea, con una larga tradición de especialistas en Cataluña (Zariquiey, Español, Vives, Lagar...) que ha tenido continuidad hasta el momento actual. En el segundo apartado al comentar la distribución de los conglomerados en Cataluña, se ha incluido la ubicación de toda la coleóptero-fauna hipogea conocida y por este motivo, aquí tan solo nos referiremos al caso particular de los tréquidos del género *Aphaenops (Ceretotrechus)* (Faille et al., 2023) y la ocupación por las cavidades en diversos materiales de Cataluña.

El nuevo subgénero *Ceretotrechus* (Faille et al., 2023), de reciente descripción, cuenta con especies que tienen su hábitat tanto en conglomerados, como en calizas, por lo que representan un buen ejemplo para comprender la colonización y la evolución de la fauna subterránea.

El año 1919, Jeannel describió el género *Geotrechus* a partir de ejemplares del sur de Francia y no fue hasta el año 1965, que se descubrieron en Cataluña. El primero de ellos, *G. ubachi* en la comarca del Solsonès, cuatro años se descubrió, *G. seijasi* de la Cerdanya y, posteriormente se ha llegado hasta siete especies conocidas. En la reciente publicación, a partir de análisis genéticos, el antiguo género *Geotrechus* ha entrado en sinonimia con el de *Aphaenops* Bonvouloir, 1861, englobando así las siete especies de Cataluña en el nuevo subgénero: *Ceretotrechus*.

Su distribución está condicionada por la disposición de los materiales geológicos, por la distancia entre poblaciones y, en gran medida, por las fronteras hidrográficas (Fig. 14).

Los ríos Segre y Llobregat, forman «fronteras hidrográficas», mientras el aislamiento geográfico y geológico favorece las evoluciones diferenciadas. Las especies *Aphaenops (Ceretotrechus) ubachi* (Español, 1965), y *A. (C.) victoriai* (Faille, Bordeau, Bellés & Fresneda, 2015), solamente han sido capturadas en conglomerados, si bien, conviven con otros coleópteros Leiodidae que también se localizan en calizas. Las otras cinco especies han sido capturadas en materiales calcáreos, conviviendo con otras especies de Leiodidae que, a su vez, también han sido capturadas en conglomerados.

La nueva clasificación del subgénero *Ceretotrechus,* a partir de sus características morfológicas y genéticas, divide las siete especies en dos grupos; dos de ellas tienen como hábitat cavidades en conglomerados y el resto, en calizas (Fig. 15).

El grupo *delioti* se compone de las especies *A. delioti* (Bordeau et al., 2015) y *A. incantatus* (Bordeau et al., 2015), que están separadas per el valle del rio Segre. En la vertiente derecha, *A. delioti*, convive con el Leptodirini *Ceretophyes riberai* (Español, 1967), conocido de la mina de manganeso de Cortàs, en la cova d'en Manent, en las coves d'Olopte y de la cova d'Anes. Mientras, *A. incantatus,* conocido de la cova de les Encantades y del avenc de la Cabana d'en Garraba, en la vertiente izquierda del río, conviviendo con el Leptodirini *Troglocharinus mengeli* y con el Molopini *Speleopidius joanivivesi* Vives & Comas, 2021.

Por su parte, el grupo *ubachi* está integrado por las especies *A. seijasi*, propia de la zona de la Fou de Bor; *A. puigmalensis*, en la cara S del Puigmal, a 2.045 m s.n.m. y por *A. boumortensis* en el Boumort. Su hábitat son cavidades calizas, mientras *A. ubachi* y *A. victoriai*, situados geográficamente más hacia el S, colonizan la parte E-O de los conglomerados de Odèn-St Llorenç de Morunys-Berga-La Nou de Berguedà.

Las especies anteriores conviven con otros coleópteros hipogeos como *C. cenarroi* en la Fou de Bor; *P. bofilli* y *P. delarouzeei* en la cova de les Encantades del Puigmal; *Zariquieya boumortensis* y *T. fonti* en el avenc del Pla de Fornesa, Boumort; *T. mengeli* en el avenc del Xato, Llinars y *P. delarouzeei* en la bòfia d'Obaga d'Espades, la Nou de Bergadà.

Todo parece indicar que la composición litológica de los materiales no condiciona la selección de la fauna. Inicialmente, cuando los individuos de este grupo vivían en el medio epigeo, ocuparían una gran extensión de territorio y, a medida que se produjeron cambios climáticos, con la ocupación del espacio hipogeo, habrían quedado agrupados en áreas aisladas, evolucionando de manera independiente, hasta llegar a ser especies diferenciadas, fenómeno denominado «diferenciación alopátrica».

Tricópteros

En Cataluña, están siendo estudiados por Lluis Filbà, con los géneros *Mesophylax* McLachlan, 1882 y *Stenophylax* Kolenati, 1848 y unas doce especies. Una parte de su ciclo vital lo pasan en el interior de cuevas, minas, pozos, etc., en cualquier material litológico (Fig. 16A)

Lepidópteros

Con una cierta frecuencia es posible localizar mariposas en las paredes y techos de las cavidades. Se trata de grupos trogloxenos que con regularidad colonizan todo tipo de cavidades y excavaciones artificiales, con independencia de la composición del terreno. La mayoría pertenecen a la familia Noctuidae y entre las principales especies destacaríamos, *Pyrois effusa* Boisduval, 1829; *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758) y *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758) (Fig. 16B).

Dípteros

Es habitual también encontrar dípteros como *Limonia nubeculosa* Meigen, 1804, especie troglófila / trogloxena que destacaría dentro del grupo de los «mosquitos», por su tamaño, siendo su presencia habitual en muchas cavidades de Cataluña, sin distinción ni preferencias del sustrato litológico (Fig. 17).

El año 2020, tuvo lugar el descubrimiento de una nueva especie perteneciente a la misma familia, *Dicranophragma (Brachyilimnofila) relicta* Mederos, 2020. Conocida solamente del avenc del Davi, en los conglomerados de Sant Llorenç del Munt.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

La fauna subterránea considerada tiene principalmente su hábitat en materiales sedimentarios (conglomerados, calizas, areniscas) y evaporíticos (yesos), comprendiendo una gran red del sistema de fisuras, hasta los espacios de mayor dimensión, que constituye el ámbito de pozos y galerías accesibles a los espeleólogos, si bien es preciso tener en mente que estos últimos solamente representan una mínima fracción del ambiente subterráneo.

Los especialistas en quirópteros han señalado la existencia de especies de muy difícil localización que habitan en estrechas fisuras inaccesibles, espacio que sería asimilable a la red de microfisuras que ocupa la fauna invertebrada. A pesar de ello, se han desarrollado técnicas para capturar la fauna de dichos espacios, por lo que se podría plantear un programa de trabajo para su captura en los numerosas abrigos que han sido excluidos de nuestra relación de cavidades en conglomerados, incidiendo así en el Medio Subterráneo Superficial (MSS) que permitiría obtener una mejor visión de conjunto; si bien ello representa un nuevo campo de trabajo que no ha sido objeto de nuestra atención y que sería más propio de entomólogos, que de bioespeleólogos.

Se ha considerado que los conglomerados podrían tener un menor índice de fisuración para conectar la cavidad con la superficie, si bien este aspecto tampoco aparece como evidente dado que la presencia de agua y los aportes energéticos y nutricionales indispensables para la vida, no parecen diferenciarse mucho entre los distintos materiales litológicos.

El artículo cita más de 100 cavidades, 17 taxones, o grupos de fauna subterránea y más de 120 especies, que sería una muestra representativa de la fauna subterránea de Cataluña.

Parecería lógico no encontrar diferencias entre los taxones de especies troglófilas, en la colonización de distintos tipos de roca, por el hecho de tratarse de grupos oportunistas epigeos que encontrarían unas condiciones idóneas para su ocupación (tricópteros, dípteros, ortópteros…). A su vez, existen grupos sobre los que no podemos decir gran cosa, sea por la rareza de sus capturas, por la falta de datos, o de inventarios sistematizados. Tan sólo de aquellos grupos y familias bien representadas, de las que disponemos de suficiente información (coleópteros, isópodos, pseudoescorpiones, opiliones, dipluros…) podemos extraer algunas conclusiones.

A partir de la relación expuesta de fauna considerada, creemos que puede confirmarse que no existen diferencias substanciales en la colonización del medio hipogeo, sea este conglomerado, caliza o cualquier otro material, de manera que existiría tanto en el pasado, como actualmente una especie de «libre circulación» de la fauna entre las distintas litologías. El aspecto verdaderamente importante para el desarrollo de la vida subterránea son las condiciones climatológicas (oscuridad, temperatura constante, elevada humedad relativa y ausencia de corrientes de aire) y las aportaciones energéticas (recursos alimentarios), procedentes del exterior en forma de materia orgánica aportada por el agua de lluvia arrastrada hacia el interior, depositada en paredes y sedimentos hasta alcanzar los niveles freáticos, donde también se nutrirían los organismos acuáticos, sin ignorar aquellos recursos directos aportados por corrientes de agua temporales, o permanentes, el papel de las aguas de condensación, o los restos y deposiciones aportados por las especies troglófilas y los murciélagos.

Así mismo puede considerarse la fauna limícola, que se alimenta de la materia orgánica contenida en los limos sedimentados, a base de ingerirlos y expulsar el material arcilloso, digiriendo el resto; si bien estos tanto tienen lugar en mayor o menor grado, en calizas, como en conglomerados, dependiendo de su composición.

Paradójicamente, existen cavidades con recursos tróficos y condiciones ambientales adecuadas, que sin ningún motivo aparente presentan una ausencia de fauna hipogea, pero ello sucede tanto en conglomerados, como en otros materiales. Su explicación deberá buscarse en otras causas con independencia de la estructura litológica.

De la relación de especies expuestas en los capítulos anteriores, se ha comprobado que muchas de ellas se distribuyen por todas las litologías, tanto en los casos de especies que colonizan grandes extensiones que sobrepasan accidentes hidrológicos y /o geológicos, como en el caso de especies que ocupan áreas más reducidas. La diferenciación entre las especies que ocupan tanto los conglomerados, como las calizas, parece deberse más a la evolución alopátrica (por aislamiento hidrográfico y/o intercalación de materiales no karstificables), que por la diferente composición de los mismos.

De los 9 géneros y 56 especies de coleópteros hipogeos de la familia Leiodidae identificados en Cataluña, se ha comprobado la presencia de 5 géneros (55%) y 13 especies (23%) que tienen su hábitat en conglomerados, mientras que de la familia Carabidae, del total de 9 géneros y 19 especies, tan solo dos géneros y tres especies han sido capturadas en este tipo de materiales.

Hay pocas especies que hasta el momento solo son conocidas en conglomerados, como por ejemplo *Aphaenops ubachi*, *Eukoenenia zariquieyi*, *Escutogona vivesi*…. hecho que pudiera justificarse, tanto por el reducido número de individuos conocidos, como por la falta de cavidades cercanas excavadas en otros materiales.

A raíz de la experiencia de muchos bioespeleológos en cavidades de conglomerados podría concluirse, que estas no parecen diferir ni en diversidad, ni abundancia, respecto a las desarrolladas en otros materiales, no encontrando diferencias justificables, entre la fauna que coloniza las cavidades en

conglomerados, las calizas y otros substratos, bien sean yesos, gres, etc.

Uno de los problemas que podrían solucionar las actividades de los bioespeleólogos, reside en el gran número de especies que sólo son conocidas por uno o muy pocos ejemplares, o de un número exiguo de cavidades. Resulta desproporcionado el número de especies de la que solo se conoce la localidad típica, pero que seguramente debe existir en otros espacios, pues en el caso de existir en un hábitat reducido no sería posible su reproducción y se extinguiría. Existe pues una imperiosa necesidad de aumentar el número de capturas y citas en todos aquellos grupos y especies, pues solo de esta manera se conocerán sus áreas de dispersión, abundancia y su verdadera vulnerabilidad.

En la actualidad, la captura de fauna subterránea está regulada por una normativa oficial, que puede variar en función del nivel de protección de la zona considerada (parques naturales, zonas protegidas, cavidades con una reglamentación específica, etc.). Aspecto que en principio parecería correcto, la solicitud de permisos de captura para entomólogos y bioespeleólogos, si bien sería deseable una simplificación y agilización administrativa, pues en muchas ocasiones, dicha tramitación obliga a realizar una planificación muy anticipada de les actividades, presentar una documentación desproporcionada (memoria y descripción previa de actividades, objetivos, capturas realizadas, informe final…), requisitos que contrastan con aquellas actividades masificadas tan promocionadas y de mayor impacto en los mismos entornos naturales, como serían las visitas de aventura, carreras de montaña, barranquismo, rafting, etc.

De manera aún más complicada, existen casos en que la solicitud debe ser presentada a diversos organismos oficiales, poco coordinados entre si (Generalitat, Diputaciones, Parques Naturales, Agentes Rurales...) obligando a precisar fechas exactas para las actividades, lo que representa un conjunto de condicionantes que deben añadirse a les propias dificultades de cualquier exploración, como la dificultad de fijar una fecha concreta para una determinada salida, que puede cambiar aleatoriamente en función de la meteorología, o por situaciones personales variables. Así pues, esta excesiva rigidez provoca de «facto» una importante dilación y hasta parálisis de algunos proyectos de investigación, toda vez que no se consigue aumentar el nivel de protección que supuestamente se perseguía.

En el transcurso de nuestras actividades, hemos podido observar el estado de abandono, degradación y contaminación de algunas de las cavidades más frecuentadas, otras veces actúan como vertedero de residuos, animales, se llenan de grafitis, o se rompen formaciones, por lo que resulta imperioso insistir qué, tanto el medio subterráneo, como la fauna que contiene, constituye un sistema frágil que deberíamos preservar para las futuras generaciones, proporcionando una educación a los posibles visitantes, con visitas continuas y masificadas que requieren de una preservación inexistente hasta el momento.

El dilema más importante de la biospeleología y de la propia entomología está relacionado con la protección de la fauna y la extinción de las especies, con problemas de alcance mundial. Las consideraciones y reflexiones en este campo son tan extensas que desbordarían el marco de las XXXVIII Jornadas Científicas, por lo que nos proponemos evidenciarlo mediante tres artículos desalentadores a los que puede accederse mediante el correspondiente link de la bibliografía. El primero de Cardoso, et al. (2011), nos presenta los problemas relacionados con la protección de los invertebrados y sus dificultades a causa del rechazo y desconocimiento de la sociedad; el segundo de Schut & Delalandre (2015). Presenta la historia y relaciones entre la ciencia y la espeleología en Francia «Montée et declin…»; y el tercero del ecólogo J. Terrades (2023) con un título suficientemente explícito «Los naturalistas también se extinguen». Los conflictos entre ciencia y sociedad, la especialización, los excesos burocráticos comentados anteriormente (permisos, rigidez de fechas, informes…), no tan solo no ayudarían a la protección, sino que tal vez avanzaría en sentido contrario al objetivo que se propone. La componente científica de la espeleología podría aportar mucho en este contexto, no sea que como sugiere Terrades, tal vez «cuando llamen, detrás de la puerta quizá no haya nadie. Y ello sería una tragedia enorme para la ciencia».

AGRADECIMIENTOS

Al Departament d'Artròpodes del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, por todas las facilidades que siempre nos han ofrecido para la obtención de información, espacios, consulta de colecciones y servicio de biblioteca.

A los blogs EspeleoÍndex, Espeleobloc y BIOSP, que, con sus contenidos han facilitado, en gran manera, el presente artículo.

A los amigos Jordi Comas, Antoni Serra, Lluis Filbà y Agustí Meseguer, por la información, trabajos de identificación de especies, descripción y fotografías de fauna subterránea, incorporadas.

A los especialistas X. Bellés, A. Faille, J. Fresneda y C. Ribera por su información y criterio sobre la propuesta de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

Auroux, L. (1970). Distribución biogeográfica de algunos isópodos cavernícolas de Cataluña. Comunicaciones del Primer Congreso Nacional de Espeleología, 91-96. Publicación del Excmo Ayuntamiento de Barcelona.

Arbea, J.I., Baquero, E., Beruete, E., Pérez Fernández, T., & Jordana, R. (2021). Catálogo de los Colémbolos Cavernícolas del Área Iberobalear e Islas Macaronésicas Septentrionales (Collembola). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), 68, 1–80.

AAVV. (1974). IV Simposium Bioespeleologia. ECE. Grup Espeleològic Pedraforca. 144 p.

AAVV (1977). 6è Simpòsium d'Espeleologia. Bioespeleologia. SIS del CE Terrassa. 160 p.

Bellés, X. (1987). Fauna Cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i Illes Balears. C.S.I.C., Monografies Científiques, 4, 1-207. Ed. Moll (Mallorca).

Bergada M. M., Cervello J. M., & Serrat D. (1997). Karst in conglomerates in Catalonia (Spain): morphological forms and sedimentary sequence types recorded on archaeological sites. Quaternaire, 8, (2-3), 267-277.

Cardoso. P., Erwin, T., Borges, P., & New, T. (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. Revista Biological Conservation. 144(11), 2647-265.

Cervelló, J.M., & Freixes A. (1992). El domini càrstic. In: Història Natural dels Països catalans. Geologia II, Enciclopèdia Catalana, 461-513. Amb un mapa geològic dels països catalans desplegable, 68 x 56 cm, escala 1/1.000.000.

Comas, J. (2022). *Troglocharinus vivesi* nova espècie de Leptodirini de la fauna hipogea de Catalunya (Coleoptera, Leiodidae, Cholevinae, Leptodirini). Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 86 (4), 143-146.

Cruz, A. (1989). Especies nuevas o poco conocidas de isópodos terrestres de la Península Ibérica. 1. Isópodos cavernícolas de la España oriental (Crustacea; Oniscoidea). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 125, 91-98.

Escolà, O. (1970). Los *Dolichopoda* de Cataluña. Comunicaciones del Primer Congreso Nacional de Espeleología, 109-112. Publicación del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona.

Escolà, O., & Bech, M., (1986). Mol·luscs recollits a cavitats subtcrranies de Catalunya i Osca. Misc. Zool., 10, 87-92.

Faille, A., Ribera, I., Deharveng, L., Bourdeau, C., Garnery L., Quéinnec, E., Deuve. T., (2010). A molecular phylogeny shows the single origin of the Pyrenean subterranean Trechini ground beetles (Coleoptera: Carabidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 54, 97–106.

Faille, Fresneda, J., & Bourdeau, C., (2023). Reconciling morphological and molecular data in a highly convergent group: the Pyrenean radiation of hypogean Trechini (Coleoptera: Carabidae). Integrative Systematics; published online 17.V.2023; DOI: 10.18476/2023. 609967.

Fresneda, J., & Salgado, J. M. (2016). Catálogo de los Coleópteros Leiodidae Cholevinae Kirby, 1837 de la península Ibérica e islas Baleares. Monografies nº 7 del Museu de Ciències Naturals. 308 p.

Fresneda, J., Rizzo, V., Comas, J., & Ribera, I.† (2021). A redefinition of the genus *Troglocharinus* Reitter, 1908, with description of new species (Coleoptera, Leiodidae, Cholevinae, Leptodirini). Zootaxa, 4926: 151-188 (et al.) *Troglocharinus sendrai*, *Troglocharinus fadriquei*.

Fructuoso, L. (2021). Geologia càrstica de Catalunya. Espeleocat, revista de la Federació Catalana d'Espeleologia, 13, 5-20.

Gama, M.M. (1985). Collemboles cavernicoles de 1'Espagne. 11. (Insecta, Apterygota). Misc. Zool., 9, 209-2 14.

Notenboom J. (1990). Introduction to Iberian groundwater Amphipods. limnetica-6-1-p-165.pdf

Olmo-Vidal, J. M., (2002). Atlas dels Ortòpters de Catalunya/ Atlas de los Ortópteros de Cataluña/ Atlas of Orthoptera of Catalonia. CD-ROOM. Generalitat de Catalunya. Departament de Mediambient. Barcelona.

Pallisé, J. (2021). Coleòpters cavernícoles de Catalunya, segona edició. CET de Llibres. Centre Excursionista de Terrassa. 107 p.

Prieto, C.E. (2007). Updating the checklist of the Iberian opiliofauna: corrections, suppressions and additions. Revista Ibérica de Aracnología, 16, (31 XII 2007), 49-65.

Prieto, C.E., & Meseguer, A. (2021). Nuevos datos sobre Opiliones subterráneos de Cataluña (España). Revista Ibérica de Aracnología, 39, 104–106.

Ribera, C. (1979). Distribution des Nesticidae cavernícoles de la Péninsule Ibérique. Revue Arachnologique, 2(6), 291-300.

Ribera, C. (1981). El gènere Leptyphantes a les Cavitats de Catalunya. SIS, 8, 43-46.

Sendra, A. (1990). Campodeidos (insecta: diplura) cavernicolas de cataluña y huesca, II. Géneros *Campodea Westwood* y *Paratachycampa* Wygodzinsky. But 11. Inst. Cat. Hist. Nat., 58 (Sec. Zool., 8), 31-36.

Sendra, A., & Escolà, O. (2004). Campodéidés cavernicoles du nord-est de la péninsule Ibérique (Diplura: Campodeidae) Revue suisse de Zoologie, 111 (4), 889-914.

Sendra, A., & Reboleira, A. S. (2013). Extensión y límites del ecosistema subterráneo. Boletín de la SEDECK, 9, 30-41.

Sendra, A. (coord.) (2023). Habitantes de la Oscuridad. Fauna Ibero-balear de las Cuevas. Sociedad Entomológica Aragonesa. 752 p.

Schut, P. O., & Delalandre M. (2015). L'échec d'une discipline: Montée et déclin de la spéléologie en France (1888-1978). 107 Revue d'histoire des sciences I T.68-1. https ://hal. science/hal-01395622/

Serra, A. (1983). Contribució al coneixement de les especies troglóbies del subgénere Lithobius Leach (s. str.) (Chilopoda, Lithobiomorpha) de la Península Ibérica i dels Pirineus francesos. Dept. Zool. Barcelona, 9, 77-88.

Terrades, J. (2023). Els naturalistes també s'extingeixen. https://blog.creaf.cat/noticies/naturalistes-extincio/

Vandel, A. (1964) Biospéologie. La Biologie des Animaux Cavernicoles. Gauthier-Villars (ed.), 620 p.

Vandel, A. (1972). Les Isopodes terrestres et cavernícoles de la Catalogne. Misc. Zool. Vol. III fase 2, 1-19.

Vicente, M.C., & Mauriès, J. P. (1978). Diplópodos cavernícolas nuevos y poco conocidos de España, recolectados por A. Lagar. Descripción de tres géneros nuevos. Misc. Zool, 4 (1), 109-134.

Vives, E., & Vives, M. (1989). La fauna cavernícola de St. Llorenç del Munt i Serra de l'Obac. Arxiu del Centre Excursionista de Terrassa, 58, 49-54.

Zaragoza, J.A. (2006). Catálogo de los pseudoescorpiones de la Península Ibérica e Islas Baleares (Arachnida:Pseudoscorpiones). Revista Ibérica de Aracnología, 13, (30-VI), 3-9.

7 L'originalitat del sistema càrstic binari de la Font Major (l'Espluga de Francolí) dins del context dels carsts en conglomerats de Catalunya

La originalidad del sistema kárstico binario de la Font Major (l'Espluga de Francolí) dentro del contexto de los karst en conglomerados de Cataluña

The originality of the binary karst system of the Font Major (l'Espluga de Francolí) within the context of karst conglomerates in Catalonia

Josep M Cervelló i Torrella[1,2] i Antoni Freixes i Perich[1,2]

1 *KRAS. Hidrologia Experimental. www.kras.cat*

2 *Societat Catalana d'Hidrologia i Carst*

Resum

La cova de la Font Major i el carst en conglomerats de l'Espluga de Francolí és un dels exemples en aquest tipus de carstificació que presenta més interès. Es tracta d'un exemple de carst binari on els conglomerats recullen l'aportació de les aigües d'una conca muntanyosa de 37 km² enclavada en materials impermeables i molt geodiversos. La Font Major, 800 m per sota dels cims de la conca és la seva surgència i ha estat un element històric clau per a la ubicació urbana de l'Espluga de Francolí des de fa segles. La cova de la Font Major és una cavitat càrstica de 3,6 km de recorregut, amb un riu subterrani i amb galeries de grans dimensions que contenen dipòsits sedimentaris de gran interès geològic. La trobada d'art paleolític parietal ha donat un nou impuls als estudis arqueològics, paleoambientals i geocronològics.

Resumen

La cueva de la Font Major y el karst en conglomerados de la Espluga de Francolí es uno de los ejemplos en este tipo de karstificación que presenta más interés. Se trata de un ejemplo de karst binario en el que los conglomerados recogen la aportación de las aguas de una cuenca montañosa de 37 km² enclavada en materiales impermeables y muy geodiversos. La Font Major, 800 m por debajo de las cimas de la cuenca es su surgencia y ha sido un elemento histórico clave para la ubicación urbana de la Espluga de Francolí desde hace siglos. La cueva de la Font Major es una cavidad kárstica de 3,6 km de recorrido, con un río subterráneo y con galerías de grandes dimensiones que contienen depósitos sedimentarios de gran interés geológico. El descubrimiento de arte paleolítico parietal ha dado un nuevo impulso a los estudios arqueológicos, paleoambientales y geocronológicos.

Abstract

The Font Major cave and the conglomerate karst of Espluga de Francolí is one of the most interesting examples of this type of karstification. This is an example of binary karst where the conglomerates collect the contribution of the waters of a mountainous basin of 37 km² embedded in impermeable and very geodiverse materials. The Font Major Spring, 800 m below the peaks of the basin is the resurgence and has been a key historical element for the urban location of Espluga de Francolí for centuries. The Font Major cave is a karst cave 3.6 km long, with an underground river and large galleries containing sedimentary deposits of great geological interest. The finding of Paleolithic parietal art has given new impetus to archaeological, paleoenvironmental and geochronological studies.

Paraules clau: Cova Font Major, l'Espluga de Francolí, carst en conglomerats, carst binari, carst cobert de la Mata, bosc de Poblet, complex detrític, Plistocè, Holocè.

Palabras clave: Cova Font Major, l'Espluga de Francolí, karst en conglomerados, karst binario, karst cubierto de la Mata, bosque de Poblet, complejo detrítico, Pleistoceno, Holoceno.

Key words: Cova Font Major, l'Espluga de Francolí, karst in conglomerates, binary karst, covered karst of La Mata, Poblet forest, detrital complex, Pleistocene, Holocene.

INTRODUCCIÓ

La cova de la Font Major de l'Espluga de Francolí és un fenomen geològic de gran interès. Els estudis realitzats durant les dècades de 1980 i 1990, per part del Servei Geològic de Catalunya (Cervelló & Freixes, 1990) i de l'ERE del CEC (Bosch, 1986; Cervelló, 1986; Bosch et al., 1991) van posar en relleu els seus valors geològics i van donar la dimensió hidrològica d'aquest carst implicat en el naixement del riu Francolí, així com una descripció morfològico- topogràfica i del registre sedimentari de la cova de la Font Major.

En aquesta nota posarem èmfasi en l'originalitat d'aquest carst respecte el conjunt d'exemples coneguts als diferents massissos conglomeràtics. El relleu i l'àrea d'alimentació del sistema no es troben en els conglomerats com passa en altres casos com Montsant o Montserrat per exemple, sinó en una conca de materials, en bona part impermeables, desenvolupada en el vessant septentrional del massís de Prades. Els conglomerats, en unes capes de poc gruix interestratificades en els materials lutítics paleògens de reompliment de l'actual Conca de Barberà, estan a la base del relleu muntanyós delimitat per la Falla de Poblet i reben les aigües d'infiltració a partir dels cursos fluvio-torrencials que arriben al pla. Bona part dels conglomerats estan coberts de materials del peudemont que, al bosc de la Mata arriben a formar un carst cobert amb depressions (dolines) damunt els al·luvials. Dins la cavitat trobem terrasses fluvials amb materials poligènics, grollers i ben rodats procedents d'aquests peudemonts situats al peu i en el punt d'inflexió de les xarxes fluvials. Sota terra s'ha desenvolupat un drenatge subterrani amb galeries de grans dimensions que s'adrecen a la surgència del sistema, la Font Major, just en el marge del tàlveg del riu Francolí. A partir de la Font Major es desenvolupa el curs del riu Francolí, que adossat als vessants de la serralada prelitoral (Massís de Prades) ha obert una incisió profunda a l'estret de la Riba cap a la depressió o fossa del Baix Camp i fins la línia de la costa, just al costat de Tarragona. El riu Francolí és un dels cursos que a partir de la crisi messiniana i durant el pliocè van obrir la depressió endorreica de l'Ebre cap a

INTRODUCCIÓN

La cueva de la Font Major de l'Espluga de Francolí es un fenómeno geológico de gran interés. Los estudios realizados durante las décadas de 1980 y 1990, por parte del Servicio Geológico de Cataluña (Cervelló & Freixes, 1990) y del ERE del CEC (Bosch, 1986; Cervelló, 1986; Bosch et. al, 1991) pusieron de relieve sus valores geológicos y dieron la dimensión hidrológica de este karst implicado en el nacimiento del río Francolí, así como una descripción morfológico-topográfica y del registro sedimentario de la cueva de la Font Major.

En esta nota pondremos énfasis en la originalidad de este karst respecto al conjunto de ejemplos conocidos en los diferentes macizos conglomeráticos. El relieve y el área de alimentación del sistema no se encuentran en los conglomerados, como ocurre en otros casos como Montsant o Montserrat por ejemplo, sino en una cuenca de materiales, en buena parte impermeables, desarrollada en la vertiente septentrional del macizo de Prades. Los conglomerados, en unas capas de poco grosor interestratificadas en los materiales lutíticos paleógenos de relleno de la actual Conca de Barberà, están en la base del relieve montañoso delimitado por la Falla de Poblet y reciben las aguas de infiltración a partir de los cursos fluvio-torrenciales que llegan al llano. Buena parte de los conglomerados están cubiertos de materiales del piedemonte que, en el bosque de la Mata llegan a formar un karst cubierto con depresiones (dolinas) sobre los aluviales. Dentro de la cavidad encontramos terrazas fluviales con materiales poligénicos, groseros y bien rodados

Figura 1. Cova de la Font Major. La dissolució dels conglomerats carbonatats obté, sota terra, morfologies del carst clàssic. A les parets es pot veure els efectes de la dissolució diferencial als clasts i al ciment calcari.

Figu 1. Font Major Cave. The dissolution of the carbonate conglomerates obtains, underground, classic karst morphologies. On the walls you can see the effects of differential dissolution in clasts and calcareous cement

la Mediterrània (Rubió, 2015).

UN CARST EN CONGLOMERATS

La cova de la Font Major està excavada en conglomerats, una roca detrítica carbonatada que a Catalunya té massissos ben coneguts com Montserrat, el Montsant o Sant Llorenç del Munt (Freixes, 1986) que dibuixen l'antiga vora de la conca terciària de l'Ebre, o La Serra de Busa, Lleràs o Collegats dins les unitats pirinenques meridionals. L'originalitat del carst en conglomerats de l'Espluga de Francolí és l'absència d'aquests relleus muntanyosos que configuren el paisatge característic dels massissos de conglomerats carbonatats.

La sèrie continental paleògena dels voltants de l'Espluga de Francolí és majoritàriament lutítica, amb alternances de gresos, argiles, margues i algun nivell de calcàries lacustres. Els conglomerats formen intercalacions que per la seva duresa destaquen en el paisatge, per exemple formant el basament del nucli antic de l'Espluga de Francolí, o Espluga Sobirana. Son nivells més o menys continus o paleocanals dins les lutites i gresos, el seu gruix es molt variable. A la zona de la cova els conglomerats presenten una façana des de dalt de la trama urbana d'uns 35 m de gruix, amb algunes intercalacions de gresos i argiles.

Aquesta Unitat de Conglomerats i Lutites de l'Espluga de Francolí ocupa un espai intermedi entre els conglomerats de Sant Miquel de Montclar, amb un gruix de 500 m, a l'est , i els de la Formació Montsant, amb quasi 1000 m de potència, a l'oest (Colombo, 1986; Colombo & Vergés, 1992; Gómez & Colombo, 2020). La Formació Montsant arriba fins la zona de Vimbodí-Riudabella en forma de filagarses que s'estenen en direcció al riu Francolí en discordança angular i erosiva sobre els materials de l'Espluga de Francolí. (Colldeforns et al., 1994)

Els conglomerats tenen una textura suportada pels clasts, bastant heteromètrics i molt monogènics, ja que aproximadament el 90% dels còdols son calcaris, encara que hi ha una petita proporció de gresos, lidites i

Figura 1. Cueva de la Font Major. La disolución de los conglomerados carbonatados obtiene bajo tierra morfologías del karst clásico. En las paredes se puede ver los efectos de la disolución diferencial en los clastos y en el cemento calcáreo.

procedentes de estos piedemontes situados en el pie y en el punto de inflexión de las redes fluviales. Bajo tierra se ha desarrollado un drenaje subterráneo con galerías de grandes dimensiones que se dirigen a la surgencia del sistema, la Font Major, justo en el margen de la vaguada del río Francolí. A partir de la Font Major se desarrolla el curso del río Francolí, que adosado a las laderas de la cordillera prelitoral (Macizo de Prades) ha abierto una incisión profunda en el estrecho de la Riba hacia la depresión o fosa del Baix Camp y hasta la línea de la costa, justo al lado de Tarragona. El río Francolí es uno de los cursos que, a partir de la crisis mesiniana y durante el Plioceno, abrieron la depresión endorreica del Ebro hacia el Mediterráneo (Rubió, 2015).

UN KARST EN CONGLOMERADOS

La cueva de la Font Major está excavada en conglomerados, una roca detrítica carbonatada que en Cataluña tiene macizos bien conocidos como Montserrat, el Montsant o Sant Llorenç del Munt (Freixes, 1986), que dibujan la antigua orilla de la cuenca terciaria del Ebro, o las sierras de Busa, Lleràs o Collegats dentro de las unidades pirenaicas meridionales. La originalidad del karst en conglomerados de la Espluga de Francolí es la ausencia de estos relieves montañosos que configuran el paisaje característico de los macizos de conglomerados carbonatados.

La serie continental paleógena de los alrededores de la Espluga de Francolí es mayoritariamente lutítica, con alternancias de areniscas, arcillas, margas y

quars. El nivell de conglomerats que aflora a Poblet i l'Espluga de Francolí està proper a la falla de Poblet i en poca distància passa d' un cabussament verticalitzat a subhoritzontal. La seva presència sota la cobertura del bosc de la Mata està delatada per les dolines d'aquest carst cobert formades per l'absorció de les graves dins les cavitats de dissolució en els conglomerats (Calvet, 1976; Mor & Martínez, 1976).

La diferència amb el veí massís de Montsant és molt gran: Montsant és un dels massissos conglomeràtics de més gran superfície, amb cavitats en tot el seu territori i a diferents nivells: Cavitats desenvolupades a partir de la xarxa fluvial (cova de la Taverna), o cavitats molt antigues a les parts altes del massís com la Cova Santa. La incisió del riu Montsant, damunt mateix dels conglomerats es el nivell de base cap on s'adrecen, de sud a nord, les aigües superficials des de la carena cimera de la Serra Major. Les aigües subterrànies tenen també nivells de surgència a la vall del riu Montsant, com la Font de la Gleva, i en altres punts més elevats, com Fontalba al seu límit NE sobre Ulldemolins. Els sistemes càrstics de Montsant son sistemes monaris, la infiltració es produeix en una superfície de conglomerats molt gran i de gran desnivell, El carst presenta exemples d'una llarga evolució vertical. El contrast amb el cas de la cova de la Font Major a l'Espluga de Francolí ens porta a la discussió sobre el potencial de carstificació, el paper del tipus d'infiltració i l'eficàcia de la infiltració concentrada en els sistemes binaris.

UN CARST BINARI

A diferència de tots aquests massissos conglomeràtics, els conglomerats de l'Espluga de Francolí no formen un relleu aïllat i de gran desnivell on se situa l'impluvi del sistema, és a dir la seva part absorbent, sinó que estan situats a la base i part drenant d'un dispositiu hidrogeològic que comprèn el vessant septentrional de la muntanya de Prades, la xarxa de barrancs encaixats en materials geològics molt diversos i el peudemont i la plana on es carstifiquen els nivells conglomeràtics estratificats. Es tracta d'un sistema càrstic binari, amb alimentació superficial al·lòctona i amb una infiltració i drenatge subterrani en els conglomerats. La superfície total del sistema és de 37 km^2, el seu punt més alt és el Tossal de la Baltasana, a 1201 m i el més baix, la Font Major, a 403 m.

En un sistema càrstic binari, tal i com el va definir Alain Mangin (Mangin, 1982) hi ha una inadaptació entre la noció de sistema càrstic i la de l'aqüífer càrstic. Dins de l'esquema conceptual del sistema càrstic, el subsistema d'infiltració, no es troba superposat al damunt del subsistema del carst saturat sinó que hi ha un desplaçament lateral. La infiltració que pot tenir molta complexitat a la conca o conques drenants,

algún nivel de calizas lacustres. Los conglomerados forman intercalaciones que por su dureza destacan en el paisaje, por ejemplo formando el basamento del casco antiguo de la Espluga de Francolí, o Espluga Sobirana. Son niveles más o menos continuos o paleocanales dentro de las lutitas y areniscas, su grosor es muy variable. En la zona de la cueva los conglomerados presentan una fachada desde lo alto de la trama urbana de unos 35 m de espesor, con algunas intercalaciones de areniscas y arcillas.

Esta Unidad de Conglomerados y Lutitas de la Espluga de Francolí ocupa un espacio intermedio entre los conglomerados de Sant Miquel de Montclar, con un grosor de 500 m, al este, y los de la Formación Montsant, con casi 1000 m de potencia, al oeste. (Colombo, 1986; Colombo & Vergés, 1992; Gómez & Colombo, 2020). La Formación Montsant llega hasta la zona de Vimbodí-Riudabella en forma de hilachas que se extienden en dirección al río Francolí en discordancia angular y erosiva sobre los materiales de l'Espluga de Francolí. (Colldeforns et al., 1994).

Los conglomerados tienen una textura soportada por los clastos, bastante heterométricos y muy monogénicos, ya que aproximadamente el 90% de los cantos rodados son calcáreos, aunque hay una pequeña proporción de areniscas, liditas y cuarzo. El nivel de conglomerados que aflora en Poblet y Espluga de Francolí está cercano a la falla de Poblet y en poca distancia pasa de un buzamiento verticalizado a subhorizontal. Su presencia bajo la cobertura del bosque de la Mata está delatada por

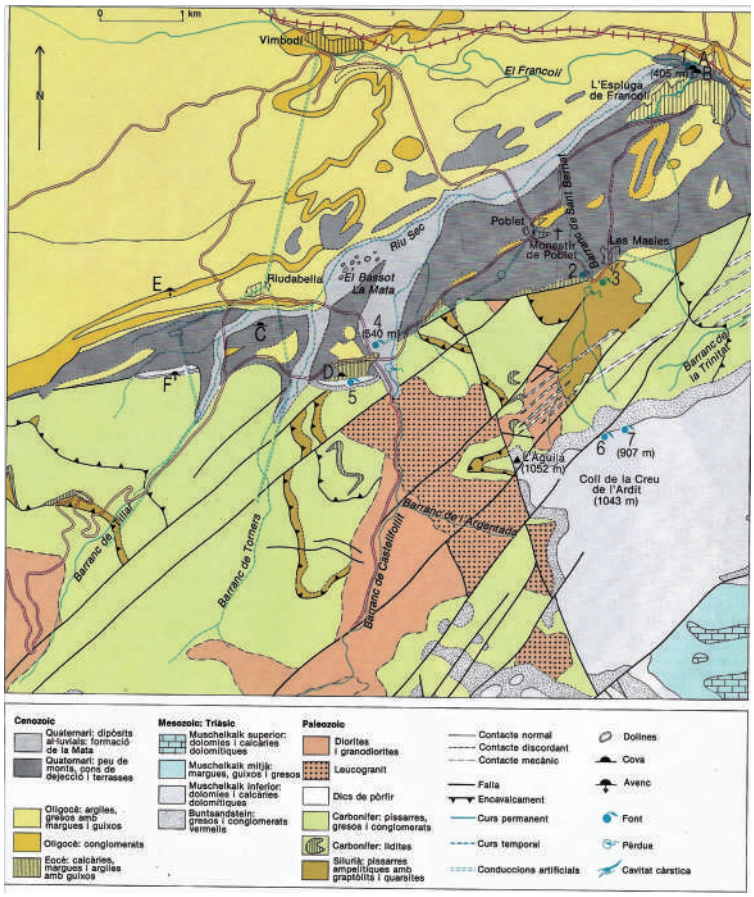


Figura 2. Mapa geològic del sistema càrstic de la Font Major. Els números senyalen les diferents fonts i les lletres cavitats càrstiques: 1 Font Major, 2, 3 Fonts de les Masies, 4 Font de Nerola, 5 Font dels Assedegats, 6, 7 Fonts de Boixets i la Pena. A Cova de la Font Major, B Cova dels Moros o del Castell, C Cova de la Mata, D Cova dels Assedegats, E Avenc de Minganya, F Avenc del Julivert (Cervelló & Freixes, 1992).

Figure 2. Geological map of the Font Major karst system. The numbers indicate the different springs and the letters karst caves: 1 Font Major, 2, 3 springs of the Masies, 4 Font de Nerola, 5 Font dels Assedegats, 6, 7 Fonts de Boixets and la Pena. A Cova de la Font Major, B Cova dels Moros or del Castell, C Cova de la Mata, D Cova dels Assedegats, E Avenc de Minganya, F Avenc del Julivert (Cervelló & Freixes, 1992).

arriba al subsistema saturat com una infiltració concentrada i ràpida, sense escorrenties subterrànies a nivell no saturat i que condiciona el potencial de carstificació en el carst inundat i l'estructura dels drens i sistemes annexos d'emmagatzematge. Tot això afecta el sistema des del punt de vista estructural, des del nivell funcional que estableix relacions entre els subsistemes i entre la relacions entrada-sortida i al nivell evolutiu, i la seva capacitat de transformació i d'organització internes ; en aquest sentit cal fer les consideracions energètiques, derivades del potencial de carstificació que en els carsts gravífics depèn en un alt grau del potencial H_2O-CO_2 i del gradient, és a dir del desnivell implicat, que en aquest cas és molt alt a la conca (uns 800 m, dels quals només 150 dins dels conglomerats carstificats).

HIDROLOGIA. L'IMPLUVI DEL BOSC DE POBLET

La primera consideració sobre l'impluvi o la conca d'alimentació del sistema càrstic de la Font Major o de l'Espluga de Francolí és que es tracta d'unes conques fluvio-torrencials que desguassen el vessant NE de les muntanyes o Taula de Prades: barrancs del Titllar, Torners, Castellfollit-L'Argentada i Sant Bernat, principalment Cervelló et al. (1999). La geodiversitat de la zona, on aflora un sòcol paleozoic amb pissarres, granits, filons de pòrfirs, etc, i una prima cobertora mesozoica amb conglomerats i gresos silícis

Figura 2. Mapa geológico del sistema kárstico de la Font Major. Los números señalan las diferentes fuentes y las letras cavidades kársticas: 1 Font Mayor, 2, 3 Fuentes de Les Masies, 4 Font de Nerola, 5 Font dels Assedegats, 6, 7 Fonts de Boixets y la Pena. A Cova de la Font Major, B Cova de Els Moros o del Castell, C Cova de la Mata, D Cova dels Assedegats, E Avenc de Minganya, F Avenc del Julivert (Cervelló & Freixes, 1992).

las dolinas de este karst cubierto formadas por la absorción de las gravas dentro de las cavidades de disolución en los conglomerados (Calvet, 1976; Mor & Martínez, 1976).

La diferencia con el vecino macizo de Montsant es muy grande: Montsant es uno de los macizos conglomeráticos de mayor superficie, con cavidades en todo su territorio ya diferentes niveles: cavidades desarrolladas a partir de la red fluvial (Cova de la Taverna), o cavidades muy antiguas en las partes altas del macizo como la Cova Santa. La incisión del río Montsant, encima mismo de los conglomerados es el nivel de base hacia donde se dirigen, de sur a norte, las aguas superficiales desde la cresta culminante de la Serra Major. Las aguas subterráneas tienen también niveles de surgencia en el valle del río Montsant, como la Font de la Gleva, y en otros puntos más elevados, como Fontalba en su límite NE sobre Ulldemolins. Los sistemas kársticos de Montsant son sistemas monarios, la infiltración se produce en una superficie de conglomerados muy grande y de gran desnivel. El karst presenta ejemplos de una larga evolución vertical. El contraste con el caso de la cueva de la Font Major en L'Espluga de Francolí nos lleva a la discusión sobre el potencial de karstificación, el papel del tipo de infiltración y la eficacia de la infiltración concentrada en los sistemas binarios.

UN KARST BINARIO

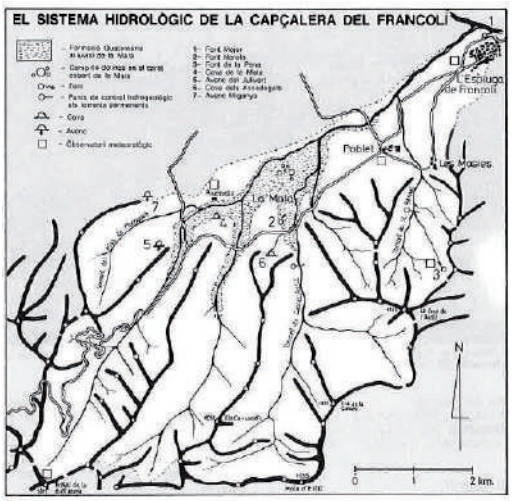
A diferencia de todos estos macizos conglomeráticos, los conglomerados de L'Espluga de

i calcàries del Triàsic, (Solé et al., 1975; Martínez & Tudela, 2015) fa que puguem individualitzar cada aportació hídrica de cada torrent pel seu quimisme. Les dues aportacions més contrastades son les del torrent de Castellfollit, excavat en granits i amb unes aigües de baixa mineralització i el torrent de Sant Bernat que en el seu darrer tram circula per damunt de les pissarres negres o ampelites del Silurià amb nivells de sulfurs de ferro, que donen aigües ferruginoses a les fonts de les Masies i que son les més mineralitzades (Melgarejo, 1987; Josa et al., 1995)

La conca s'estén pel paratge del Bosc de Poblet, per tant el funcionament hidrològic de les conques està influenciat per una cobertura vegetal molt desenvolupada, que intervé en el cicle hidrològic i en la depuració de les aigües de pluja acidificades per l'activitat al es zones industrials de Tarragona-Constantí. El bosc de Poblet és un alzinar muntà pel damunt dels 750 m i un alzinar litoral per sota d'aquesta cota. L'alzina i el pi roig son els arbres més característics però la biodiversitat és molt alta. El bosc de Poblet és una superfície de 2300 ha, les conques més grans son les del Titllar i Castellfollit-Argentada que, fora de la situació actual de sequera persistent, son cursos permanents gràcies a la permeabilitat dels sòls que son un reservori que permet mantenir una certa memòria després de les pluges. La precipitació anual creix segons

Figura 3. Barranc de Castellfollit. L'aigua sobre els granits té un curs ple de saltants.

Figure 3. Castellfollit creek. On the granite, the water-course is full of cascades.



	Altura	T	Cond. (a 20º C)	pH	Cabal
La Pena	907 m	8,4º C	470	8,24	0,2 l/s
Catellfollit	580 m	8,5º C	260	8,58	10 l/s
Sant Bernat	580 m	9,1º C	555	8,22	5 l/s
Narola	540 m	14º C	460	7,82	5 l/s
Cova (siló)	412 m	14,4º C	610	8,10	–
F. Major	405 m	13,7º C	655	8,39	–

	HCO_3^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^-	$SO_4^=$
La Pena	312,3	48	45,7	11	50
Catellfollit	164,7	40,8	8,7	13,2	25
Cava (siló)	246,4	67,2	32	11	110
F. Major	241,5	88,8	37,4	15,4	175

Quantitats expressades en mil·ligrams/litre (mg/L).

Figura 4. El sistema hidrològic i els diferents barrancs de la seva conca. Dades de quimisme i temperatura en alguns punts singulars. Noteu la diferència del quimisme de les aigües de Castellfollit i de Sant Bernat. Dibuix de Toni Inglès, dins Cervelló (1986).

Figure 4. The hydrological system and the different ravines of its basin. Chemistry and temperature data at some singular points. Notice the difference in the chemistry of the waters of Castellfollit and Sant Bernat. Drawing by Toni Inglès, in Cervelló, (1986).

Francolí no forman un relieve aislado y de gran desnivel donde se ubica el impluvio del sistema, es decir su parte absorbente, sino que están situados en la base y parte drenante de un dispositivo hidrogeológico que comprende la vertiente septentrional de la montaña de Prades, la red de barrancos encajados en materiales geológicos muy diversos y el piedemonte y la llanura donde se karstifican los niveles conglomeráticos estratificados. Se trata de un sistema kárstico binario, con alimentación superficial alóctona y con una infiltración y drenaje subterráneo en los conglomerados. La superficie total del sistema es de 37 km^2, su punto más alto es el Tossal de la Baltasana, a 1201 m y el más bajo, la Font Major, a 403 m.

En un sistema kárstico binario, tal y como lo definió Alain Mangin (Mangin, 1982) existe una inadaptación entre la noción de sistema kárstico y la del acuífero kárstico. Dentro del esquema conceptual del sistema kárstico, el subsistema de infiltración, no se encuentra superpuesto sobre el subsistema del karst saturado sino que existe un desplazamiento lateral. La infiltración que puede tener mucha complejidad en la cuenca o cuencas drenantes, llega al subsistema saturado como una infiltración concentrada y rápida, sin escorrentías subterráneas a nivel no saturado y que condiciona el potencial de karstificación en el karst inundado y la estructura de los drenes y sistemas anejos de almacenamiento. Todo esto afecta al sistema desde el punto de vista estructural, desde el nivel funcional que establece relaciones entre los subsistemas y entre la relaciones

Figura 3. Barranco de Castellfollit. El agua sobre los granitos tiene un curso lleno de saltos.

Figura 4. El sistema hidrológico y los diferentes barrancos de su cuenca. Datos de quimismo y temperatura en algunos puntos singulares. Nótese la diferencia del quimismo de las aguas de Castellfollit y de Sant Bernat. Dibujo de Toni Inglès, dentro de Cervelló, (1986).

Figura 5. Galeria del Pessebre.

Figure 5. Pessebre gallery.

anem ascendint per la muntanya: 596 mm/any a Riudabella (560 m s.n.m.) i 802 mm/any a La Pena (907 m s.n.m.), amb màxims a la primavera i la tardor. La tardor és l'època en que es produeixen events de pluja extraordinaris. L'octubre de 1994 es van poder mesurar 400 mm en 3 hores al Titllar i a Castellfollit. L'evapotranspiració és molt alta, l'aigua de la pluja només en una part flueix fins els peus de la conca, gran part és absorbida per la vegetació i transpirada, una altra part queda retinguda als sòls. L'escolament superficial no passa del 18% de les precipitacions fora dels episodis més intensos.(Bellot et al., 2004; Piñol et al., 1991).

LA COVA DE LA FONT MAJOR

El dispositiu hidrològic o conca hidrogeològica, superficial i subterrània, recull i canalitza les aigües que formen la capçalera del Francolí cap a la surgència càrstica de la Font Major. Això fa que l'aigua hagi estat un recurs que explica la ubicació i la història urbana de l'Espluga. Uns metres més amunt de la Font Major, la cova està formada per 3,6 km de galeries, en alguns trams de grans dimensions i en la seva part més interior està travessada per un riu subterrani que desguassa a la surgència de la Font Major. Un sifó inundat va impedir l'accés més enllà de la sala de la Biela però algunes immersions i especialment les exploracions de 1985, van permetre penetrar a noves galeries, fins un altra part inundada que segueix impedint la progressió subterrània. La descripció morfològica de la cavitat i la seva acurada topografia van ser fetes durant les campanyes de 1985 a 1990 i a les seves publicacions ens remetem (Bosch 1986; Cervelló 1986; Bosch et al., 1991).

En línies generals podem observar que les galeries estan orientades segons una canemàs de fractures NNE-SSO i ESE-ONO, amb una resultant NE-SO per a la direcció de la cavitat seguint la direcció de capa dels conglomerats. La intersecció de la fracturació vertical i el pla de l'estratificació marca la secció de les galeries. Distingim entre una part de galeries seques, al marge del funcionament hidrològic actual (amb excepcions en grans avingudes) i unes galeries que formen un riu subterrani.

Els darrers anys, la confluència amb els projectes de recerca arqueològica, i les

Figura 5. Galería del Pessebre.

entrada-salida y al nivel evolutivo, y su capacidad de transformación y de organización internas; en este sentido es necesario hacer las consideraciones energéticas, derivadas del potencial de karstificación que en los karsts gravíficos depende en un alto grado del potencial H_2O-CO_2 y del gradiente, es decir del desnivel implicado, que en este caso es muy alto en la cuenca (unos 800 m, de los cuales sólo 150 dentro de los conglomerados karstificados).

HIDROLOGÍA. EL IMPLUVIO DEL BOSQUE DE POBLET

La primera consideración sobre el impluvio o la cuenca de alimentación del sistema kárstico de la Font Major o de la Espluga de Francolí es que se trata de unas cuencas fluvio-torrenciales que desaguan la vertiente NE de las montañas o Mesa de Prades : barrancos del Titllar, Torners, Castellfollit-L'Argentada y Sant Bernat, principalmente (Cervelló et al., 1999). La geodiversidad de la zona, donde aflora un zócalo paleozoico con pizarras, granitos, filones de pórfidos, etc, y una delgada cobertera mesozoica con conglomerados y areniscas silícicos y calizas del Triásico, (Solé et al., 1975; Martínez & Tudela, 2015) hace que podamos individualizar cada aportación hídrica de cada torrente por su quimismo. Las dos aportaciones más contrastadas son las del torrente de Castellfollit, excavado en granitos y con unas aguas de baja mineralización y el torrente de Sant Bernat que en su último tramo circula por encima de las pizarras negras o ampelitas silúricas

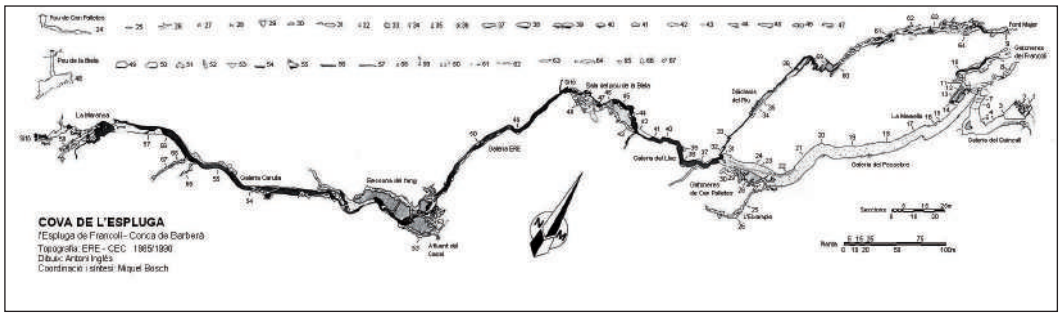


Figura 6. Topografia de la cova. ERE del CEC.T. (Inglès & Bosch, 1985-1990). 3590 m de recorregut en planta.

Figure 6. Cave survey. ERE - CEC.T. T. (Inglès & Bosch, 1985-1990). 3590 m plan length.

tecnologies de topografia per làser 3D i la possibilitat de datacions absolutes per ^{14}C i termoluminiscència OSL en els sediments detrítics, han permès tornar a plantejar algunes qüestions que no s'havien donat per tancades, principalment, el registre sedimentari que ens permet estudiar la formació i l'evolució de la cavitat i la hidrogeologia que ens explica l'estructura i funcionalitat del sistema càrstic

Figura 7. Cova de la Font Major. Riu subterrani i morfologies de dissolució.

Figure 7. Font Major Cave. Underground river and dissolution morphologies.

EL REGISTRE SEDIMENTARI

Dins la cova trobem el registre sedimentari que reflecteix la història evolutiva del sistema càrstic, especialment dels darrers milers d'anys. Durant el Plistocè i l'Holocè els sediments ens informen de l'activitat fluvial i lacustre dins la cavitat i el seu contingut arqueològic sobre les activitats culturals i les ocupacions humanes dels del paleolític (Bergadà et al., 1997)

Els dipòsits detrítics tenen una gran importància al llarg de la cova, abans i després del sifó i en especial a la seva part seca. La cova és un dren actiu i en la seva llera actual trobem sediments fluvials amb fraccions diverses, des d'argiles i llims ,sorres i còdols. La fracció dominant en el tram des del sifó de la sala de la Biela, fins la sala del Llac, en la confluència amb les galeries seques, és de sorres fines, mitjanes i gruixudes, amb grans quarsítics i de pissarres amb hàbit planar. A les galeries de l'altra banda del sifò la fracció dominant és argilosa, ja que el sifò fa que les aigües s'estanquen i hi hagi efecte de decantació.

con niveles de sulfuros de hierro, que dan aguas ferruginosas a las fuentes de Les Masies y que son las más mineralizadas (Melgarejo 1987; Josa et al., 1995)

La cuenca se extiende por el paraje del Bosc de Poblet, por tanto el funcionamiento hidrológico de las cuencas está influenciado por una cobertura vegetal muy desarrollada, que interviene en el ciclo hidrológico y en la depuración de las aguas de lluvia acidificadas por la actividad en las zonas industriales de Tarragona-Constantí. El bosque de Poblet es un encinar montano por encima de los 750 m y un encinar litoral por debajo de esta cota. La encina y el pino silvestre son los árboles más característicos, pero la biodiversidad es muy alta. El bosque de Poblet es una superficie de 2300 ha, las cuencas más grandes son las del Titllar y Castellfollit-Argentada que, fuera de la situación actual de sequía persistente, son cursos permanentes gracias a la permeabilidad de los suelos , que son un reservorio que permite mantener cierta memoria después de las lluvias. La precipitación anual crece según vayamos ascendiendo por la montaña: 596 mm/año en Riudabella (560 m s.n.m.) y 802 mm/año en La Pena (907 m s.n.m.), con máximos en primavera y otoño. El otoño es la época en que se producen eventos de lluvia extraordinarios. En octubre de 1994 se pudieron medir 400 mm en 3 horas en Titllar y Castellfollit. La evapotranspiración es muy alta, el agua de la lluvia sólo en una parte fluye hasta los pies de la cuenca, gran parte es absorbida por la vegetación y transpirada, otra parte queda retenida

Figura 6. Topografía de la cueva. ERE del CEC. (Inglès & Bosch, 1985-1990). 3590 m de recorrido en planta.

Figura 7. Cueva de la Font Major. Río subterráneo y morfologías de disolución.

Figura 8. Cova de la Font Major. L'any 1986 es va construir una presa al sifó de la sala de la Biela, amb l'objectiu de fer un embassament a les galeries posteriors al sifó i augmentar les reserves del pou de captació i cloració d'aigua que es troba a la part més interna del sifò. El càlcul del volum que es podia envasar a les galeries del darrera del sifò va ser de 3600 m³. L'intent va fracassar per diversos problemes, especialment perquè la pressió de l'aigua va produir un bypass per desobturació d'una galeria lateral.

Figure 8. Cova de la Font Major. In 1986, a dam was built on the siphon in the Biela room, with the aim of creating a reservoir in the galleries behind the siphon and increasing the reserves of the water collection and chlorination tank located in the innermost part of the siphon. The calculation of the volume that could be contained in the galleries behind the siphon was 3600 m³. The attempt failed due to several problems, especially because the water pressure produced a bypass by unblocking a side passage.

A les galeries seques, especialment a la gran galeria del Pessebre, es distingeixen dos complexos detrítics que van ocupar bona part de la secció del conducte abans del buidatge massiu quan es va obrir l'actual boca de la cavitat.

El complex detrític inferior està format per còdols i blocs subarrodonits amb matriu arenosa i els clasts son heteromètrics ipoligènics, granits, pòrfirs I pissarres principalment. La seva composició és la mateixa que la del dipòsit al·luvial superficial a La Mata, on adquireix un gruix visible d'uns 8 m. Aquest peudemont, on predominen els materials provinents del torrent de Castellfollit, és a dir els granits, les diorites i els pòrfirs, enllacen lateralment amb una de les terrasses baixes del Francolí. Dins la cavitat, el complex detrític inferior és una formació fluvial de gran energia, els clasts (algun d'ells de més de 40 cm de diàmetre) estan imbricats marcat un sentit de la corrent de dins cap en fora de la cavitat.

Al seu damunt hi ha el complex detrític superior, format per argiles, llims i sorres amb estructura laminada. Els nivells més argilosos formen capes de diferents coloracions segons les mineralogies dominants i contenen llantions arenosos, es tracta d'un dipòsit fluviolacustre que conté també nivells discontinus amb carbó.

La disposició del conjunt detrític és que el complex més groller de còdols i blocs forma una gran acumulació a les galeries seques, entre el riu i la galeria del Pessebre amb morfologia de barra fluvial. Cap a la zona més exterior de la galeria aquesta fracció més grollera desapareix. Sota el sol actual es va fer diversos sondatges per percussió obtenint columnes de 1,4 a 1,7 m de profunditat amb sediments més fins, graves amb còdols centimètrics, sorres fines i grolleres amb matriu de llims i argiles. Al seu damunt trobem els sediments fins laminars, adossats a les parets del conducte. El contacte entre els dos complexos detrítics és erosiu i discordant.

Les datacions ^{14}C en els sediments fins ha donat edats de 36132-35390 cal BP (Vergés, comunicació oral) en zones properes al contacte amb les graves basals.

El Complex Detrític Inferior, està per sota de la discordança basal dels sediments fins laminats i té per tant una edat per sota dels 36 ka. Uns nivells de carbons també situats sobre el nivell de graves han donat

Figura 8. Cueva de la Font Major. En 1986 se construyó una presa en el sifón de la sala de la Biela, con el objetivo de realizar un embalse en las galerías posteriores al sifón y aumentar las reservas del pozo de captación y cloración de agua que se encuentra en la parte más interna del sifón. El cálculo del volumen que se podía envasar en las galerías traseras del sifón fue de 3600 m³. El intento fracasó por varios problemas, especialmente porque la presión del agua produjo un bypass por desobturación de una galería lateral.

en los suelos. La escorrentía superficial no pasa del 18% de las precipitaciones fuera de los episodios más intensos. (Bellot et al., 2004; Piñol et al., 1991).

LA CUEVA DE LA FONT MAJOR

El dispositivo hidrológico o cuenca hidrogeológica, superficial y subterránea, recoge y canaliza las aguas que forman la cabecera del Francolí hacia la surgencia kárstica de la Font Major. Esto hace que el agua haya sido un recurso que explica la ubicación y la historia urbana de Espluga. Unos metros más arriba de la Font Major, la cueva está formada por 3,6 km de galerías, en algunos tramos de grandes dimensiones y en su parte más interior está atravesada por un río subterráneo que desagua en la surgencia de la Font Major. Un sifón inundado impidió el acceso más allá de la sala de la Biela, pero algunas inmersiones y especialmente las exploraciones de 1985, permitieron penetrar en nuevas galerías, hasta otra parte inundada que sigue impidiendo la progresión subterránea. La descripción morfológica de la cavidad y su esmerada topografía fueron hechas durante las campañas de 1985 a 1990 y a sus publicaciones nos remitimos (Bosch 1986; Cervelló 1986; Bosch et al., 1991).

En líneas generales podemos observar que las galerías están orientadas según una red de fracturas NNE-SSO y ESE-ONO, con una resultante NE-SO para la dirección de la cavidad siguiendo la dirección de capa de los conglomerados. La intersección de la fracturación vertical y el plano de la estratificación

una edat de 26329-25910 cal BP (Vergés, comunicació oral). Son edats dels inicis de la sedimentació fluvio-lacustre relacionades amb el període fred equivalent al darrer màxim glacial. L'any 1993, durant les obres d'unes rases obertes a la galeria del Pessebre per a la il·luminació turística, es van trobar a un centenar de metres de l'entrada alguns ossos (*Dicerorhinus mercki, Equus caballus, Crocuta spelea* i *Cervus elaphus*) al nivell detrític inferior que es van atribuir cronològicament, per associació faunística, al Plistocè Mitjà o inicis del Superior. També es va localitzar un possible artefacte lític corresponent al Mosterià. (Genera, 1994). L'edat del complex fluvial de graves és per tant del Plistocè Mitjà i Superior, mentre que el complex lacustre és del Plistocè Superior-Holocè. El conjunt expressa una pèrdua d'energia del sistema hidrològic que hem de relacionar amb les oscil·lacions climàtiques abans i després del darrer màxim glacial.

En el moment de redacció d'aquesta nota, estem a l'espera de resultats de datacions per termolumiscència OSL que es va fer en els sediments fins de la unitat detrítica superior.

CONCLUSIONS

El sistema càrstic de la Font Major, a l'Espluga de Francolí, és un sistema binari de 37 km^2 de superfície, format per una conca d'alimentació en els terrenys paleozoics i mesozoics del vessant septentrional de les

Figura 9. Crescuda a la Font Major. Sobre la viga es veuen les restes vegetals deixades en el nivell on va arribar l'aigua en aquesta crescuda (octubre de 1994).

Figure 9. Flood in the Font Major. On the beam you can see the plant remains left at the level that the water reached in this flood (October 1994).

Figura 10. Complex inferior de blocs i graves. Els clasts presenten imbricacions assenyalant el sentit del corrent cap a l'exterior de la cavitat.

Figure 10. Lower complex of blocks and gravels. The clasts have imbrications indicating the direction of the current towards the outside of the cave.

Figura 11. Nivell d'argiles laminades amb les graves a la seva base. Carbons a dalt, segurament d'aportació antròpica.

Figure 11. Laminated clay level with gravel at its base. Carbon at the top, probably an anthropic contribution.

marca la sección de las galerías. Distinguimos entre una parte de galerías secas, al margen del funcionamiento hidrológico actual (con excepciones en grandes avenidas) y unas galerías que forman un río subterráneo.

En los últimos años, la confluencia con los proyectos de investigación arqueológica, y las tecnologías de topografía por láser 3D y la posibilidad de dataciones absolutas por ^{14}C y termoluminiscencia OSL en los sedimentos detríticos, han permitido volver a plantear algunas cuestiones que no se habían dado por cerradas, principalmente, el registro sedimentario que nos permite estudiar la formación y la evolución de la cavidad y la hidrogeología que nos explica la estructura y funcionalidad del sistema kárstico.

EL REGISTRO SEDIMENTARIO

En la cueva se encuentra el registro sedimentario que refleja la historia evolutiva del sistema kárstico, especialmente de los últimos miles de años. Durante el Pleistoceno y el Holoceno los sedimentos nos informan de la actividad fluvial y lacustre dentro de la cavidad y su contenido arqueológico sobre las actividades culturales y las ocupaciones humanas desde el Paleolítico (Bergadà et al., 1997)

Los depósitos detríticos tienen gran importancia a lo largo de la cueva, antes y después del sifón y en especial en su parte seca. La cueva es un dren activo y en su cauce actual encontramos sedimentos fluviales con fracciones diversas, desde arcillas y limos, arenas y cantos rodados. La fracción dominante en el tramo desde el sifón de la sala de la Biela, hasta la sala

Figura 9. Crecida en la Font Major. Sobre la viga se ven los restos vegetales dejados en el nivel al que llegó el agua en esta crecida (octubre de 1994).

Figura 10. Complejo inferior de bloques y gravas. Los clastos presentan imbricaciones señalando el sentido de la corriente hacia el exterior de la cavidad.

Figura 11. Nivel de arcillas laminadas con las gravas en su base. Carbones arriba, seguramente de aporte antròpica.

muntanyes de Prades i , als seus peus, per una zona d'absorció en els conglomerats paleògens pertanyents a les fàcies de marge de la conca terciària de l'Ebre.

A diferència d'altres exemples de carst en conglomerats, com al veí Montsant, el relleu responsable del potencial de carstificació no es desenvolupa en els conglomerats i les formes d'infiltració formen un carst cobert (camp de dolines de La Mata).

La cova presenta unes àmplies galeries de dissolució per on circula en el seu darrer tram cap a la Font Major el drenatge hidrològic en forma de riu subterrani.

A l'interior dels conductes, especialment en el tram sec abandonat per la circulació hídrica actual, hi ha un registre sedimentari compost per dos complexos detrítics separats per una discordança erosiva. El Complex Detrític Inferior, del Plistocè Superior i Mitjà, és un dipòsit groller, poligènic i heteromètric fluvial. El complex Detrític Superior, de l'Holocè i Plistocè Superior, és un dipòsit laminat de materials fins de decantació lacustre amb intercalacions acanalades de sorres fluvials. El conjunt expressa una pèrdua d'energia del sistema hidrològic que hem de relacionar amb les oscil.lacions climàtiques abans i després del darrer màxim glacial.

L'interès geològic i hidrològic del Sistema Càrstic de la Font Major és molt rellevant, al qual s'ha d'afegir l'interès arqueològic, cultural i antropològic, especialment després del descobriment recent dels gravats paleolítics.

L'habilitació turística de la cova i tots els aspectes referits a la seva museografia han de tenir present aquest conjunt de valors i d'oportunitats per a l'educació en ciències naturals La cova ha de ser també un laboratori natural que amplii i posi al dia nous coneixements i que el faci un centre de referència en els estudis del carst a Catalunya.

del Llac, en la confluencia con las galerías secas, es de arenas finas, medianas y gruesas, con granos de cuarzo y de pizarras con hábito plano. En las galerías del otro lado del sifón la fracción dominante es arcillosa, ya que el sifón hace que las aguas se estanquen y haya efecto de decantación.

En las galerías secas, especialmente en la gran galería del Belén, se distinguen dos complejos detríticos que ocuparon buena parte de la sección del conducto antes del vaciado masivo cuando se abrió la actual boca de la cavidad.

El Complejo Detrítico Inferior está formado por cantos rodados y bloques sub-redondeados con matriz arenosa y los clastos son heterométricos y poligénicos, granitos, pórfidos y pizarras principalmente. Su composición es la misma que la del depósito aluvial superficial en La Mata, donde adquiere un grosor visible de unos 8 m. Este piedemonte donde predominan los materiales provenientes del torrente de Castellfollit, es decir los granitos, las dioritas y los pórfidos, enlaza lateralmente con una de las terrazas bajas del Francolí. Dentro de la cavidad, el complejo detrítico inferior es una formación fluvial de gran energía, los clastos (alguno de ellos de más de 40 cm de diámetro) están imbricados marcado un sentido de la corriente de dentro hacia fuera de la cavidad.

Encima está el complejo detrítico superior, formado por arcillas, limos y arenas con estructura laminada. Los niveles más arcillosos forman capas de diferentes coloraciones según las mineralogías dominantes y contienen lentejones arenosos, se trata de un depósito fluvio-lacustre que contiene también

niveles discontinuos de carbón.

La disposición del conjunto detrítico es que el complejo más grosero de cantos rodados y bloques forma una gran acumulación en las galerías secas, entre el río y la galería del Pessebre con morfología de barra fluvial. Hacia la zona más exterior de la galería esta fracción más grosera desaparece. Bajo el suelo actual hicimos varios sondeos por percusión obteniendo columnas de 1,4 a 1,7 m de profundidad con sedimentos más finos, gravas con cantos rodados centimétricos, arenas finas y groseras con matriz de limos y arcillas. Encima de ellas encontramos los sedimentos finos laminares, adosados a las paredes del conducto. El contacto entre los dos complejos detríticos es erosivo y discordante.

Las dataciones ^{14}C en los sedimentos finos han dado edades de 36132-35390 cal BP (Vergés, comunicación oral) en zonas cercanas al contacto con las gravas basales.

El Complejo Detrítico Inferior, está por debajo de la discordancia basal de los sedimentos finos laminados y tiene por tanto una edad por debajo de los 36 ka. Unos niveles de carbones también situados sobre el nivel de gravas han dado una edad de 26329-25910 cal BP (Vergés, comunicación oral). Son edades de los inicios de la sedimentación fluvio-lacustre relacionadas con el período frío equivalente al último máximo glacial. En 1993, durante las obras de unas zanjas abiertas en la galería del Pessebre, para la iluminación turística, se encontraron a un centenar de metros de la entrada algunos restos de huesos (*Dicerorhinus mercki, Equus caballus, Crocuta spelea* y *Cervus elaphus*) en el nivel detrítico inferior que se atribuyeron cronológicamente, por asociación faunística, al Pleistoceno Medio o inicios del Superior. También se localizó un posible artefacto lítico correspondiente al Musteriense (Genera, 1994). La edad del complejo fluvial de gravas es por tanto del Pleistoceno Medio y Superior, mientras que el complejo lacustre es del Pleistoceno Superior- Holoceno. El conjunto expresa una pérdida de energía del sistema hidrológico que debemos relacionar con las oscilaciones climáticas antes y después del último máximo glacial.

En el momento de redacción de esta nota, estamos a la espera de resultados de dataciones por termolumiscencia OSL que se realizó en los sedimentos finos de la unidad detrítica superior.

CONCLUSIONES

El sistema kárstico de la Font Major, en la Espluga de Francolí, es un sistema binario de 37 km^2 de superficie, formado por una cuenca de alimentación en los terrenos paleozoicos y mesozoicos de la vertiente septentrional de las montañas de Prades y, a sus pies, por una zona de absorción en los conglomerados paleógenos pertenecientes a las facies de margen de la cuenca terciaria del Ebro.

A diferencia de otros ejemplos de karst en conglomerados, como en el vecino Montsant, el relieve responsable del potencial de karstificación no se desarrolla en los conglomerados y las formas de infiltración forman un karst cubierto (campo de dolinas de La Mata).

La cueva presenta unas amplias galerías de disolución por las que circula, en su último tramo hacia la Font Major, el drenaje hidrológico en forma de río subterráneo.

En el interior de los conductos, especialmente en el tramo seco abandonado por la circulación hídrica actual, existe un registro sedimentario compuesto por dos complejos detríticos separados por una discordancia erosiva. El Complejo Detrítico Inferior, del Pleistoceno Superior y Medio, es un depósito grosero, poligénico y heterométrico fluvial. El Complejo Detrítico Superior, del Holoceno y Pleistoceno Superior, es un depósito laminado de materiales finos de decantación lacustre con intercalaciones acanaladas de arenas fluviales. El conjunto expresa una pérdida de energía del sistema hidrológico que debemos relacionar con las oscilaciones climáticas antes y después del último máximo glacial.

El interés geológico e hidrológico del sistema kárstico de la Font Major es muy relevante, al que debe añadirse el interés arqueológico, cultural y antropológico, especialmente después del descubrimiento reciente de los grabados paleolíticos.

La habilitación turística de la cueva y todos los aspectos referidos a su museografía deben tener presente este conjunto de valores y de oportunidades para la educación en ciencias naturales La cueva debe ser también un laboratorio natural que amplíe y ponga al día nuevos conocimientos y que lo convierta en un centro de referencia en los estudios del karst en Cataluña.

BIBLIOGRAFÍA

Bellot, J., Chirino, E., Bellot, P., & Sánchez-Montahud, J.R. (2004). Importància del bosc de Poblet en la regulació del cicle hídric i la qualitat de l'aigua. /www.researchgate.net. 3-23

Bergadà, M., Cervelló, J.M., & Serra, D. (1997). Karst conglomerates in Catalonia (Spain): morphological forms and sedimentary sequence types recorded on archaeological sites. Quaternaire, 8 (2-3).

Bosch, M. (1986). La cova de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37.

Bosch, M., Cervelló, J.M., & Romero M. (1991). Noves dades sobre la Cova de l'Espluga. Espeleòleg, 39.

Calvet, J. (1976). Notas geomorfológicas sobre un sector del contacto Depresión Central Catalana- Cordillera Prelitoral (alrededores de l'Espluga de Francolí). Acta Geológica Hispánica año XI, 2,25-32.

Cervelló, J.M. (1986). El carst conglomeràtic de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37.

Cervelló, J.M., & Freixes, A. (1990). Projecte d'integració urbanística i d'aprofitament científic, cultural i turístic del carst conglomeràtic i de la cova de l'Espluga de Francolí. SGC-DPTOP. Generalitat de Catalunya.

Cervelló, J.M., & Freixes, A. (1992). El domini càrstic. In: Història Natural dels Països Catalans (Geologia II) Fundació Enciclopèdia Catalana S.A.

Cervelló, J.M., Monterde, M., Ramoneda, J., & Freixes, A. (1999). El karst de la Espluga de Francolí: Características físicas e hidrogeológicas. Interés en la educación ambiental. In: B. Andreo, F. Carrasco y J.J. Durán (Eds.), Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geològico, 267-276.

Colldeforns, B, Anadón, P., & Cabrera, L. (1994). Nuevos datos sobre la litoestratigrafia del Eoceno-Oligoceno inferior de la zona suroriental de la Cuenca del Ebro (Sector Pontils-Montblanc, províncias de Tarragona y Barcelona). Geogaceta, 16, 98-191.

Colombo, F. (1986). Estratigrafía y sedimentología del Paleogeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides (província de Tarragona, España). Cuad. Geol. Ibérica, 1, 55-115.

Colombo, F., & Vergés, J. (1992). Geometría del margen S·E de la Cuenca del Ebro: Discordancias progresivas en el Grupo Scala Dei. Serra de la Llena (Tarragona). Acta Geológica Hispánica , 27, 33-53.

Freixes, A. (1986). El carst conglomeràtic experimental de Rellinars: un enfocament sistèmic i hidrogeològic en la recerca del medi càrstic. Universitat de Barcelona. Sympòsium Internacional sobre el Carst en conglomerats i gresos. Barcelona.

Genera, M. (1994). Dades sobre el Plistocè a Catalunya. La balma de la Fontmajor, L'Espluga de Francolí (Conca de Barberà, Tarragona). X Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà, 189-193. Institut d'Estudis Ceretans.

Gómez, M., & Colombo, F. (2020). La geologia de Montsant. Proposta d'itinerari geològic. Ed Parc Natural de la Serra de Montsant

Josa, E., Mateu, J., Gaià, J.M., Sans, J.M., & Llorens, J. (1995). Aproximació a les aigües ferruginoses del Paleozoic de les muntanyes de Prades. El model de Poblet. Aplec de Treballs, 13, 5-64

Mangin, A. (1982). L'approche systémique du Karst, conséquences conceptuelles et méthodologiques. Reunión monográfica sobre el Karst-Larra, 82, 141-157.

Martínez, A., & Tudela, M. (2015). Els tresors geològics del paratge natural de Poblet. Eds. Itineraris Geològics.

Melgarejo, J.C. (1987). Estudi metal·logenètic del paleozoic del sud de les Serralades Costaneres Catalanes. Tesi Doctoral. Dept. Cristal. Min. i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona.

Mor, J., & Martínez, A. (1976). Sobre qualcunes observacions hidrogeològiques i tèrmiques dels sistemes freàtics i càrstics de Riudabella (Vimbodí, Tarragona). Speleon, 22.

Piñol, J., Lledó, M.J., & Escarré A. (1991). Hydrogeological balance of two mediterranean forested catchments (Prades, northeast Spain). Hydrogeological Sciences – Journal des Sciences Hidrogeologiques, 36, 96-107.

Rubió i Guilleumas J. (2015). Els rius Gaià i Francolí com exemple de competència pel territori de drenatge en el marge sud oriental de la Conca de l'Ebre regulat per fractures extensives d'edat miocena. La Resclosa, 19, 35-61

Solé Sabarís, L., Solé Sugranyes, L., Calvet Porto, J., & Pocoví J., A. (1975). Mapa Geológico. Seria Magna1:50000, hoja 417. Espluga de Francolí. IGME.

8 Avenc Montserrat Ubach. Espai d'interès geològic de Catalunya.

Sima Montserrat Ubach. Espacio de interés geológico de Cataluña

Sima de Montserrat Ubach. Area of geological interest in Catalonia

Montserrat Ubach Tarrés, Josep Mª Mata-Perelló i Albert Martínez Rius
Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn https://avencmontserratubach.cat
avenc@montserratubach.cat

Resum

L'avenc Montserrat Ubach (Odèn, Lleida) està format per un seguit de pous que arriben als 202 metres de fondària. Es va descobrir el 1963. Durant 15 anys va ser el més fons de Catalunya i durant 20 anys el del món en cavitats excavades en conglomerats. Per la seva importància geològica i patrimonial, el desembre de 2019 la Generalitat el va declarar Espai d'Interès Geològic de Catalunya. En aquest treball es parla de la importància d'aquest geòtop (núm 171 de l'Inventari d'EIG), dels conglomerats on s'ubica i de la seva gènesi. Es relaciona amb l'encavalcament del Puig Subirà, amb el que forma un rellevant conjunt patrimonial geològic. Un apartat es dedica a la descripció de l'avenc i, finalment, es presenta la Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn, creada el 2013, com una figura de protecció de l'avenc i un model novador que pot servir de referència per altres cavitats.

Resumen

La sima Montserrat Ubach (Odèn, Lleida) está formada por una serie de pozos que llegan a los 202 metros de profundidad. Se descubrió el 1963. Durante 15 años fue la sima más profunda de Catalunya y durante 20 años la del mundo en cavidades excavadas en conglomerados. Por su importancia geológica y patrimonial, en diciembre del 2019, la Generalitat la declaró Espai d' Interès Geològic de Catalunya. En este trabajo se habla de la importancia de este geótopo (núm 171 del Inventario de EIG), de los conglomerados donde se ubica y de su génesis. Se relaciona con el cabalgamiento del Puig Subirà, con el que forma un relevante conjunto patrimonial geológico. Un capítulo se dedica a la descripción de la sima y, finalmente, se presenta la Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn, creada el 2013, como una figura singular de protección que puede servir de referencia para otras cavidades.

Abstract

The Montserrat Ubach pothole (Odèn, Lleida) is formed by a series of shafts that reach 202 meters deep. It was discovered in 1963. For 15 years it was the deepest pothole in Catalonia and for 20 years the deepest pothole in the world in conglomerates. Due to its geological and patrimonial importance, in December 2019, the Catalan government as declared it «Espai d'Interès Geològic de Catalunya» (official geosite). This paper discusses the importance of this geosite (no. 171 in the EIG Inventory), the conglomerates where it is located and its genesis. It is related to the thrust sheet of Puig Subirà, with which it forms a relevant geological heritage group. A chapter is dedicated to the description of the pothole and, finally, the Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'enton, created in 2013, is presented as a singular figure of protection that can serve as a reference for other caves.

Paraules clau: avenc, espeleologia, conglomerats, encavalcament, patrimoni geològic, inventari EIG, geòtop, Pirineus.

Palabras clave: sima, espeleología, conglomerados, cabalgamiento, patrimonio geológico, inventario EIG, geótopo, Pirineos.

Key words: pothole, speleology, conglomerates, overthrust, geoheritage, EIG inventory, geosite, Pyrenees.

ESCENARI GEOLÒGIC DE L'AVENC MONTSERRAT UBACH

L'avenc Montserrat Ubach és una cavitat de component principalment vertical excavada en conglomerats. La seva profunditat de 202 m l'ha situat com l'avenc més profund de Catalunya, des del seu descobriment el 1963 fins al 1982 i el més profund del món en conglomerats fins al 1982. Aquesta cavitat, l'any 2019, ha estat catalogada com el geòtop 171 de l'Inventari d'espais d'interès geològic de Catalunya del Departament de Medi Ambient de la Generalitat.

L'avenc Montserrat Ubach està excavat en conglomerats oligocènics de la formació Sant Llorenç-Berga, a l'alt Solsonès, zona característica per la seva diversitat geològica i abundants fenòmens d'erosió diferencial que modelen els barrancs d'aquesta zona, en un dels quals s'obre l'avenc.

Aquests conglomerats corresponen a ventalls al·luvials (Fig. 1) que es disposen a les vores de la conca d'avantpaís (conca de l'Ebre). Aquests ventalls provenen del desmantellament dels relleus originats per les unitats encavalcants dels Pirineus, situades al nord. La base d'aquestes unitats és l'encavalcament de Vallfogona que emplaça les unitats al·lòctones sobre els conglomerats autòctons. Aquest encavalcament basal aflora a menys d'un quilòmetre al nord de la boca de l'avenc (Figs. 2 i 3).

Els conglomerats del sistema al·luvial superior de Berga formen un conjunt d'unitats massives amb unes potències majors dels 500 metres amb intercalacions argiloses. A la part superior dels conglomerats on s'ha desenvolupat l'avenc, existeix una unitat formada per margues, limolites i gresos amb intercalacions de conglomerats i, per la base, es troben gresos arcòsics, lutites vermelles i conglomerats. La roca de la zona de l'avenc està formada per canals de conglomerats i bretxes monomíctiques, cimentades amb carbonat càlcic que ha permès la dissolució de la roca i el desenvolupament d'un karst conglomeràtic i la formació de concrecions nombroses.

El desenvolupament de la cavitat, amb un component eminentment vertical, es deu a que se situava a la zona d'infiltració del karst desenvolupat en els conglomerats de la formació Berga (Fig. 4). La zona inundada o saturada es situava a la part inferior de

ESCENARIO GEOLÓGICO DE LA SIMA MONTSERRAT UBACH

La sima Montserrat Ubach es una cavidad de componente principal vertical excavada en conglomerados. Su profundidad de 202 m la ha situado como la sima más profunda de Cataluña, desde su descubrimiento en 1963 hasta 1978 y la más profunda del mundo en conglomerados hasta 1982. Esta cavidad, en el año 2019, ha sido catalogada como el geotopo 171 del Inventario de Espacios de Interés Geológico de Cataluña del *Departament de Medi Ambient de la Generalitat*.

La sima está excavada en conglomerados oligocénicos de la formación Sant Llorenç-Berga, en el alto Solsonès, zona que se caracteriza por su diversidad geológica y abundantes fenómenos de erosión diferencial que modelan los barrancos de esta zona, en uno de los cuales se abre la sima.

Estos conglomerados corresponden a abanicos aluviales (Fig. 1) que se disponen en los bordes de la cuenca de antepaís (cuenca del Ebro). Estos abanicos provienen del desmantelamiento de los relieves originados por las unidades cabalgantes de los Pirineos, situadas en el norte. La base de estas unidades es el cabalgamiento de Vallfogona que emplaza las unidades alóctonas sobre los conglomerados autóctonos. Este cabalgamiento basal aflora a menos de un kilómetro al norte de la boca de la sima (Figs. 2 y 3).

Los conglomerados del sistema aluvial superior de Berga forman un conjunto de unidades masivas

la sèrie conglomeràtica, en les proximitats d'una unitat litològica menys carstificable, amb conglomerats poc cimentats, gresos i limolites. La cavitat és accessible fins les proximitats del nivell piezomètric situat en el riu de Canalda. Si hi havia més cavitats en aquesta zona, actualment estan erosionades i només es troben algunes petites surgències intermitents.

Aquest avenc es tracta d'un antic engolidor i conducte kàrstic que recollia les aigües d'una superfície topogràfica preexistent a l'excavació del barranc. Les seves dues boques, penjades al penya-segat, són un clar testimoni de l'evolució del relleu. Estructurat en un conjunt de diàclasis verticals i amb estrats intercalats d'argiles i margues que formen nivells de base intermedis que l'aigua ha anat seguint horitzontalment fins a trobar la següent fractura per prosseguir el seu descens cap a la zona inundada (Cardona, 2015). Segons la seva morfologia s'aprecien fases alternades d'erosió - dissolució i litogènesi, responsable d'un espectacular ventall de formacions estalagmítiques variades: gorgs, colades i nius pisolítics. La cavitat segueix un traçat força recte per la influència de la fractura en què s'ha estructurat. Tanmateix, i malgrat que les diàclasis que han condicionat la circulació resulten clarament visibles a la cavitat, és de destacar que els pous presenten unes seccions transversals molt arrodonides, fins i tot recordant els pous fusiformes que acostumem a trobar sovint en cavitats calcàries però que resulten més inhabituals a les cavitats en conglomerat.

Figura 1. Mapa geològic simplificat de Catalunya. En vermell, les unitats comglomeràtiques principals. Base: ICGC.

Figure 1. Simplified geological map of Catalonia. In red, the main conglomeratic units. Base: ICGC.

DESCRIPCIÓ DE L'AVENC

L'avenc Montserrat Ubach és a prop de les dues cases de Cavallera (Baixa i Alta), que pertanyen a l'Entitat Municipal Descentralitzada de Canalda, en el municipi d'Odèn (El Solsonès).

Des d'on es deixen els cotxes cal fer una curta caminada pel Camí Ral de Baix, que antigament utilitzava la gent del país per anar de Cavallera a Canalda i que ha estat el camí històric que han seguit els espeleòlegs per anar a la cavitat.

con unas potencias mayores de 500 metros con intercalaciones arcillosas. En la parte superior de los conglomerados, donde se ha desarrollado la sima, existe una unidad formada por margas, limolitas y areniscas con intercalaciones de conglomerados y areniscas arcósicas, lutitas rojas y conglomerados en la base. La roca de la zona de la sima, está formada por canales de conglomerados y brechas monomícticas, cementadas con carbonato cálcico que ha permitido la disolución de la roca y el desarrollo de un karst conglomerático y la formación de numerosas concreciones.

El desarrollo de la cavidad, con una componente eminentemente vertical, se debe a que se situaba en la zona de infiltración del karst desarrollado en los conglomerados de la formación Berga (Fig. 4). La zona inundada o saturada se situaba en la parte inferior de la serie conglomerática, en las proximidades de una unidad litológica menos karstificable, con conglomerados poco cementados, areniscas y limolitas. La cavidad es practicable hasta cerca del nivel piezométrico situado en el río de Canalda. Si había más cavidades en esta zona, actualmente están erosionadas y sólo se ubican algunas pequeñas surgencias intermitentes.

Esta sima se trata de un antiguo sumidero y conducto kárstico que recogía las aguas de una superficie topográfica preexistente a la excavación del barranco. Sus dos bocas, colgadas en el acantilado, son un claro testimonio de la evolución del relieve. Estructurado en un conjunto de diaclasas verticales y con estratos intercalados de arcillas y margas que forman niveles de base intermedios que el agua ha ido siguiendo horizontalmente hasta encontrar la siguiente

Figura 1. Mapa geológico simplificado de Cataluña. En rojo, las unidades conglomeráticas principales. Base: ICGC.

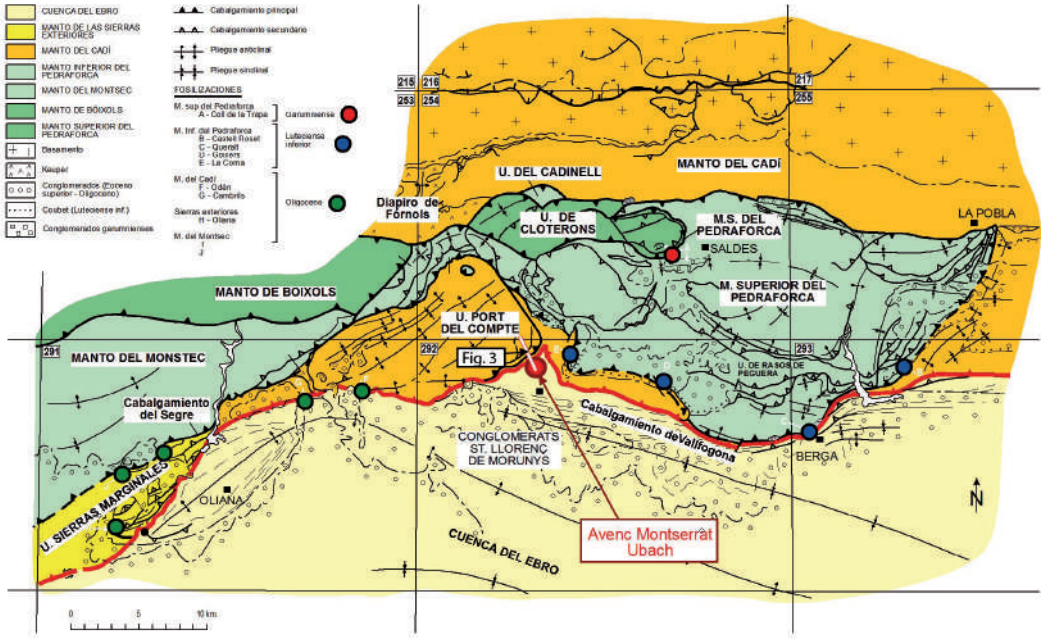


Figura 2. Mapa de detall de les principals estructures i sediments sintectònics de la zona de contacte entre el Pirineu central y l'occidental. L'avenc està situat molt a prop de l'encavalcament de Vallfogona, encavalcament basal de les unitats alòctones. La cavidat s'ha desenvolupat en els conglomerats de la conca de l'Ebre. A la figura s'han situat les zones on els conglomerats fosilitzen les estructures tectòniques: vermell, Garumnià; blau, Lutecià inferior; verd, Oligocè (Martínez & Vilella, 1999).

Figure 2. Detail map of the main syntectonic structures and sediments in the contact zone between the central and western Pyrenees. The shaft is located very close to the Vallfogona overthrust, basal overthrust of the allochthonous units. The cave formed in the conglomerates of the Ebro basin. The figure shows the areas where the conglomerates fossilize the tectonic structures: red, Garumnian; blue, Lower Lutetian; green, Oligocene (Martínez & Vilella, 1999).

L'avenc té dues entrades penjades en un penya-segat de conglomerats, una sota l'altra i separades uns 10 metres (Fig. 5). Per accedir des del Camí Ral de Baix a la boca inferior, que és la que utilitzen els espeleòlegs, cal baixar per una canal en fort pendent i fer un petit flanqueig. Normalment la canal s'equipa amb una corda per a facilitar el transport del material. Les dues boques es comuniquen a través d'una curta galeria i una saleta que, el 2020, es va batejar amb el nom de Ramon de Cavallera, en honor al pastor que va ajudar als espeleòlegs a trobar la boca el 1963. (Veure història de l'avenc a https//:avencmontserratubach.cat).

La boca inferior dóna pas a una rampa que porta a la capçalera del primer pou, una vertical de 27,40 metres de secció circular (Fig. 6). De la seva base surt una curta galeria, estreta i alta, que en alguns punts presenta un fals pis superior on, quan es va descobrir l'avenc, hi havia dues columnes d'excèntriques, molt ramificades i complexes; les úniques observades en tota la cavitat però que actualment no existeixen.

La galeria desemboca al segon pou (Pou dels Replans), de 27,70 metres de fondària, esglaonat en tres trams, però que es poden sortejar i baixar directament. En el primer replà hi trobem un punt d'aportació hídrica que ha format una colada d'uns dos metres i que, en algunes de les exploracions, s'ha vist

Figura 2. Mapa de detalle de las principales estructuras y sedimentos sintectónicos de la zona de contacto entre el Pirineo central y occidental. La sima está situada muy cerca del cabalgamiento de Vallfogona, cabalgamiento basal de las unidades alóctonas. La cavidad se ha desarrollado en los conglomerados de la cuenca del Ebro. En la figura se han situado las zonas en donde los conglomerados fosilizan las estructuras tectónicas: rojo, Garumniense; azul, Luteciense inferior; verde, Oligoceno (Martínez & Vilella, 1999).

fractura para proseguir su descenso hacia la zona inundada (Cardona, 2015). Según su morfología se aprecian fases alternadas de erosión - disolución y litogénesis, responsable de un espectacular abanico de formaciones estalagmíticas variadas: pozas, coladas y nidos pisolíticos. La cavidad sigue un trazado bastante recto por la influencia de la fractura en la que se ha estructurado. Sin embargo, y pese a que las diaclasas que han condicionado la circulación resultan claramente visibles en la cavidad, es de destacar que los pozos presentan unas secciones transversales muy redondeadas, incluso recordando los pozos fusiformes que se acostumbran a encontrar a menudo en cavidades calizas pero que resultan más inhabituales en las cavidades en conglomerado.

DESCRIPCIÓN DE LA SIMA

La sima Montserrat Ubach se encuentra cerca de las dos casas de Cavallera (Baixa y Alta), que pertenecen a la Entidad Municipal Descentralizada de Canalda, en el municipio de Odèn (El Solsonès).

Desde donde se dejan los coches hay que hacer una corta caminata por el Camí Ral de Baix, que antiguamente utilizaba la gente del país para ir de Cavallera a Canalda y que ha sido el camino histórico que han seguido los espeleólogos para llegar a la cavidad.

La sima tiene dos entradas situadas en medio de un acantilado de conglomerados, una bajo la otra y separadas unos 10 metros (Fig. 5). Para acceder desde el Camí Ral de Baix a la boca inferior, que es la que utilizan los espeleólogos, hay que bajar por

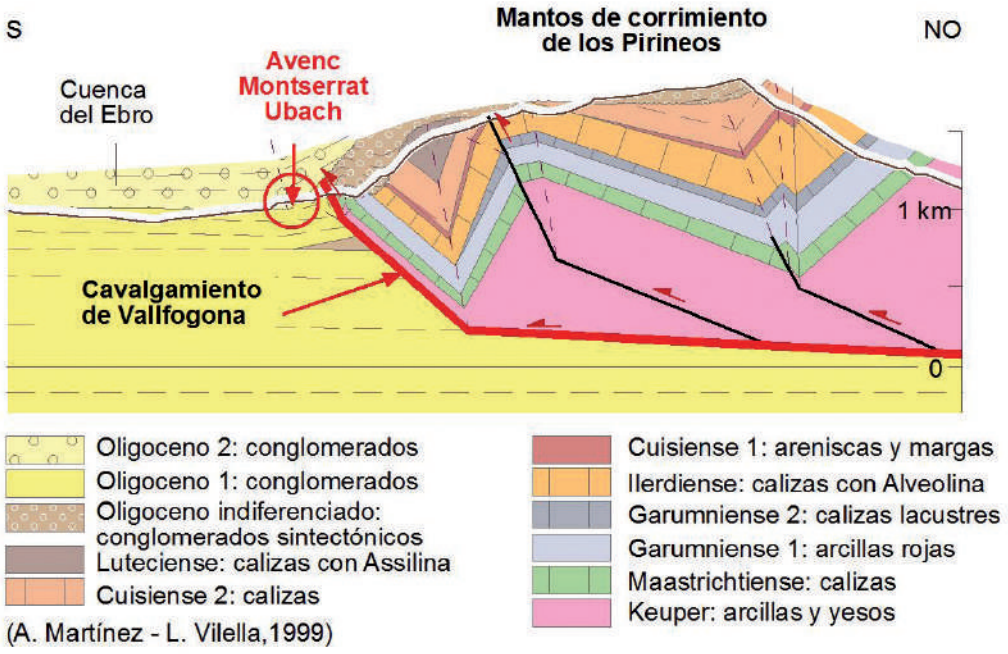


Figura 3. Tall geològic dels entorns de l'avenc Montserrat Ubach. S'observa com la cavitat està situada en conglomerats de la conca de l'Ebre i, molt a prop, cap el nord, hi ha diverses làmines encavalcants alòctones pirinenques (Martínez & Vilella, 1999).

Figure 3. Geological cross section of the vicinity of the Montserrat Ubach shaft. It can be seen how the pothole is located in conglomerates of the Ebro basin and, very close, to the north, there are several allochthonous Pyrenean overthrust sheets (Martínez & Vilella, 1999).

funcionar activament.

Segueix un tercer pou (Pou de la Xineta) de 22 metres. El nom fa referència a un gran bloc de roca conglomerada, molt concrecionada, d'1,5 metres de diàmetre, que va caure durant la primera exploració, sortosament sense conseqüències. Sota aquest gran bloc queda el testimoni dels centenars de perles de caverna que ocupaven tota la planta del pou.

D'aquí surten dos conductes: un que mena a un petit fus lateral i, a l'extrem oposat, una galeria inclinada descendent que desemboca gaire bé a la meitat del quart pou. Però per a baixar-lo és molt millor fer-ho remuntant uns 4 metres des de la base del Pou de la Xineta per una paret molt concrecionada que dóna a una gran finestra formada per la conjunció d'aquest pou amb un fus lateral.

Aquest quart pou, de 12 metres de fondària, és un dels més concrecionats (Fig. 7). Destaca una gran colada que arriba fins el fons de la vertical, just al costat d'un gorg amb aigua, i que segueix recobrint el terra de la galeria fins el començament d'una gatera a la cota -118 m. És en aquest punt on en la primera exploració de 1963 semblava que s'acabava l'avenc, però després d'una desobstrucció d'un estret conducte de 5 metres de llargada es va aconseguir passar.

una canal en fuerte pendiente y hacer un pequeño flanqueo. Normalmente la canal se equipa con una cuerda para facilitar el transporte del material. Las dos bocas se comunican a través de una corta galería y una salita que, en 2020, se bautizó con el nombre «Ramon de Cavallera», en honor al pastor que ayudó a los espeleólogos a encontrar la boca en 1963. (Ver historia de la sima en https//:avencmontserratubach.cat).

La boca inferior da paso a una rampa que lleva a la cabecera del primer pozo, una vertical de 27,40 metros de sección circular (Fig. 6). De su base sale una corta galería, estrecha y alta, que en algunos puntos presenta un falso piso superior donde había dos columnas de excéntricas muy ramificadas y complejas; las únicas observadas en toda la cavidad cuando se descubrió a la sima pero que actualmente ya no existen.

La galería desemboca en el segundo pozo (Pou dels Replans), de 27,70 metros de profundidad, escalonado en tres tramos, pero que se pueden sortear y bajar directamente. En el primer rellano encontramos un punto de aportación hídrica que ha formado una colada de unos dos metros y que, en algunas de las exploraciones, se ha visto funcionar activamente.

Sigue un tercer pozo (Pou de la Xineta) de 22 metros. El nombre hace referencia a un gran bloque de roca conglomerada, muy concrecionada, de 1,5 metros de diámetro, que cayó durante la primera exploración, afortunadamente sin consecuencias. Bajo este gran bloque queda el testimonio de centenares de perlas

Figura 3. Corte geológico de las cercanías de la sima Montserrat Ubach. Se observa como la cavidad está situada en conglomerados de la cuenca del Ebro y, muy cerca, hacia el norte, hay diversas láminas cabalgantes alóctonas pirenaicas (Martínez & Vilella, 1999).

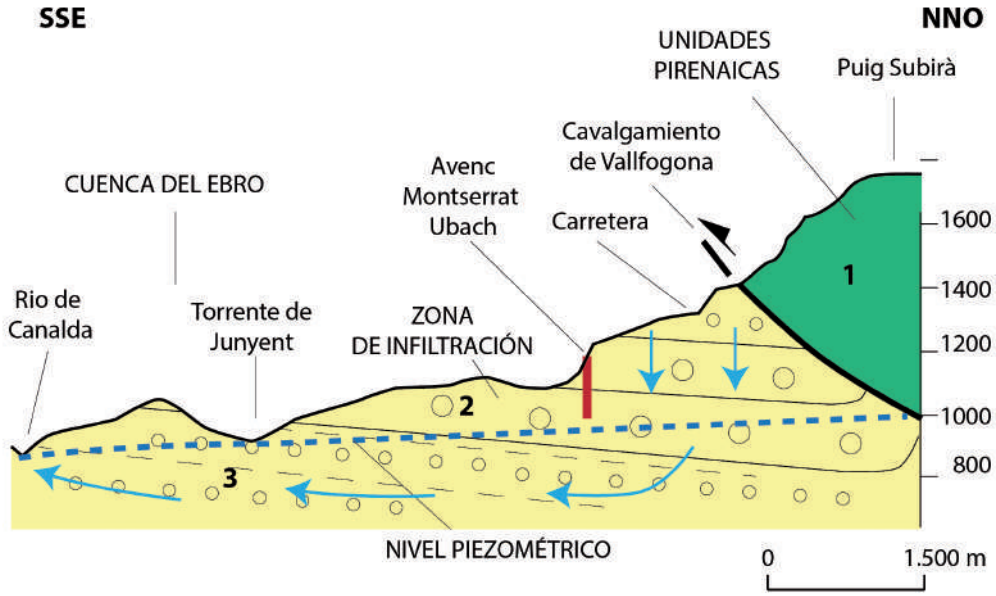


Figura 4. Tall de detall de la zona de l'avenc. La cavitat s'obre en conglomerats oligocens (2) per sota les unitats pirinenques que encavalquen (1) sobre la conca de l'Ebre. L'avenc es desenvolupa en la zona d'infiltració (2) i l'accés a l'avenc s' acaba prop del nivell piezomètric (3) situat al riu de Canalda (Martínez, 2020).

Figure 4. Detail cross section of the shaft area. The pothole is in Oligocene conglomerates (2) below the Pyrenean units that overthrust (1) on the Ebro basin. The shaft is developed in the percolation zone (2) and it ends near the water-table (3) cut by the Canalda river (Martínez, 2020).

En certes èpoques de l'any s'hi troba aigua, que prové, en part, del gorg de la base del pou que no arriba a filtrar-se abans. A partir d'aquest punt la cavitat rep el nom de Via Rostand-Subils, en agraïment als dos esforçats espeleòlegs que la van desobstruir.

Un petit ressalt de tres metres va a donar a una àmplia galeria amb una cúpula d'uns 13 metres d'alt i ocupada per grans blocs, un dels quals supera els 4 metres d'altura. Entre aquests blocs s'obren, al terra, dues boques que donen al cinquè pou (Pou de les Perles).

Per la primera boca s'accedeix, al cap de 8 metres, a un replà (cota -128). És la capçalera de la Via lateral Josep Subils. Caldrà arrossegar-se per una estreta balconada per accedir a una petita finestra a la paret que dóna a una nova vertical de 70 metres que baixa lateralment al Pou de les Perles i directa fins el fons de l'avenc. Aquesta via va ser explorada el 1964 però no va ser topografiada fins el 2014 per la SIS de Terrassa.

Per la segona boca del quart pou accedim a la vertical de 22 metres del Pou de les Perles. La seva base conté la més gran acumulació de pisòlits o perles de les cavernes, d'aquí el nom que rep. De la seva vesant N surt el sisè pou, de 23 metres de fondària, amb un replà a -14 metres. Al fons, una gran finestra situada 4 metres més amunt de la base del pou comunica lateralment amb la via Josep Subils.

Figura 4. Corte de detalle de la zona de la sima. La cavidad está en conglomerados oligocenos (2) por debajo de las unidades pirenaicas que cabalgan (1) sobre la cuenca del Ebro. La cavidad está desarrollada en la zona de infiltración (2) y la traza de la sima termina cerca del nivel piezométrico (3) cortado por el río de Canalda (Martínez, 2020).

de caverna que ocupaban toda la planta del pozo.

De ahí salen dos conductos: uno que conduce a un pequeño huso lateral y, en el extremo opuesto, a una galería inclinada descendente que desemboca prácticamente en la mitad del cuarto pozo. Pero para bajarlo es mucho mejor hacerlo remontando unos 4 metros desde la base del Pou de la Xineta por una pared muy concrecionada que da a una gran ventana formada por la conjunción de este pozo con un huso lateral.

Este cuarto pozo, de 12 metros de profundidad, es uno de los más concrecionados (Fig. 7). Destaca una gran colada que llega hasta el fondo de la vertical, justo al lado de un gourg con agua, y que sigue recubriendo el suelo de la galería hasta el comienzo de una gatera en la cota -118 m. Es en este punto donde en la primera exploración de 1963 parecía que se acababa la sima, pero que tras una desobstrucción de un estrecho conducto de 5 metros se consiguió pasar.

En ciertas épocas del año se encuentra agua, que proviene, en parte, del gourg de la base del pozo que no llega a filtrarse antes. A partir de este punto la cavidad recibe el nombre de Via Rostand-Subils, en agradecimiento a los dos esforzados espeleólogos que la desobstruyeron.

Un pequeño resalte de tres metros comunica con una amplia galería con una cúpula de unos 13 metros de alto y ocupada por grandes bloques, uno de los cuales supera los 4 metros de altura. Entre estos bloques se abren, en el suelo, dos bocas que dan al quinto pozo (Pou de les Perles).

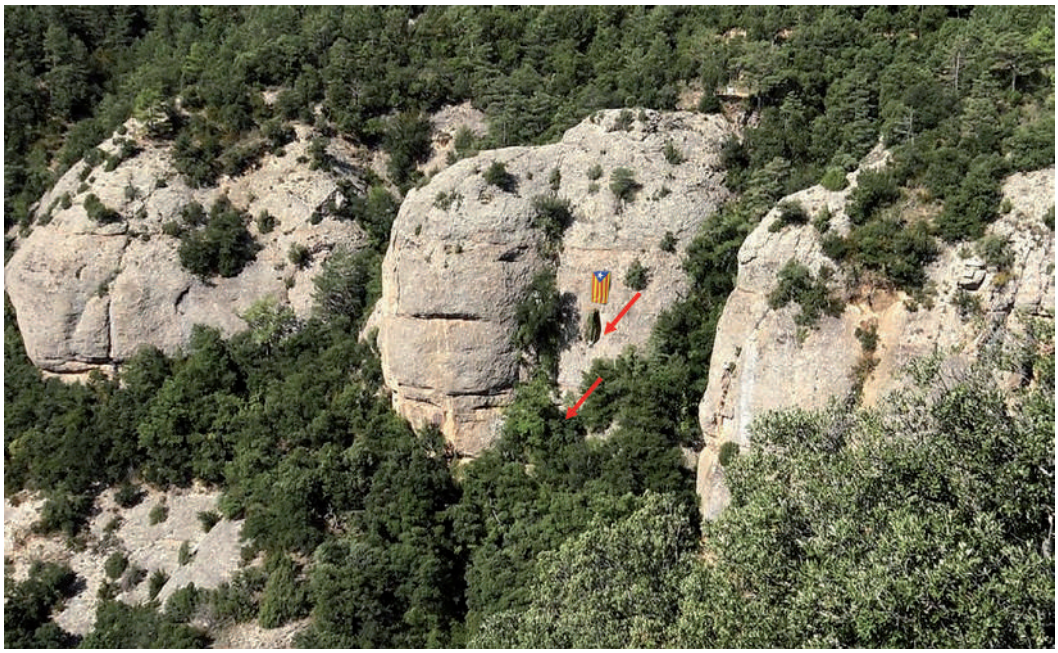


Figura 5. Conglomerats on es troba l'avenc Montserrat Ubach. Les fletxes assenyalen les dues boques d'entrada.

Figure 5. Conglomerates where the Montserrat Ubach shaft is located. The arrows indicate the two entrances.

El setè pou, de 25 m, ens porta, a través d' una successió de ressalts, al sector final de la cavitat, envaït per una notable acumulació de sediments i on s'aprecien algunes aportacions hídriques provinents de diversos punts que es van acumulant al fons i acaben sumint-se en un pouet d'un parell de metres. És la cota màxima de l'avenc: 202 metres de profunditat.

Via Espeleo Club de Gràcia:

Al final de la rampa d'entrada de l'avenc, just a la capçalera de la primera vertical, es troba, a l'esquerra, un replà de nou metres que es flanqueja amb un passamà i permet accedir a la via que porta el nom dels seus descobridors.

Una gatera de sis metres ens condueix a una sala molt concrecionada d'on surt un pou de 34,50 metres. Als 4 metres es troba un replà que dóna pas a un pou lateral de 8,50 metres seguit d'un parell de ressalts que ens porten a una petita sala impracticable.

Baixant pel pou principal es troba un segon replà a 25 m i, al fons, un seguit de ressalts fangosos i passos estrets, on van haver de fer-se diverses desobstruccions, que baixen fins els -80 i -83 metres de profunditat. Aquesta via discorre independent de la resta de l'avenc.

Si se baja por la primera boca se accede, al cabo de 8 metros, a un rellano (cota -128). Es la cabecera de la vía lateral Josep Subils. Habrá que arrastrarse por una estrecha balconada para acceder a una pequeña ventana en la pared que da a una nueva vertical de 70 metros, que baja lateralmente al Pou de les Perles y directo hasta el fondo de la sima. Esta vía fue totalmente explorada en 1964 pero no fue topografíada hasta 2014 por la SIS de Terrassa.

Por la segunda boca del cuarto pozo accedemos a la vertical de 22 metros del Pou de les Perles. Su base contiene la mayor acumulación de pisolitas o perlas de las cavernas, de ahí el nombre que recibe. De su cara N sale el sexto pozo, de 23 metros de profundidad, con un rellano a -14 metros. Al fondo, una gran ventana situada a 4 metros más arriba del nivel del suelo, comunica lateralmente con la vía Josep Subils.

El séptimo pozo, de 25 m, nos lleva, a través de una sucesión de resaltes en el sector final de la cavidad invadido por una notable acumulación de sedimentos y donde se aprecian algunas aportaciones hídricas provenientes de varios puntos que se van acumulando al fondo y acaban sumiéndose en un pozo de un par de metros. Es la cota máxima de la sima: 202 metros de profundidad

Vía Espeleo Club de Gràcia:

Al final de la rampa de entrada de la sima, justo en la cabecera de la primera vertical, se encuentra, a la izquierda, un pasamano de nueve metros que permite acceder a la vía que lleva el nombre de sus descubridores.

Figura 5. Conglomerados donde se halla la sima Montserrat Ubach. Las flechas señalan las dos bocas de entrada.

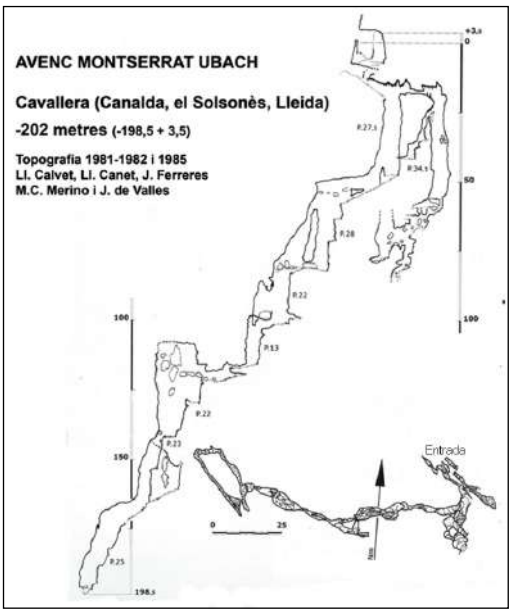


Figura 6. Topografia de l'avenc Montserrat Ubach. A la planta es pot observar com l'orientació general de la cavitat és segons les diàclasis de direcció NO-SE i altres secundàries de direcció NNE-SSO. El desenvolupament en vertical (alçat) està format per una sèrie de pous de forma força cilíndrica encadenats entre ells. (Martínez, 2020)

Figure 6. Survey of the Montserrat Ubach sinkhole. In the plan it can be seen how the general orientation of the pothole follows the NW-SE diaclases and other secondary diaclases of NNE-SSW direction. The vertical development (elevation) is formed by a series of pits of fairly cylindrical shape linked together (Martínez, 2020).

PATRIMONI GEOLÒGIC

L'avenc Montserrat Ubach forma part d'un LIG (Lloc d'Interès Geològic). Aquest concepte equival al que anteriorment es coneixia com a PIG (Punt d'Interès Geològic) en la literatura geològica de fa uns anys. No cal dir que es tracta d'un lloc que destaca pel gran valor del seu Patrimoni Geològic.

En efecte, per les seves importants característiques geològiques, des de diferents àmbits se li ha donat aquest valor, reconegut oficialment per la Generalitat de Catalunya, molt recentment. No s'ha d'oblidar que és un dels avencs més profunds del món desenvolupats en conglomerats. En aquest cas, la cavitat es troba en uns dels ventalls al·luvials formats per conglomerats poligènics, amb clastes més o menys heteromètrics procedents del desmantellament dels relleus pirinencs que s'estan formant al nord. Els clastes tenen fonts diferents (del Paleozoic a l'Eocè), però de composició eminentment calcària, amb una matriu i un ciment carbonatat. Per aquesta raó, el procés de karstificació s' ha desenvolupat molt bé, afavorit per una xarxa de diàclasis.

Un dels interessos principals d'aquest geòtop és que la cavitat permet accedir directament (amb material i tècnica espeleològica) a observar i estudiar els processos kàrstics en una zona d'infiltració d'un karst desenvolupat en conglomerats, per tal de determinar les diferències i similituds d'aquests processos ja sigui en roques calcàries o conglomeràtiques.

Un altre dels processos visibles són les formacions de concrecions en forma d'esferes nomenades perles de caverna o pisòlits. Aquesta cavitat té nombrosos exemplars d'extraordinària bellesa, especialment un amb pes de 730 g, que és dels més grans de món documentat (Fig. 8).

Per altra banda, la importància d'aquest LIG es veu enormement incrementat per trobar-se prop de l'encavalcament basal pirinenc (encavalcament de Vallfogona). En efecte, l'avenc es troba situat al bloc inferior format pels materials cenozoics oligocènics de la Conca de l'Ebre. Al bloc superior de l'encavalcament es troben els materials mesozoics cretacis i els cenozoics de l'Eocè,

Figura 6. Topografía de la sima Montserrat Ubach. En la planta se puede observar como la orientación general de la cavidad sigue las diaclasas de dirección NO-SE y otras secundarias de dirección NNE-SSO. El desarrollo en vertical (alzado) está formado por una serie de pozos de forma bastante cilíndrica encadenados entre ellos (Martínez, 2020).

Una gatera de seis metros nos conduce a una sala muy concrecionada de donde sale un pozo de 34,50 metros. A los 4 metros se encuentra un rellano que da paso a un pozo lateral de 8,50 metros seguido de un par de resaltes que nos llevan a una pequeña sala impracticable.

Bajando por el pozo principal, se encuentra un segundo rellano a 25 m y, al fondo, una serie de resaltes cubiertos de barro y pasos estrechos, donde se tuvieron que ejecutar diversas desobstrucciones, que bajan hasta los -80 y -83 metros de profundidad. Esta vía discurre independiente del resto de la sima.

PATRIMONIO GEOLÓGICO

El «avenc Montserrat Ubach» forma parte de un LIG (Lugar de Interés Geológico). Este concepto equivale al que anteriormente se conocía como PIG (Punto de Interés Geológico) en la literatura geológica de hace unos años. Sin duda alguna se trata de un lugar que destaca por el gran valor de su Patrimonio Geológico.

En efecto, por sus importantes características geológicas, se le ha dado desde diferentes ámbitos este valor, reconocido oficialmente, muy recientemente, por la Generalitat de Catalunya. No hay que olvidar que es una de las simas más profundas del mundo desarrolladas en conglomerados. Esta cavidad se halla en uno de los abanicos aluviales formados por conglomerados poligénicos, con clastos más o menos heterométrico, procedentes del desmantelamiento de los relieves pirenaicos

que formen part de l'encavalcament del Puig Subirà, una important estructura pirenaica molt visible al paisatge des de nombrosos llocs (Fig. 9). És a dir, per una part, l'avenc Montserrat Ubach i, per altra, l'encavalcament de referència, constitueixen un important enclavament patrimonial geològic.

Cal no oblidar que aquests indrets es troben dues de les tres unitats geològiques que configuren el sòl i el subsòl de Catalunya. D'una banda, els sectors més septentrionals corresponen al Pirineu; mentre que els més meridionals se situen a la Conca de l'Ebre.

Donada la importància de la geodiversitat descrita, tant l'avenc com l'encavalcament, formen part, com a elements destacats, del futur Parc Geològic i Miner dels Contraforts del Pirineu. En aquest projecte s'han inclòs diversos indrets de la comarca del Solsonès (dels municipis de Castellar de la Ribera, Guixers, Lladurs, Odèn, la Coma i la Pedra i Sant Llorenç de Morunys), de l'Alt Urgell (municipis de Bassella, Fígols i Alinyà, Oliana i Peramola) i de la comarca de la Noguera (la Baronia de Rialb i Tiurana). Entre els gairebé 100 llocs d' interès geològic i miner del futur parc, destaca per les seves característiques l'avenc Montserrat Ubach i el proper encavalcament del Puig Subirà, un dels indrets més interessants del patrimoni geològic de Catalunya (Mata-Perelló, 2015).

Figura 7. Punt d'accés al quart pou de l'avenc Montserrat Ubach, al fons del qual s'inicia la via Rostand-Subils (-118 m), on podem observar les parets de conglomerats i algunes de les concrecions, tipus colada, que les recobreixen.

Figure 7. Access point to the fourth pitch in the Montserrat Ubach shaft, at the bottom of which the Rostand-Subils pathway begins (-118 m), where the conglomerate walls and some of the concretions, like flowstones, that cover them can be seen.

que se están formando al norte. Los clastos tienen diferentes fuentes (del Paleozoico al Eoceno), pero de composición eminentemente calcárea, con una matriz y un cemento carbonatado. Por esta razón, el proceso de karstificación se ha desarrollado muy bien, favorecido por una red de diaclasas.

Uno de los intereses principales de este geotopo es que la cavidad permite acceder directamente (con material y técnica espeleológica) a observar y estudiar los procesos kársticos en una zona de infiltración de un karst desarrollado en conglomerados, a fin de determinar las diferencias y similitudes de estos procesos, ya sea en rocas calizas o conglomeráticas.

Otros procesos visibles son las formaciones de concreciones en forma de esferas llamadas perlas de caverna o pisolitos. Esta cavidad tiene numerosos ejemplares de extraordinaria belleza, especialmente uno con un peso de 730 g, de los más grandes del mundo documentado (Fig. 8).

Por otra parte, la importancia de este LIG se ve enormemente incrementada por hallarse cerca del cabalgamiento basal pirenaico (cabalgamiento de Vallfogona). En efecto, la sima se halla situada en el bloque inferior formado por los materiales cenozoicos oligocénicos de la Cuenca del Ebro. En el bloque superior del cabalgamiento se hallan los materiales mesozoicos cretácicos y los cenozoicos del Eoceno, que forman parte del cabalgamiento del Puig Subirà, una importante estructura pirenaica muy visible en el paisaje desde numerosos lugares (Fig. 9). Es decir, por una parte, la sima (avenc Montserrat Ubach) y por otra el cabalgamiento acabado de mencionar, constituyen un importarte

Figura 7. Punto de acceso al cuarto pozo de la sima Montserrat Ubach, en cuyo fondo se inicia la vía Rostand-Subils (-118 m), donde se pueden observar las paredes de conglomerado y algunas de las concreciones, tipo colada, que las recubren.

Figura 8. Exemplar excepcional de perla de caverna de l'avenc Montserrat Ubach. Fa 730,80 g i 91,95 x 80,00 x 80,10 mm. Rep el nom de «La Perla». Se la considera la segona més gran d'Europa documentada i una de les primeres d'ordre mundial.

Figura 8. Exceptional specimen of cave pearl from the Montserrat Ubach shaft. It weighs 730.80 g and measures 91.95 x 80.00 x 80.10 mm. It is called «La Perla». It is considered the second largest documented in Europe and one of the largest in the world.

COMISSIÓ PER A LA PROTECCIÓ DE L'AVENC MONTSERRAT UBACH I L'ENTORN. MODEL DE PROTECCIÓ D'UNA CAVITAT SUBTERRÀNIA

La Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn es va crear el 2013, any del 50 aniversari de la seva descoberta.

La decisió de crear una figura que protegís l'avenc va sorgir després d'anys de conflictes amb el nou propietari del terreny. Mai, abans, n'hi havien hagut, ni per a accedir a la cavitat ni per a explorar-la. Però a partir del canvi de titularitat de la finca, van començar a aparèixer cartells prohibint l'accés a l'avenc, càmeres de videovigilància i plafons publicitaris amb informacions errònies, a la vegada que l'amo del terreny portava el control de les visites a l'avenc, en mig de discussions amb els espeleòlegs i amb la pròpia Federació Catalana d'Espeleologia. A la web del seu negoci de turisme rural especificava que l'avenc era «pels seus clients», és a dir, pels espeleòlegs que li feien despesa.

Figura 8. Ejemplar excepcional de perla de caverna de la sima Montserrat Ubach. Pesa 730,80 g y mide 91,95 x 80,00 x 80,10 mm. Recibe el nombre de «La Perla». Se la considera la segunda más grande de Europa documentada y una de las más grandes del mundo.

enclave patrimonial geológico.

No hay que olvidar que en esta zona se hallan dos de las tres unidades geológicas que configuran el suelo y el subsuelo de Catalunya. Por una parte, los sectores más septentrionales corresponden a los Pirineos; mientras que los más meridionales corresponden a la Cuenca del Ebro.

Dada la importancia de la geodiversidad descrita, tanto la sima como el cabalgamiento, forman parte, como elementos destacados, del futuro *Parc Geològic i Miner dels Contraforts del Pirineu*. En este proyecto se han incluido diversos lugares de la comarca del Solsonès (de los municipios de Castellar de la Ribera, Guixers, Lladurs. Odèn, La Coma i la Pedra y Sant Llorenç de Morunys), del Alt Urgell (municipios de Bassella, Figols i Alinyà, Oliana y Peramola) y de la comarca de la Noguera (la Baronia de Rialb y Tiurana). Entre los casi 100 lugares de interés geológico y minero del futuro parque, destaca por sus características el «avenc Montserrat Ubach» y el cercano cabalgamiento del Puig Subirà, unos de los puntos más interesantes del patrimonio geológico de Catalunya (Mata-Perelló, 2015).

***Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn.* Modelo de protección de una cavidad subterránea**

La *Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn* (Comisión para la Protección de la sima Montserrat Ubach y su entorno), se creó en 2013, año del 50 aniversario de su descubrimiento.

La decisión de crear una figura que protegiera la sima

Figura 9. L'encavalcament del Puig Subirà sobre la Roca de Canalda, muralla conglomeràtica que presideix el poblet que li dóna nom, vist des del Forat Negre (Torrent de la Perdiu).

Figure 9. The overthrust of Puig Subirà on the Roca de Canalda, a conglomeratic wall that presides over the village that gives it its name, seen from the Forat Negre (Torrent de la Perdiu).

El punt d'inflexió que va fer saltar totes les alarmes va ser quan, el 2013, va explicar els seus grans projectes urbanístic per la cavitat «seguint el model de les coves turístiques franceses» i de que ja disposava del permís d'obres de l'Ajuntament d'Odèn per a fer actuacions a la boca i tancar-la.

Davant d'això es va crear un moviment d'entitats científiques, excursionistes, culturals i esportives que es van adreçar a l'alcalde d'Odèn alertant del perill que suposaria per aquest important patrimoni geològic fer-lo turístic i demanant a l'ajuntament que el protegís.Entre moltes altres entitats, la UFEC, en nom de les 68 federacions esportives de Catalunya que representa, Glackma, amb Adolfo Eraso en cap, i la SEDECK.

I aquell mateix any 2013, amb el suport d'aquestes entitats i altres que s'hi van afegir, es prenia la decisió de crear la Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn. La Comissió va néixer sota el paraigües de l'associació Sarawak. Exploracions i Geografia; al cap de poc es va integrar a la Federació Catalana d'Espeleologia i, finalment, el 2016, va passar a ser una entitat amb identitat pròpia enregistrada a la Generalitat de Catalunya.

Entre els objectius de la Comissió: conservar aquest important fenomen kàrstic com Patrimoni Geològic, històric i cultural que és

surgió tras años de conflictos con el nuevo propietario del terreno. Nunca, antes, los había habido, ni para acceder a la cavidad ni para explorarla. Pero a partir del cambio de titularidad del terreno comenzaron a aparecer carteles prohibiendo el acceso a la sima, cámaras de video vigilancia y plafones publicitarios con información errónea, al tiempo que el propietario del terreno se hacía cargo del control de las visitas, en medio de discusiones con los espeleólogos y con la propia Federación Catalana de Espeleología. En la web del negocio de turismo rural del nuevo propietario del terreno aparecía el anuncio de que la sima era «para sus clientes», es decir, para los espeleólogos que le hacían gasto.

El punto de inflexión que hizo saltar todas las alarmas fue cuando, en 2013, explicó sus grandes proyectos urbanístico para la cavidad «siguiendo el modelo de las cuevas turísticas francesas» y de que ya disponía del permiso de obras del Ayuntamiento de Odèn para hacer actuaciones en la boca y cerrarla.

Ante este hecho se creó un movimiento de entidades científicas, excursionistas culturales y deportivas que se dirigieron al alcalde de Odèn alertando del peligro que supondría para este importante patrimonio geológico hacerlo turístico y pidiendo al ayuntamiento que lo protegiese. Entre muchas otras entidades, la UFEC en nombre de las 68 federaciones deportivas de Cataluña que representa, Glackma, con Adolfo Eraso en cabeza, y la SEDECK.

Y aquel mismo año 2013, con el apoyo de estas entidades y de otras que se añadieron se tomaba la decisión de crear la *Comissió per a la Protecció de*

Figura 9. El cabalgamiento del Puig Subirà sobre la Roca de Canalda, muralla conglomerática que preside el pueblo que le da nombre, visto desde el Forat Negre (Torrent de la Perdiu).

Figura 10. Els conglomerats del Clot de Vilamala, des del Revolt de Fenerals, un dels punts d'interès del futur Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu.

Figure 10. The conglomerates of the Clot de Vilamala, from the Revolt de Fenerals, one of the points of interest in the future Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu.

de tots; divulgar la seva importància i vetllar perquè tothom pugui seguir gaudint del conjunt d'atractius paisatgístics i geogràfics de l'entorn; assegurar, ara i en el futur, l'exploració i estudi de l'avenc per part d'espeleòlegs, experts i científics, així com donar a conèixer al públic en general aquest patrimoni geològic; protegir-lo d'agressions de qualsevol mena; crea un fons documental que acrediti la seva història i eviti errors i confusions; treballar conjuntament amb institucions, entitats i la gent del territori per a contribuir al coneixement de l'Alt Solsonès, del karst i la seva geobiodiversitat, així com donar suport a projectes que potenciïn aquests valors, com ara el del futur Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu, que impulsa el Dr. Josep Mª Mata-Perelló, president de la Comissió i de la Societat Internacional de Geologia y Mineria per al desenvolupament i gestió del territori (Fig. 10).

Un dels primers objectius que es va proposar la Comissió va ser documentar el camí que va a l'avenc, tradicionalment seguit pels espeleòlegs, i demostrar que era un Camí Ral (Camí Ral de Baix), de manera que amb això s'assegurava l'accés a la cavitat (Ubach-Tarrés & Lloret-Prieto, 2015).

En aquesta tasca hi van participar de manera entusiasta la gent del territori, que sempre han considerat l'avenc com un patrimoni de tots. Una de les persones que més va

Figura 10. Los conglomerados del Clot de Vilamala, desde el Revolt de Fenerals, uno de los puntos de interés del futuro Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu.

l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn.

La *Comissió* nació bajo el paraguas de la asociación Sarawak. Exploracions i Geografia; posteriormente se integró en la Federación Catalana de Espeleología y, finalmente, en 2016, pasó a ser una entidad con identidad propia registrada en la Generalitat de Catalunya.

Entre los objetivos de la *Comissió*: conservar este importante fenómeno kárstico como Patrimonio Geológico, histórico y cultural que es de todos; divulgar su importancia y velar para que todo el mundo pueda seguir disfrutando del conjunto de atractivos paisajísticos y geográficos del entorno; asegurar, ahora y en el futuro, la exploración y estudio de la sima por parte de espeleólogos, expertos y científicos, así como dar a conocer al público en general este patrimonio geológico; protegerlo de agresiones de cualquier tipo; crear un fondo documental que acredite su historia y evite errores y confusiones; trabajar conjuntamente con instituciones, entidades y la gente del territorio para contribuir al conocimiento del Alt Solsonès, del karst y su geobiodiversidad, así como apoyar proyectos que potencien estos valores, como el del futuro *Parc Geològic i Miner Contraforts del Pirineu*, que impulsa el Dr. Josep Mª Mata-Perelló, presidente de la *Comissió* y de la Sociedad Internacional de Geología y minería para el desarrollo y gestión del territorio (Fig. 10).

Uno de los primeros objetivos de la *Comissió* fue documentar el camino que conduce a la sima, tradicionalmente seguido por los espeleólogos, y

Figura 11. El projecte Francesc Español inclou la recerca d'invertebrats a càrrec de membres de la Comissió i de l'Associació Catalana de Bioespeleologia-BIOSP i el seguiment de quiròpters (sense captura) dirigit per biòlegs del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya - Grup de Natura del Solsonès.

Figure 11. The Francesc Español project includes invertebrate research by members of the Commission and the Associació Catalana de Bioespeleologia-BIOSP and chiropteran monitoring (without trapping) led by biologists from the Centre Tecnològic Forestal de Catalunya - Grup de Natura del Solsonès.

col·laborar en aquest treball va ser Ramon Pujantell, el pastor que el 1963 va ajudar als espeleòlegs a trobar la boca de la cavitat, fill de Cavallera Baixa -on pertany la finca on hi ha l'avenc- i oncle de l'actual propietari del terreny (Ferrer-Rico & Ubach-Tarrés, 2016).

Una de les iniciatives a destacar de la Comissió va ser la creació, el 2015, del Projecte Francesc Español de recerca bioespeleològica, amb l'autorització expressa del Servei de Fauna i Flora de la Generalitat de Catalunya. A partir d'aquell moment, amb el suport de la Generalitat, la Comissió coordina l'estudi científic de la cavitat, registre les visites i les publica al calendari oficial com un servei als Clubs (Fig.11). El Projecte Francesc Español, de llarga durada, segueix vigent i s'ha anat ampliant a les altres cavitats del Solsonès i de les comarques veïnes del Berguedà i l'Alt Urgell. Ja no hi ha restriccions ni impediments pels espeleòlegs i científics per anar a l'avenc Montserrat Ubach.

El paper de la Generalitat a l'hora de reconèixer la importància geològica de l'avenc i assegurar el seu estudi i exploració ha estat important. De bon principi, fent treure al propietari del terreny cartells sobre prohibicions i recordant-li la importància

demostrar que era un camino Real (Camí Ral de Baix), de manera que con ello se aseguraba el acceso a la cavidad. (Ubach-Tarrés & Lloret-Prieto, 2015).

En esta tarea participaron de manera entusiasta la gente del territorio, que siempre han considerado la sima como un patrimonio de todos. Una de las personas que más colaboró en este trabajo fue Ramon Pujantell, el pastor que en 1963 ayudó a los espeleólogos a encontrar la boca de la cavidad, hijo de Cavallera Baixa, -donde pertenece la finca donde está la sima- y tío del actual propietario del terreno (Ferrer-Rico & Ubach-Tarrés, 2016).

Una de las iniciativas a destacar de la *Comissió* fue la creación, en 2015, del *Projecte Francesc Español de Recerca Bioespeleològica*, con la autorización expresa del *Servei de Fauna i Flora de la Generalitat de Catalunya*. A partir de aquel momento, con el apoyo de la Generalitat, la Comissió coordina el estudio científico de la cavidad, registra las visitas y las publica en el calendario oficial como un servicio a los Clubs de espeleologia y demás especialistas (Fig.11). El Proyecto Francesc Español, de larga duración, sigue vigente y se ha ido ampliando a las otras cavidades subterráneas del Solsonès y de las comarcas vecinas del Berguedà i el Alto Urgel. Ya no hay restricciones ni impedimentos para los espeleólogos y científicos que quieren visitar la sima Montserrat Ubach.

El papel de la Generalitat a la hora de reconocer la importancia geológica de la sima y asegurar su estudio y exploración ha sido importante. Desde un principio, haciendo retirar al propietario del terreno carteles sobre prohibiciones y recordándole

Figura 11. El proyecto Francesc Español incluye la investigación de invertebrados, a cargo de miembros de la Comissió y de la Associació Catalana de Bioespeleologia-BIOSP y el seguimiento de quirópteros (sin captura) dirigido por biólogos del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya - Grup de Natura del Solsonès.

Figura 12. Simposi de Conglomerats i Geoturisme del Solsonès (2015) celebrat al poblet de Canalda (Odèn) pròxim a l'avenc, organitzat per la Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn, conjuntament amb la Comissió Cultural de Canalda 1.100 anys.

Figure 12. Symposium on Conglomerates and Geotourism in Solsonès (2015) held in the village of Canalda (Odèn) near the shaft, organized by the Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn, together with the Comissió Cultural de Canalda 1.100 anys.

d'aquesta cavitat subterrània i, finalment, el 2019, declarant l'avenc Montserrat Ubach Espai d'Interès Geològic de Catalunya, la màxima distinció que dóna el govern al patrimoni geològic català i que se suma a les mesures de protecció. És l'únic avenc de Catalunya que té aquest reconeixement i el tercer geòtop del Solsonès, junt les famoses Discordances Progressives de Sant Llorenç de Morunys, descrites per Oriol Riba el 1973, i l'anticlinal d'Oliana, que comparteix amb l'Alt Urgell.

Seguint els seus objectius, la Comissió treballa amb la gent del territori organitzant activitats i actes amb l'avenc com eix aglutinador. A destacar l'organització, el 2015, del Simposi de Conglomerats i Geoturisme del Solsonès (Sarawak. Exploracions i Geografia, 2015), que va tenir lloc a Canalda amb la participació de més de 100 persones (Fig. 12); l'edició de llibres sobre l'avenc Montserrat Ubach i l'itinerari geològic dels seu entorn (Lloret-Prieto & Ubach-Tarrés, 2017); l'acte de reconeixement a Ramon Pujantell, dedicant-

Figura 12. Simposio de Conglomerados y Geoturismo del Solsonès (2015) celebrado en el pueblecito de Canalda (Odèn) cercano a la sima, organizado por la Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn, conjuntament con la Comissió Cultural de Canalda 1.100 anys.

la importancia de esta cavidad subterránea y, finalmente, en 2019, declarando el Montserrat Ubach *Espai d'Interès Geològic de Catalunya*, la máxima distinción que da el gobierno al patrimonio geológico catalán y que se suma a las medidas de protección. Es la única sima de Cataluña que tiene este reconocimiento y el tercer geotopo declarado del Solsonès, junto a las famosas *Discordances Progressives de Sant Llorenç de Morunys*, descritas por Oriol Riba en 1973, y el anticlinal de Oliana, que comparte con l'Alt Urgell.

Siguiendo sus objetivos, la *Comissió* trabaja con la gente del territorio organizando actividades y actos con la sima como protagonista. A destacar la organización, en 2015, del *Simposi de Conglomerats i Geoturisme del Solsonès* que tuvo lugar en Canalda con la participación de más de 100 personas (Fig. 12); la edición de libros sobre la sima Montserrat Ubach y el itinerario geológico de su entorno (Lloret-Prieto & Ubach-Tarrés, 2017); el acto de reconocimiento a Ramon Pujantell, dedicándole la salita superior de la cavidad con el nombre Cambra Ramon de Cavallera; o celebraciones de aniversario de su descubrimiento dentro de los actos de fiestas mayores de Canalda y Solsona. En todos los casos con la valiosa colaboración de la *Comissió Cultural de Canalda 1.100 anys*, motor de dinamización cultural del municipio.

Durante estos 10 años, la participación de los geólogos defendiendo este patrimonio geológico ha contribuido a su protección. En uno de sus artículos el Dr. Josep Maria Mata-Perelló consideraba que cuando un fenómeno geológico tenía la importancia y la categoría de la sima Montserrat Ubach pasaba

li la saleta superior de l'avenc amb el nom Cambra Ramon de Cavallera; o celebracions d'aniversari de la seva descoberta dins els actes de festes majors de Canalda i Solsona. En tots els casos amb la valuosa col·laboració de la Comissió Cultural de Canalda 1.100 anys, motor de dinamització cultural del municipi.

Durant aquests 10 anys, la participació dels geòlegs defensant aquest patrimoni geològic ha contribuït a la seva protecció. El Dr. Josep Maria Mata-Perelló, en un dels seus articles, considerava que quan un fenomen geològic tenia la importància i la categoria de l'avenc Montserrat Ubach passava a ser Patrimoni Geològic i també Patrimoni Natural en funció de la comunitat d'éssers vius que hi viuen, objecte d'estudi científic. També li donava la categoria de Patrimoni Cultural en funció de la seva història. I acabava l'escrit fent la pregunta: de qui són els avencs? i, en base a les legislacions existents concloïa de que «no són béns particulars sinó béns estatals o nacionals» i que aquest era el cas de l'avenc Montserrat Ubach.

Cada avenc i cova a protegir té la seva pròpia singularitat. La figura de protecció que s'ha creat per l'avenc Montserrat Ubach -sense precedents, si més no a Catalunya- segurament no es pot extrapolar a altres cavitats. Però no deixa de ser un model a tenir en compte.

BIBLIOGRAFÍA

Cardona, F. (2015). Carstificació en conglomerats. Principals coves i avencs del Solsonès. L'avenc Montserrat Ubach, descripció i espeleogènesi. Simposi de conglomerats i geoturisme del Solsonès. Sarawak, 33-42.

Martínez, A., & Vilella, L. (1999). La estructura tectónica de las hojas MAGNA: 215, 216, 217,253, 254, 255, 291, 292, 293. Informe inédito. Institut Geològic de Catalunya.

Martínez, A. (2020). Geotop 171. Inventari d'espais d'interès geològic de Catalunya. Departament de Medi Ambient de la Generalitat.

Mata-Perelló, J.M. (2015). De Vilamala a Cambrils. Principals punts d'interès geodidàctic i patrimonial. Proposta de Parc Geològic del Solsonès-Alt Urgell (termes Odèn-Alinyà). Sarawak. Exploración i Geografia (Eds). Actes del Simposi de Conglomerats i Geoturisme del Solsonès. Canalda (Odèn).

Ubach-Tarrés, M., & Lloret-Prieto, J. (2014). Documentació del camí Ral de Baix (Canalda, el Solsonès). Comissió Cultural Canalda 1.100 anys (Eds). Monogràfic Caminada Canalda. Odèn. Entre comunals i masos aïllats.

Ferrer-Rico, V., & Ubach-Tarrés, M. (2016). Llibre, Avenc Montserrat Ubach (Odèn, Lleida). Ferrer, V. (Eds). Sèrie Coves i avencs en conglomerats, 2.

Lloret-Prieto J., & Ubach-Tarrés, M. (2017). Llibre, Ruta Geològica de l'avenc Montserrat Ubach i la Roca de Canada. Comissió per a la Protecció de l'avenc Montserrat Ubach i l'entorn (Eds.).

a ser Patrimonio Geológico y también Patrimonio Natural en función de la comunidad de seres vivos que viven en él, objeto de estudio científico. También le atribuía la categoría de Patrimonio Cultural en función de su historia. Y terminaba el escrito haciendo la pregunta: ¿de quiénes son las cavidades subterráneas? y, en base a las legislaciones existentes concluía que «no son bienes particulares sino bienes estatales o nacionales» y que este era el caso de sima Montserrat Ubach.

Cada cavidad subterránea a proteger tiene su propia singularidad. La figura de protección que se ha creado para la sima Montserrat Ubach -sin precedentes, cuando menos en Cataluña- seguramente no se puede extrapolar a otras cavidades. Pero no deja de ser un modelo a tener en cuenta.

9 L'Espluga de Francolí, un poble i una cova

L'Espluga de Francolí, un pueblo y una cueva

L'Espluga de Francolí, a town and a cave

Miquel Bosch i Serra[1].

1 *Màster en Arquitectura Superior (mbosch@coac.net). Equip de Recerques Espeleològiques del Centre Excursionista de Catalunya (ERE del CEC), Institut Català d'Espeleologia i Ciències del Karst (ICEK), Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst (SEDECK), Federació Catalana d'Espeleologia (FCE).*

Resum

La cova de l'Espluga de Francolí, al municipi de L'Espluga de Francolí (Conca de Barberà, Tarragona), també coneguda com a cova «de les Aigües», cova del Francolí, cova de la «Font Major» i coves de l'Espluga (en plural) és una important cavitat, excavada en conglomerats carbonàtics i situada sota el nucli urbà de la població. És un dels millors exemples mundials de carst urbà. El seu recorregut topografiat és de 3.590 m i per ella circula un riu subterrani.

Resumen

La cueva de l'Espluga de Francolí, en el municipio de L'Espluga de Francolí (Conca de Barberà, Tarragona), también conocida como cueva «de les Aigües», cueva del Francolí, cueva de la «Font Major» y cuevas de l'Espluga (en plural) es una importante cavidad, excavada en conglomerados carbonatados y situada bajo el casco urbano de la población. Es uno de los mejores ejemplos mundiales de karst urbano. Su recorrido topografiado es de 3.590 m y por ella circula un río subterráneo.

Abstract

Espluga Cave at L'Espluga de Francolí town (Conca de Barberà, Tarragona), also known as cave «de les Aigües», Francolí cave, «Font Major» cave and l'Espluga caves (plural), is an important cave located in carbonated conglomerates and is located just under the village centre. It is one of the best worldwide examples of urban karst. It is 3,590 m long and an underground river flows along it.

Paraules clau: Carst a Catalunya, Espluga de Francolí, Font Major, Poblet, Conglomerats, Carst urbà, Topografía de coves, Historia de l'espeleologia, Historia del espeleobusseig, ERE del CEC.

Palabras clave: Karst en Cataluña, Espluga de Francolí, Font Major, Poblet, Conglomerados, Karst urbano, Topografía de cuevas, Historia de la espeleología, Historia del espeleobuceo, ERE del CEC.

Key words: Karst in Catalonia, Espluga de Francolí, Poblet, Conglomerates, Urban karst, Cave surveying, Speleology history, Cave diving history, ERE del CEC.

INTRODUCCIÓ

Els éssers humans han conegut i ocupat la «Cova de l'Espluga de Francolí» des de la prehistòria, en època paleolítica. Els descobriments arqueològics i paleontològics realitzats en el seu interior en donen testimoni.

L'obturació total de la seva boca original va provocar que la mateixa població de L'Espluga, filla de la cova, de l'aigua que corre al seu interior i de la «Font Major», on es produeix la surgència del riu subterrani, oblidés totalment la seva existència.

Tanmateix, l'escut històric de L'Espluga de Francolí, l'escut d'algunes de les seves institucions més destacades i l'actual escut oficial del municipi, recullen sempre el mateix motiu: Tres torres, o un castell amb tres torres, sobre una muntanya, al peu de qual s'obre una cova de la que sorgeix un riu.

Figura 1. Escut tradicional de la població de l'Espluga de Francolí. Escut del «Casal de L'Espluga». Escut actual de l'Espluga de Francolí (d'esquerra a dreta).

Figure 1. L'Espluga de Francolí town traditional coat of arms. «Casal de l'Espluga» emblem. Current coat of arms of l'Espluga de Francolí town (from left to right).

UNA MICA D'HISTÒRIA «MODERNA» I HISTÒRIA ESPELEOLÒGICA

Segle XIX

Abans del 1853: Es produeix el re-descobriment de la «Cova de l'Espluga de Francolí», quan els propietaris d'una finca al carrer «Sant Antoni», situada a la zona antiga del nucli urbà, excaven, al seu pati, el «Pou de Can Palletes». És molt possible que, com a mínim, els propietaris de l'esmentada finca coneguessin l'existència de la cavitat.

21 d'abril de 1853: Tal com consta al llibre d'actes de l'Ajuntament, un grup de, com a mínim nou persones, entren a la cavitat pel «Pou de Can Palletes» i assoleixen una galeria lateral que connecta amb el riu subterrani. En aquesta ocasió exploren part de les galeries seques i part del riu subterrani.

26 d'octubre de 1853: Nova exploració realitzada per dotze persones. S'assoleix una gran sala clàstica, actualment coneguda com a «Sala del Pou de La Biela».

A partir d'aquesta data grups de joves de la localitat van visitar, en diverses ocasions, la «Galeria del Llac» fins a la «Sala de La Biela» i el sifó que hi existeix. Per ajudar-se en la flotabilitat utilitzaven estómacs de xais, lligats pels seus extrems i inflats amb aire. Hem de tenir en compte que a mitjans del segle XIX la major part de la població, i més en una comarca de l'interior, no sabia nedar.

Com a mínim la primera vegada, el capellà de la població va beneir tots els exploradors, ja que no es coneixia el que hi havia sota

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han conocido y ocupado la «Cova de l'Espluga de Francolí» desde la prehistoria, en época paleolítica. Los descubrimientos arqueológicos y paleontológicos realizados en su interior dan testimonio de ello.

La obturación total de su boca original provocó que la misma población de L'Espluga, hija de la cueva, del agua que corre en su interior y de la «Font Major», donde se produce la surgencia del río subterráneo, olvidase totalmente su existencia.

Sin embargo, el escudo histórico de L'Espluga de Francolí, el escudo de algunas de sus instituciones más destacadas y el actual escudo oficial del municipio, recogen siempre el mismo motivo: Tres torres, o un castillo con tres torres, sobre una montaña, al pie de la cual se abre una cueva de la que surge un río (Fig. 1).

Figura 1. Escudo tradicional de la población de l'Espluga de Francolí. Escudo del «Casal de l'Espluga». Escudo actual de L'Espluga de Francolí (de izquierda a derecha).

UN POCO DE HISTORIA «MODERNA» E HISTORIA ESPELEOLÓGICA

Siglo XIX

Antes del 1853: Se produce el re-descubrimiento de la «Cova de l'Espluga de Francolí», cuando los propietarios de una finca en la calle «Sant Antoni», situada en la zona antigua del casco urbano, excavan, en su patio, el «Pou de Can Palletes». Es muy posible que, como mínimo, los propietarios de la citada finca conociesen la existencia de la cavidad.

21 de abril de 1853: Tal como consta en el libro de actas del Ayuntamiento, un grupo de, como mínimo,

terra, a partir de la base del pou, i es considerava molt probable que no tornessin. La religió cristiana sempre havia situat sota terra l'Infern...

22-23 de setembre de 1874: Una gran inundació («Aiguat de Santa Tecla») assoleix una alçada de varis metres per sobre de l'actual boca de «La Cova de la Font Major». El nivell màxim està indicat en un baix relleu situat sobre la font adjacent. La crescuda va destruir els ponts de L'Espluga, algunes cases i va provocar 24 víctimes mortals tan sols en aquesta població (Roca, 1990).

1885: L'Ajuntament de L'Espluga excava el «Pou de la Biela», que desemboca al sostre de la gran sala, que posteriorment acaba coneixent-se per aquest nom.

Segle XX

1921-1936: L'any 1921, tres socis comencen a produir «champagne», amb el nom de Francolí, a la «Cova de la Vila». El 1922 s' inicia la seva comercialització. És molt possible que fos en aquesta època quan es va realitzar l'ampliació, mitjançant voladures, de la galeria, situada a la «Cova de la Vila», que dobla la principal al llarg d'alguns metres. Pel que sabem la producció es va interrompre el 1936.

1921: El rei Alfonso XIII visita el «Monestir de Poblet». Amb aquest motiu, l'arquitecte Lluís Domènech i Montaner va escriure un llibre titulat «Historia y arquitectura del Monasterio de Poblet» del qual només coneixem un exemplar que hem pogut consultar als fons reservats de l'ETSAB (UPC) a Barcelona.

En aquest llibre, entre moltes altres coses, es detalla l'origen de les aigües que abasteixen l'esmentat monestir. Segons l'autor del llibre, aquestes són més abundants del costat de l'antiga granja de «La Pena». D'altres procedeixen del riu «Pruners» i de la font de «Nerola», aquesta última utilitzada per al proveïment del monestir. No obstant això, l'aigua potable venia del «venero».

Si entenem el «venero» com la vena d'aigua, és a dir la cova per la qual aquesta circula, es comprendrà perfectament que, el redactor d'aquesta ponència, des dels seus anys d'estudiant universitari i jove espeleòleg, somiï amb assolir, sota el monestir de Poblet, una galeria recorreguda per un riu subterrani en la qual, a les sorres que parcialment l'ompliran, es trobi el capitell d'una columna.

Lluís Domènech dona altres informacions «útils» en la seva obra: «En la plaza de entrada a la clausura había un gran pozo de piedra de talla, muy abundante de agua de buena calidad i diversas pilas, abrevaderos de piedra, obras del abad Guimerá con sus armas (año 1583)» (literal) i també: «Los abades Lerín (1531-1545) y Guimerá (1564-1583) hicieron los abrevaderos exterior e interior, el gran pozo de piedra de la plaza de entrada

nueve personas entra en la cavidad por el «Pou de Can Palletes» y alcanzan una galería lateral que conecta con el río subterráneo. En esa ocasión exploran parte de las galerías secas y parte del río subterráneo.

26 de octubre de 1853: Nueva exploración realizada por doce personas. Se alcanza una gran sala clástica, actualmente conocida como «Sala del Pou de La Biela».

A partir de esa fecha grupos de jóvenes de la localidad visitaron, en diversas ocasiones, la «Galería del Llac» hasta la «Sala de La Biela» y el sifón que allí existe. Para ayudarse en la flotabilidad utilizaban estómagos de corderos, atados por sus extremos e hinchados con aire. Debemos tener en cuenta que a mediados del siglo XIX la mayor parte de la población, y más en una comarca del interior, no sabía nadar.

Como mínimo la primera vez, el capellán de la población bendijo a todos los exploradores, pues no se conocía lo que había bajo tierra, a partir de la base del pozo, y se consideraba muy probable que no regresaran. La religión cristiana siempre había situado bajo tierra el Infierno…

22-23 de septiembre de 1874: Una gran inundación («Aiguat de Santa Tecla») alcanza una altura de varios metros por encima de la actual boca de «La Cova de la Font Major». El nivel máximo está indicado en un bajo relieve situado sobre la fuente adyacente. La crecida destruyó los puentes de L'Espluga, algunas casas y provocó 24 víctimas mortales tan solo en esta población (Roca, 1990).

1885: El Ayuntamiento de La Espluga excava el «Pou de la Biela», que desemboca en el techo de la gran

y la distribución interior o canalización de les aguas por todas la oficinas del Monasterio» (literal).

També comenta l'existència de dues cavitats: la cova «Lardeta», coneguda tradicionalment, i la cova del «Penitente», dedicada a Santa Magdalena i situada prop de la granja de «La Pena» (Domènech, 1921).

Després d'aquesta visita reial, el govern espanyol, declara el monestir com a «Monumento Nacional».

1936-1939: La «Cova dels Moros, dels Lladres o del Castell» va ser utilitzada durant la guerra civil com a refugi pels habitants de les cases properes a la mateixa, especialment després del bombardeig de la població l'1 de gener de 1939 per l'aviació alemanya. Llavors es va arreglar la seva entrada per tal de facilitar-ne un accés més ràpid (Carreres, 1991).

1938: A la «Cova del Quincall o de la Vila», l'exèrcit republicà instal·la un polvorí. A conseqüència de l'avanç de les tropes franquistes i, atesa l'impossibilitat de retirar-ne el contingut, es procedeix a la seva voladura. El soroll de l'explosió va ressonar a tota la Conca de Barberà i 54 construccions de L'Espluga van quedar totalment destruïdes. També es van veure afectats molts altres edificis de la localitat.

Amb posterioritat a la Guerra civil, la mateixa «Galeria del Quincall» s'utilitzà per cultivar xampinyons que es venien tant en fresc com en conserva (Turisme de l' Espluga de Francolí, 2022).

1956: Segons l'informe del Dr. Enrique Ventosa Serra, enginyer industrial, redactat el 15 d'abril de l'any 1971, l'Ajuntament va excavar, un nou pou a la finca de «Can Biela» per abastir d'aigua el poble. Aquest va complir la seva finalitat, i va servir per millorar l'abastiment d'aigua a la població. A la seva base es van excavar uns metres de galeria de mina.

Actualment anomenem el pou preexistent com a «Pou de la Sala de La Biela» per així distingir-lo, amb més claredat, del nou pou, conegut com a «Pou de l'Ajuntament» i d'altres pous propers.

Segurament, el fet que aquest nou pou no contactés, aleshores, amb les galeries de la cavitat justifica que no se'n faci referència en la bibliografia espeleològica de l'època.

25 d'agost de 1956: Es realitza la primera exploració espeleològica de la cova. El grup estava format per Josep Castell Sabater (qui poc després es va afilar a l'ERE del CEC), Miguel Fernández, Salvador Pallarés, Salvador Lladó i Antonio Mesalles (qui va dibuixar «en net» la versió definitiva de la topografia el 1957). Tots ells pertanyien, en aquell moment, al C. E. Pirenaic (Barcelona). Alguns veïns de la localitat els van acompanyar en aquesta incursió. En aquella primera exploració recorren les parts

sala, que posteriormente acaba conociéndose por este nombre.

Siglo XX

1921-1936: En el año 1921, tres socios comienzan a producir «champagne», con el nombre de Francolí, en la «Cova de la Vila». En 1922 se inicia su comercialización. Es muy posible que fuese en esta época cuando se realizó la ampliación, mediante voladuras, de la galería, situada en la «Cova de la Vila», que dobla a la principal a lo largo de algunos metros. Por lo que sabemos la producción se interrumpió en 1936.

1921: El rey Alfonso XIII visita el «Monestir de Poblet». Con dicho motivo, el arquitecto Lluís Domènech i Montaner escribió un libro titulado «Historia y arquitectura del Monasterio de Poblet» del que solo conocemos un ejemplar que hemos podido consultar en los fondos reservados de la ETSAB (UPC) en Barcelona.

En este libro, entre otras muchas cosas, se detalla el origen de las aguas que abastecen al citado monasterio. Según el autor del libro, estas son más abundantes del lado de la antigua granja de «La Pena». Otras proceden del río «Pruners» y de la fuente de «Nerola», esta última utilizada para el abastecimiento del monasterio. Sin embargo, el agua potable venía del «venero».

Si entendemos el «venero» como la vena de agua, es decir la cueva por la que ésta circula, se comprenderá perfectamente que, el redactor de esta ponencia, desde sus años de estudiante universitario y joven espeleólogo, sueñe con alcanzar, bajo el monasterio de Poblet, una galería recorrida por un río subterráneo en la que, en las

Figura 2. Descens a la cova pel «Pou de l'Ajuntament» (Arxiu ERE).

Figure 2. Descent to the cave down «Pou de l'Ajuntament» (ERE archive).

ja conegudes de la cova fins al sifó de la «Sala de la Biela», que no van poder superar. També recorren part de la zona actualment anomenada «Diàclasis del Riu» i una part important de les galeries seques de la cavitat.

Algunes setmanes més tard (29 de setembre): També exploren una part de la galeria que des de la zona de «Can Palletes» es dirigeix a les actuals boques de la cavitat. En aquella ocasió o en les següents exploracions que van realitzar el 8 i 9 de desembre del mateix any, segueixen la galeria principal en direcció NE, fins a «debajo de la carretera, siendo oídas perfectamente las pisadas de los animales de tiro» (literal). Aquestes indicacions, juntament amb la topografia que es va iniciar en aquelles dates, els van portar a deduir l'existència de l'actual entrada principal, taponada durant segles. En alguna d'aquestes exploracions van visitar la «Cova d'en Vendrell», on en aquells anys es cultivaven xampinyons (Autor Anònim, 1957a; Autor Anònim, 1957b; Castell, 1957).

17 de gener de 1957: En base a la informació proporcionada per Josep Castell i els seus companys, les brigades de l'Ajuntament excaven, extreuen sediments i obren l'actual entrada principal a la Cova. En els mesos següents, els treballadors municipals, i segurament d'altres, continuen excavant a l'interior de la mateixa i retiren nombrosos carros plens dels sediments que estaven dipositats en el sector inicial de la cavitat. Segons algunes fonts en aquest buidatge també s'utilitzen camions i tractors. La galeria inicial es buida de bona part del seu rebliment, que assolia fins a 2 m d'alçada sobre el nivell actual del sòl.

1957: En data que no hem pogut precisar més, Antoni Ballester i Nolla, president de l'ERE del CEC, des de la seva fundació fins a l'any 1954 i membre del mateix fins a dates molt posteriors, realitza una primera exploració del sifó situat a la «Sala de La Biela» on avança uns 50 m sense aconseguir

Figura 2. Descenso a la cueva por el «Pou de l'Ajuntament» (Archivo ERE).

arenas que parcialmente la rellenaran, se encuentre el capitel de una columna.

Lluís Domènech da otras informaciones «útiles» en su obra: «En la plaza de entrada a la clausura había un gran pozo de piedra de talla, muy abundante de agua de buena calidad y diversas pilas, abrevaderos de piedra, obras del abad Guimerá con sus armas (año 1583)» (literal) y también: «Los abades Lerín (1531-1545) y Guimerá (1564-1583) hicieron los abrevaderos exterior e interior, el gran pozo de piedra de la plaza de entrada y la distribución interior o canalización de las aguas por todas las oficinas del monasterio» (literal).

También comenta la existencia de dos cavidades: la cueva «Lardeta», conocida tradicionalmente, y la cueva del «Penitente», dedicada a Santa Magdalena y situada cerca de la granja de «La Pena» (Domènech, 1921).

Tras esta visita real, el gobierno español declara el monasterio como «Monumento Nacional».

1936-1939: La «Cova dels Moros, dels Lladres o del Castell» fue utilizada durante la guerra civil como refugio por los habitantes de las casas cercanas a la misma, especialmente después del bombardeo de la población el 1 de enero de 1939 por la aviación alemana. Entonces se arregló su entrada a fin de facilitar un acceso más rápido a la misma.

1938: En la «Cova del Quincall o de la Vila», el ejército republicano instala un polvorín. A consecuencia del avance de las tropas franquistas y, dada la imposibilidad de retirar su contenido, se procede a su voladura. El estruendo de la explosión resonó en toda la Conca de Barberà y 54 construcciones de L'Espluga quedaron totalmente destruidas. También se vieron afectados

superar-lo. Per a això utilitza una escafandre autònoma, poc més evolucionada que les inventades, el juny de 1943, per Jacques-Yves Cousteau, el mític comandant Cousteau, i l'enginyer Émile Gagnan, tots dos francesos.

17 de març de 1957: Tot i que en altres fonts consta que va ser el mes d'abril, Diego Ciuraneta Franch de la «Societat d'Exploracions Submarines (SES)» de Tarragona, va recórrer 150 m de galeries inundades (?) i va superar el sifó de la «Sala de La Biela». Per això va utilitzar un equip que no hem pogut determinar amb absoluta seguretat. Tanmateix, com consta en gran part de la bibliografia existent, i de manera molt clara en la publicada per la mateixa SES de Tarragona, sembla que va fer servir un narguil.

En una foto de l'època s'observa perfectament com es baixa (o puja) un bibotella lligat a una corda a través del «Pou de La Biela». En aquesta fotografia es veu que, en l'esmentat pou, està instal·lada una escala de mà. Coneixem una altra fotografia en què es pot veure el bussejador parcialment submergit a la pileta d'entrada al sifó. En ella l'escafandrista queda, en part ocult, per tres persones, vestides de paisà. Possiblement són alguns dels seus companys i/o veïns de la població, que haurien portat el material des de la base del pou fins aquell lloc. Pel que s'observa de l'equip que porta l'escafandrista aquest podria ser, perfectament, un narguil.

De qualsevol manera, tot sembla indicar que el bussejador va superar el sifó i, a l'altra banda d'aquest, va descobrir una gran galeria inundada. No consta que iniciés l'exploració de la mateixa.

En aquelles dates, la SES disposava d'un únic equip bibotella d'escafandre autònoma, comprat amb posterioritat al 10 de maig de 1956, en què es va acordar la seva adquisició. El SES, en els seus començaments, havia rebut les primeres lliçons teòriques, el 7 de setembre de l'any 1955, d'Antoni Ballester i Nolla (ERE del CEC). Els dies següents (8 i 15 de setembre) es realitzen les primeres pràctiques d'immersió al mar, amb els equips que s'havien portat expressament des de Barcelona, sota la direcció d'Antoni Ballester, Arnau Miró i Francesc Sibila (tots membres de l'ERE del CEC). En finalitzar aquest curs, els 18 alumnes van obtenir el corresponent títol d'escafandrista (Autors Varis, 2005).

11 de maig de 1957: Lluís Pericot García, «Delegado de Zona de Excavaciones Arqueológicas», el Dr. Salvador Vilaseca, «Comisario Provincial de Excavaciones», l'alcalde de L'Espluga, Josep Rendé, amb alguns altres regidors de l'esmentada corporació, i Lluís Carulla i Canals, fill de la localitat i mecenes de gran part de les iniciatives que posteriorment es desenvoluparien a la població, visiten la «Cova de l'Espluga» i defineixen les bases per al seu estudi arqueològic.

Lluís Pericot va autoritzar al Dr. Salvador Vilaseca la realització d'excavacions

otros muchos edificios de la localidad.

Con posterioridad a la Guerra civil, la misma «Galería del Quincall» se utilizó para cultivar champiñones que se vendían tanto en fresco como en conserva.

1956: Según el informe del Dr. Enrique Ventosa Serra, ingeniero industrial, redactado el 15 de abril del año 1971, el Ayuntamiento excavó, un nuevo pozo en la finca de «Can Biela» para abastecer de agua al pueblo. Este cumplió su cometido, y sirvió para mejorar el abastecimiento de agua a la población. En su base se excavaron unos metros de galería de mina.

Actualmente denominamos al pozo preexistente como «Pou de la Sala de La Biela» para así distinguirlo, con mayor claridad, del nuevo pozo, conocido como «Pou de l'Ajuntament» y de otros pozos cercanos (Fig. 2).

Seguramente, el hecho de que este nuevo pozo no contactase, entonces, con las galerías de la cavidad justifica que no se haga referencia a él en la bibliografía espeleológica de la época.

25 de agosto de 1956: Se realiza la primera exploración espeleológica de la cueva. El grupo estaba formado por Josep Castell Sabater (quien poco después se afilió al ERE del CEC), Miguel Fernández, Salvador Pallarés, Salvador Lladó y Antonio Mesalles (quien dibujó «en limpio» la versión definitiva de la topografía en 1957). Todos ellos pertenecían, en aquel momento, al C. E. Pirenaic (Barcelona). Algunos vecinos de la localidad los acompañaron en dicha incursión. En aquella primera exploración recorren las partes ya conocidas de la cueva hasta el sifón de la «Sala de la Biela», que no pudieron superar. También recorren parte de la zona actualmente

arqueològiques. En un primer moment Vilaseca va recollir materials entre els sediments extrets de la Cova i tirats a la llera del riu Francolí, en va recuperar d'altres en possessió d'alguns dels obrers que havien participat en el buidatge de la galeria principal, i va documentar i excavar part del replè sedimentari que havia quedat al costat de les parets de la Cova.

1957: Poc després, a la zona coneguda com «La Mamella», a la cavitat principal, es descobreixen i documenten un conjunt d'objectes (sis o set, segons les fonts) pertanyents a l'edat del bronze.

Febrer a juny de 1959: El Dr. Vilaseca, juntament amb la seva filla Lluïsa Vilaseca, intenta excavar al principi de la «Galeria del Llac». Aquesta es troba parcialment inundada i els treballs arqueològics es deixen per a una millor ocasió.

Estiu i tardor de 1964: Com cada any, el cabal del riu disminueix de manera important i Vilaseca continua els seus treballs arqueològics a l'inici de la «Galeria del Llac».

En resum, entre 1957 i 1964, Salvador Vilaseca estudia el jaciment paleontològic (de finals de l'edat del bronze) i arqueològic (d'època iberoromana) que es troba a l'interior de la Cova (Vilaseca, 1959; Vilaseca, 1969).

Dècada dels 60: Altres bussejadors de Tarragona, encapçalats pel Dr. Juan Domenech Miró, assessor mèdic de la SES de Tarragona, realitzen noves immersions en el sifó de la «Sala del Pou de La Biela».

21 de gener de 1962: Ramon Canela del GEB (Grup d'Espeleologia de Badalona) realitza una nova immersió en el sifó de «Sala de La Biela», que no supera. L' equip del bussejador està format per un bibotella de circuit obert del tipus Cousteau-Gagnan y «La iluminación subacuática se consiguió con un reflector portátil a pilas secas construido especialmente para la ocasión» (literal) (Canela, 1962).

1964: Alguns espeleòlegs de la SIRE de la «Unió Excursionista de Catalunya» van visitar la «Cova de la Vila», quan estava dedicada al cultiu de xampinyons (SIRE, 1964).

18 de juliol de 1965: Josep Subils i Esteve Petit (ERE del CEC) superen el sifó i exploren uns 300 m de galeries post-sifó fins a una sala amb el sostre baix, on suspenen provisionalment l'avanç. És la segona ocasió a la Península Ibèrica, en què es descobreix i explora una continuació d'importància darrere d'un sifó (D'Espluga, 1965; Bosch, 1987).

Pel que l'autor coneix, la primera vegada va ser el 9 de juliol de 1963 a la cova de la Ubriga (El Vallecillo, Teruel) on l'equip format per Josep Subils i Emili Sabaté (també membre de l'ERE del CEC) va superar, amb

denominada «Diàclasi del Riu» y una parte importante de las galerías secas de la cavidad.

Algunas semanas más tarde (29 de septiembre). También exploran una parte de la galería que desde la zona de «Can Palletes» se dirige a las actuales bocas de la cavidad. En aquella ocasión o en las siguientes exploraciones que realizaron el 8 y 9 de diciembre del mismo año, siguen la galería principal en dirección NE, hasta «debajo de la carretera, siendo oídas perfectamente las pisadas de los animales de tiro» (literal). Estas indicaciones, junto a la topografía que se inició en aquellas fechas, los llevaron a deducir la existencia de la actual entrada principal, taponada durante siglos. En alguna de estas exploraciones visitaron la «Cova d'en Vendrell», donde en esos años se cultivaban champiñones.

17 de enero de 1957: En base a la información proporcionada por Josep Castell y sus compañeros, las brigadas del Ayuntamiento excavan, extraen sedimentos y abren la actual entrada principal a la cueva. En los meses siguientes, los trabajadores municipales, y seguramente otros, continúan excavando en el interior de la misma y retiran numerosos carros llenos de los sedimentos que estaban depositados en el sector inicial de la cavidad. Según algunas fuentes en este vaciado también se utilizan camiones y tractores. La galería inicial se vacía de buena parte de su relleno, que alcanzaba hasta 2 m de altura sobre el nivel actual del suelo.

1957: Antoni Ballester i Nolla, presidente del ERE del CEC, desde su fundación hasta el año 1954 y miembro del mismo hasta fechas muy posteriores, realiza una primera exploración del sifón situado en la «Sala de La Biela» donde avanza unos 50 m sin conseguir superarlo.

escafandres, un sifó i va explorar gairebé mig quilòmetre de galeries emergides (Lloret & Ubach,1983).

La mort de Josep Subils, juntament amb Ferran Godoy, ambdós membres de l'ERE del CEC, poques setmanes després (8 d'agost de 1965), en el sifó terminal de la «Galeria Badalona» de la «Cova de la Fou de Bor» va suspendre les noves exploracions quan ja estava previst tornar a la «Cova de l'Espluga» el següent 22 d'agost.

Segueix un llarg període de temps en què l'avanç de les exploracions espeleològiques a la cova s'aturen, quan ni tan sols s'havien esgotat les possibilitats d'exploració i topografia en el tram anterior al sifó de la «Sala del Pou de La Biela».

Mitjans dels anys 60: L'ERE del CEC realitza un curs de topografia subterrània a la «Cova de l'Espluga de Francolí».

Estiu de 1967: Els senyors Batet, Prats i Joan Calbet Fonoll, membres de la junta del «Casal de l'Espluga», aprofitant que el sifó havia quedat sec durant unes proves de bombament realitzades pel Casal i l'Ajuntament, recorren uns 140 metres de galeries (?), fins a un llac d'una profunditat superior a un metre. L'expedició es va suspendre perquè, quan es va aturar la feina de les bombes, el nivell de l'aigua del sifó va començar a pujar ràpidament i existia el perill de no poder tornar.

1967-1977: A l'interior de la cavitat, es fa un «Pessebre vivent», que, a Catalunya, consisteix en la representació del naixement del nen Jesús. En comptes de figures, es realitza per actors, generalment no professionals i procedents de la població en què es desenvolupa o dels seus voltants. Evidentment s'escenifica en viu i en directe. Durant aquests anys ocupa els primers 200 m, aproximadament, de la cova, en l'anomenada «Galeria del Pessebre» i es visitat per unes 5.000 persones en cada edició (Turisme de L'Espluga de Francolí, 2023).

1971: «El alcalde de la villa (L'Espluga de Francolí) Sr. Antonio Torrents, inició los contactos con los servicios de Ingeniería Industrial de la Diputación Provincial (Tarragona) que presto su colaboración para el estudio correspondiente» (literal). Com a resultat d'aquests contactes es van iniciar els treballs de la Diputació a L'Espluga de Francolí.

26 de març de 1971: Aquell dia es va desplaçar a L'Espluga de Francolí, un equip topogràfic format pel Sr. Ramón Biosca Pallarés i Sr. Juan Marauri Dols, enviat per la Diputació Provincial, els quals acompanyats pel regidor Sr. Miguel Vendrell, aixequen un plànol topogràfic de l'interior de la caverna de la Biela i la seva situació exterior respecte al pou de captació. Les dades recollides permeten, després dels treballs de gabinet,

Para ello utiliza una escafandra autónoma, poco más evolucionada que las inventadas, en junio de 1943, por Jacques-Yves. Cousteau, el mítico comandante Cousteau, y el ingeniero Émile Gagnan, ambos franceses.

17 de marzo de 1957: Aunque en otras fuentes consta que fue en el mes de abril, Diego Ciuraneta Franch de la «Societat d'Exploracions Submarines (SES)» de Tarragona, recorrió 150 m de galerías inundadas (¿?) y superó el sifón de la «Sala de La Biela». Para ello utilizó un equipo que no hemos podido determinar con absoluta seguridad. Sin embargo, como consta en gran parte de la bibliografía existente, y de manera muy clara en la publicada por la propia SES de Tarragona, parece que usó un narguilé.

En una foto de la época se observa perfectamente cómo se baja (o sube) un bibotella atado a una cuerda a través del «Pou de La Biela». En esta fotografía se ve que, en el citado pozo, está instalada una escalera de mano. Conocemos otra fotografía en que se puede ver al buceador parcialmente sumergido en la pileta de entrada al sifón. En ella el escafandrista queda, en parte oculto, por tres personas, vestidas de paisano. Posiblemente son algunos de sus compañeros y/o vecinos de la población, que habrían porteado el material desde la base del pozo hasta aquel lugar. Por lo que se observa del equipo que lleva el escafandrista este podría ser, perfectamente, un narguilé.

De cualquier manera, todo parece indicar que el buceador superó el sifón y, al otro lado de este, descubrió una gran galería inundada. No consta que iniciase la exploración de la misma.

emetre l'informe que s'explica a continuació.

15 d'abril de 1971: «Don Enrique Ventosa Serra, Dr. Ingeniero Industrial, Ingeniero Director de la Sección de Ingeniería Industrial de la Excma. Diputación Provincial de Tarragona, a petición del Excmo. Ayuntamiento de Espluga de Francolí, con relación a la Ampliación de la Captación de Aguas para el Abastecimiento de la Población, emite el siguiente INFORME…»

No hem pogut resistir-nos a la temptació de reproduir de manera literal l'encapçalament de l'informe. Evidentment eren altres temps. Observeu el to general del mateix, l'ús de les majúscules i minúscules i altres característiques pròpies dels informes «oficials» de l'època.

L'esmentat informe, que tanmateix és molt complet, s'acompanya d'un annex amb els preus de les perforacions facilitats per la casa Vergarada S.A. i un plànol topogràfic a escala 1/200 del sector final de la cavitat que, en planta i secció, inclou el «Pou de La Biela», la «Sala de La Biela», el pou d'abastament d'aigües, actualment conegut com a «Pou de l'Ajuntament», la part de la galeria de mina excavada el 1956 i els metres inicials del sifó (Ventosa, 1971a).

En base a aquest informe l'Ajuntament va decidir prolongar la mina ja excavada. Això es va realitzar entre abril i setembre del mateix any i s'aconsegueix assolir la cova en els primers metres del sifó de «La Biela».

3 de setembre de 1971: El mateix equip topogràfic, que va aixecar el plànol del mes de març, va tornar a la cavitat proveït també d'equip fotogràfic. Es recorren i topografien uns 120 m de galeries, aigües amunt del sifó de «La Biela» fins al lloc on «se encontró un pequeño lago de 1,50 m de profundidad aparente, que resultó insalvable por no llevar vestidos apropiados. Se hicieron varias fotografías, todas ellas en color, que se adjuntan en el resumen de los trabajos efectuados» (literal).

El mateix mes, i amb les dades recollides en aquesta darrera expedició, es redacta una memòria, pel mateix Dr. Enrique Ventosa Serra, en què es recopilen i resumeixen tots els treballs realitzats per la Sección de Ingeniería Industrial de la Diputación de Tarragona. Aquest document s'acompanya de dos plànols (planta i seccions) i de dotze fotografies en color, realitzades el 3 de setembre. Malauradament, no s'han pogut recuperar aquestes fotografies. Pel seu evident interès històric, seguim buscant-les i tenim l'esperança d'algun dia localitzar-les (Ventosa, 1971b).

En data no determinada amb exactitud: A petició del «Casal de l'Espluga», una empresa especialitzada, que no hem aconseguit identificar, realitza un estudi geotècnic i hidrogeològic, en els terrenys pertanyents al Casal, a les afores del nucli urbà. S' executen uns sondejos elèctrics verticals mesurant l'augment de les resistivitats aparents pel

En aquellas fechas, la SES disponía de un único equipo bibotella de escafandra autónoma, comprado con posterioridad al 10 de mayo de 1956, en que se acordó su adquisición. El SES, en sus comienzos, había recibido las primeras lecciones teóricas, el 7 de septiembre del año 1955, de Antoni Ballester i Nolla (ERE del CEC). En los días siguientes (8 y 15 de septiembre) se realizan las primeras prácticas de inmersión en el mar, con los equipos que se habían traído expresamente desde Barcelona, bajo la dirección de Antoni Ballester, Arnau Miró y Francesc Sibila (todos miembros del ERE del CEC). Al finalizar este curso, los 18 alumnos obtuvieron el correspondiente título de escafandrista. (Autors Varis, 2005)

11 de mayo de 1957: Lluís Pericot García, «Delegado de Zona de Excavaciones Arqueológicas», el Dr. Salvador Vilaseca, «Comisario Provincial de Excavaciones», el alcalde de L'Espluga, Josep Rendé, con algunos otros regidores de la citada corporación, y Lluís Carulla i Canals, hijo de la localidad y mecenas de gran parte de las iniciativas que posteriormente se desarrollarían en la población, visitan la «Cova de L'Espluga» y sientan las bases para su estudio arqueológico.

Lluís Pericot autorizó al Dr. Salvador Vilaseca la realización de excavaciones arqueológicas. En un primer momento Vilaseca recogió materiales entre los sedimentos extraídos de la cueva y tirados al cauce del rio Francolí, recuperó otros en posesión de algunos de los obreros que habían participado en el vaciado de la galería principal, y documentó y excavó parte del relleno sedimentario que habían quedado junto a las paredes de la cueva.

mètode de Wenner, prop de la «Riera Seca» fins als 40 m de profunditat.

L'estudi conclou que és «muy probable que de los 26 a los 38 m teóricos, exista una buena capa de conglomerados». D'aquella zona s'afirma que «se puede presumir la posibilidad de extraer varios litros por segundo, sin que se afecte directamente al manantial de 'La Biela' y, en consecuencia, a los actuales aprovechamientos derivados del mismo». (Entre cometes els paràgrafs extrets literalment de l'esmentat estudi). Estem segurs que, en l'estudi geotècnic, identificat amb el número 1.190, hi ha més dades, però fins al moment només hem aconseguit recuperar-ne tres pàgines.

Posteriorment el «Casal» realitza una perforació a la zona, que es coneix com a «Pou del Casal». Aquesta té 25,7 m de profunditat total i a 18 m de fondària es troba un nivell d'aigua molt estable. En el moment d'executar-la, el cap de la màquina perforadora va caure de cop 7 m. Això permet suposar que va travessar una cavitat. El Casal va entubar, va col·locar una bomba submergida i, des d'aleshores, extreu una important quantitat d'aigua a través de l'esmentada perforació.

1985: A principis d'aquell any i a través d'un amic de varis dels membres de l'ERE del CEC, es demana a aquest, que realitzi una nova topografia de la cavitat i proporcioni les fotografies i mides necessàries per executar dos diorames destinats al «Museu de la Vida Rural», llavors en construcció (Morta, 1985; Autor Anònim, 1985; Autors Varis, 1989a; Autors Varis, 1989b).

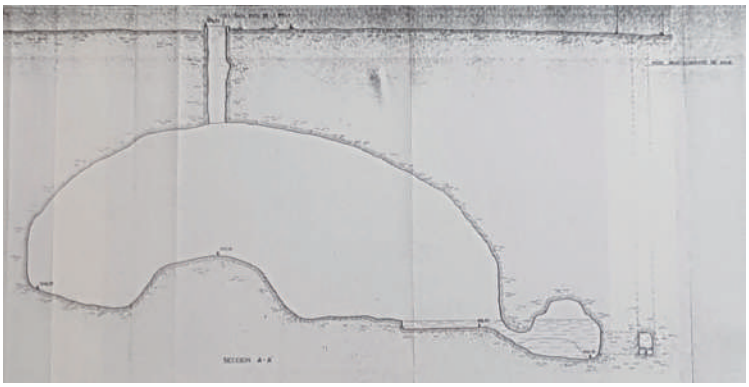


Figura 3. Secció longitudinal pels pous situats a la finca de «La Biela», «Sala del Pou de La Biela» i el seu sifó. (Ventosa, 1971b).

Figure 3. Longitudinal section through the wells located on «La Biela» lands, «Sala del Pou de La Biela» and its sump (Ventosa, 1971b).

Els treballs s'inicien el 23 de febrer i compten amb el suport de l'Ajuntament i del «Casal de l'Espluga de Francolí». Des d'aleshores l'ERE del CEC, reexplora i retografia, fins al mes de juny, i d'una manera exhaustiva el tram comprès entre les boques i el primer sifó, on realitza alguns nous descobriments.

Entre els membres de l'equip figuraven Toni Inglès i Miquel Bosch, com a topògrafs principals, Josep Maria Cervelló, geòleg, i Martí Romero com a coordinador. També hi participen Toni Nubiola, com a fotògraf, i altres socis, entre els quals destaquen Toni Amenós, Montserrat Ubach i Valentí Zapater. Aquests quatre últims també participen en els treballs de topografia.

En aquesta campanya és important destacar la topografia de la «Galeria del Quincall»,

1957: Poco después, en la zona conocida como «La Mamella», en la cavidad principal, se descubren y documentan un conjunto de objetos (seis o siete, según las fuentes) pertenecientes a la edad del bronce.

Febrero a junio de 1959: El Dr. Vilaseca, junto con su hija Lluïsa Vilaseca, intenta excavar al principio de la «Galeria del Llac». Esta se encuentra parcialmente inundada y los trabajos arqueológicos en ella se dejan para una mejor ocasión.

Verano y otoño de 1964: Como cada año, el caudal del río disminuye de manera importante y Vilaseca continua sus trabajos arqueológicos al inicio de la «Galeria del Llac».

En resumen, entre 1957 y 1964, Salvador Vilaseca estudia el yacimiento paleontológico (de finales de la edad del bronce) y arqueológico (de época iberomana) que se encuentra en el interior de la cueva (Vilaseca, 1959; Vilaseca, 1969).

Década de los 60: Otros buceadores de Tarragona, encabezados por el Dr. Juan Domenech Miró, asesor médico de la SES de Tarragona, realizan nuevas inmersiones en el sifón de la «Sala del Pou de La Biela».

21 de enero de 1962: Ramón Canela del GEB (Grupo de Espeleología de Badalona) realiza una nueva inmersión en el sifón de la «Sala de La Biela», que no supera. El equipo del buceador está formado por un bibotella de circuito abierto del tipo Cousteau-Gagnan y «La iluminación subacuática se consiguió con un reflector portátil a pilas secas construido especialmente para la ocasión» (literal) (Canela, 1962).

Figura 3. Sección longitudinal por los pozos situados en la finca de «La Biela», «Sala del Pou de La Biela» y su sifón. (Ventosa, 1971b).

Figura 4. Un equip de l'ERE del CEC preparant-se per superar el sifó de «La Biela». D'esquerra a dreta: V. Zapater, M. Bosch, A. Inglès i A. Amenós (A. Nubiola, 1985).

Figure 4. A caving team from «ERE del CEC» equipping themselves to go through «La Biela» sump. From left to right: V. Zapater, M. Bosch, A. Inglès and A. Amenós (A. Nubiola, 1985).

coneguda des de sempre i inexplicablement no recollida en el plànol de 1957, amb un recorregut proper als 150 m. També ho va ser el descobriment de la galeria batejada com «L'Eixample» pels diversos passos eixamplats i que va aportar 110 m al recorregut total. Com ja s'ha dit, també van ser importants la revisió exhaustiva d'altres sectors, com les «Gatoneres del Francolí» que van passar de 85 a 240 m, les galeries de Can Palletes (de 90 a 160 m) i les Diàclasis del Riu (de 200 a 275 m).

En el curs dels treballs, s'exploren i topografien dos altres cavitats, com la «Cova dels Moros, dels Lladres o del Castell» que, amb 130 m de galeries, era totalment desconeguda en els ambients espeleològics fins aquell any.

També es topografien les galeries a les quals s'accedeix aixecant la pesada reixa que tanca «La Font Major», al costat del safareig públic edificat el 1904. En ella tan sols s'avancen 36 m. Totes les cavitats citades se situen sobre el plànol 1/2.000 de la població per així poder estudiar la seva relació.

14 de setembre de 1985: L'ERE del CEC supera el sifó terminal de la «Sala del Pou de La Biela» (S-1), assolint noves galeries post-sifó. Totes elles són verges excepte els 300 metres explorats l'any 1965 per espeleobussejadors del mateix equip. Per accedir al tram post-sifó s'aprofita la pertinaç sequera, des de principis de juliol només havia plogut a la població de L'Espluga un total de 12,5 l/m^2, i s'utilitzen bombes de gran potència. Això no evita que els exploradors hagin de caminar, arrossegar-se i nedar en galeries en què l'aigua omple quasi totalment la secció.

Aquestes exploracions post-sifó es repeteixen dues vegades més i permeten explorar i topografiar més d'un quilòmetre de galeries fins a un nou sifó terminal (S-2) al final de la «Galeria Carulla», en el sector conegut com «La Maranya». Cal destacar la confluència del »Afluent del Casal» amb la «Galeria ERE». Aquesta trobada es produeix pocs metres per sota dels fonaments de l'edifici del «Casal de l'Espluga» i des de la cova s'escoltava amb claredat la música procedent de la discoteca «Sínia», que ocupava els subterranis de la construcció.

1 de desembre de 1985: 38 membres de l'ERE del CEC realitzen la «travessia» des del

Figura 4. Un equipo del ERE del CEC preparándose para superar en sifón de «La Biela». De izquierda a derecha: V. Zapater, M. Bosch, A. Inglès y A. Amenós (A. Nubiola, 1985).

1964: Algunos espeleólogos de la SIRE de la «Unió Excursionista de Catalunya» visitaron la «Cova de la Vila», cuando estaba dedicada al cultivo de champiñones (SIRE, 1964).

18 de julio de 1965: Josep Subils y Esteve Petit (ERE del CEC) superan el sifón y exploran unos 300 m de galerías post-sifón hasta una sala con el techo bajo, donde suspenden provisionalmente el avance. Es la segunda ocasión en la Península Ibérica, en que se descubre y explora una continuación de importancia detrás de un sifón (Bosch, 1987).

Por lo que el autor conoce, la primera vez fue el 9 de julio de 1963 en la cueva de la Ubriga (El Vallecillo, Teruel) donde el equipo formado por Josep Subils y Emili Sabaté (también miembro del ERE del CEC) superó, con escafandras, un sifón y exploró casi medio kilómetro de galerías emergidas (Lloret & Ubach,1983).

La muerte de Josep Subils, junto Ferran Godoy, ambos miembros del ERE del CEC, pocas semanas después (8 de agosto de 1965), en el sifón terminal de la «Galeria Badalona» de la «Cova de la Fou de Bor» detiene las nuevas exploraciones cuando ya estaba previsto volver a la «Cova de L'Espluga» el siguiente 22 de agosto.

Sigue un largo período de tiempo en que el avance de las exploraciones espeleológicas en la cueva se detiene, cuando ni tan siquiera se habían agotado las posibilidades de exploración y topografía en el tramo anterior al sifón de la «Sala del Pou de La Biela».

Mediados de los años 60: El ERE del CEC lleva a cabo un curso de topografía subterránea en la «Cova de l'Espluga de Francolí».

«Pou de La Biela» fins a la boca principal de la cavitat.

L'1 de gener de 1986 el recorregut explorat de la «Cova de l'Espluga» era de 2.700 m i s'havia gairebé triplicat el recorregut conegut fins aquella data que era de 882 m.

En aquells anys teníem escassa informació sobre el que ara coneixem com a «Cova de la Vila o del Quincall» que, a manca de millors dades vam anomenar aleshores com «Galeria de Can Minguella» i «Sector de Can Vendrell», i que forma part del tram final de la Cova. En el moment que la vam topografiar s'utilitzava com a magatzem (Borràs et al. 1978; Bosch, 1985; Bosch, 1986; Cervelló, 1986).

Tanmateix, tots els que participàrem en les campanyes de l'any 1985, érem conscients que, l'avanç a la zona posterior al sifó de la «Sala de La Biela» més enllà del punt final de les exploracions (S-2) era la millor possibilitat per prolongar la cavitat. També sabíem que, en tota la cavitat, pre i post-sifó de «La Biela», tant les galeries laterals, com les que havien estat tan sols explorades i les altres que segur es descobririen en exploracions posteriors donarien lloc a un augment important del recorregut de la cavitat.

1986-1990: L'ERE es va dedicar a acabar l'estudi hidrogeològic del sistema càrstic de la Font Major, i amb aquest objectiu es van reexplorar totes les cavitats situades a la zona d'absorció del sistema: «Cova dels Assedegats» (també coneguda «Cova de Nerola», «Cova dels Xaragalls», «Cova Miseragata» i «Cova dels Eixeregats»), «Avenc del Julivert», «Avenc de Minganya» i la «Cova de la Mata» (també coneguda com a «Avenc dels Bassots» o «Avenc dels Avellaners») (Abad & Alonso, 1972; Mor & Martínez, 1975-1976; Martínez & Tudela, 2015).

Figura 5. J.M. Cervelló realitzant un control hidrològic al sifó de la» Sala del Pou de La Biela» (Arxiu ERE).

Figure 5. J.M. Cervelló carrying out a hydrologic control on the sump located in the »Sala del Pou de La Biela» (ERE archive).

En aquests treballs, a sol·licitud de l'ERE del CEC, hi va participar el «Servei Geològic de Catalunya» que va fer la proposta de

Verano de 1967: Los señores Batet, Prats y Joan Calbet Fonoll, miembros de la junta del «Casal de l'Espluga», aprovechando que el sifón había quedado seco durante unas pruebas de bombeo realizadas por el Casal y el Ayuntamiento, recorren unos 140 metros de galerías (¿?), hasta un lago de una profundidad superior a un metro. La expedición se suspendió porqué, cuando se detuvo el trabajo de las bombas, el nivel del agua del sifón empezó a subir rápidamente, y existía el peligro de no poder regresar.

1967-1977: En el interior de la cavidad, se realiza un «Pessebre vivent», que, en Catalunya, consiste en la representación del nacimiento del niño Jesús. En vez de figuras, se realiza por actores, generalmente no profesionales y procedentes de la población en que se desarrolla o de sus alrededores. Evidentemente se escenifica en vivo y en directo. Durante estos años ocupa los primeros 200 m, aproximadamente, de la cueva, en la denominada «Galeria del Pessebre» y es visitado por unas 5.000 personas en cada edición (Turisme de L'Espluga de Francolí, 2023).

1971: «El alcalde de la villa (L'Espluga de Francolí) D. Antonio Torrents, inició los contactos con los servicios de Ingeniería Industrial de la Diputación Provincial (Tarragona) que presto su colaboración para el estudio correspondiente» (literal). Como resultado de dichos contactos se iniciaron los trabajos de la Diputación en L'Espluga de Francolí.

26 de marzo de 1971: Ese día se desplazó a L'Espluga de Francolí, un equipo topográfico formado por D. Ramón Biosca Pallarés y D. Juan Marauri Dols, enviado por la Diputación Provincial, quienes acompañados

Figura 5. J.M. Cervelló realizando un control hidrológico en el sifón de la» Sala del Pou de La Biela» (Archivo ERE).

Figura 6. Presa a la «Sala del Pou de La Biela» en un moment de crescuda del riu subterrani (Arxiu ERE).

Figure 6. «Sala del Pou de La Biela» dam during a high-water episode in the underground river (ERE archive).

classificar la cova en diversos àmbits per permetessin l'ús turístic-cultural, l'hidrològic amb la captació municipal i el de control hidrogeologic de la zona situada més enllà del sifó de la «Sala del Pou de La Biela». Per això, l'any 1990 es van fer les perforacions que es comenten més avall.

Setembre - octubre de 1986: Com a resultat de la col·laboració entre l'Ajuntament i l'ERE del CEC, les brigades municipals construeixen una presa subterrània a la «Sala de la Biela». La presa, de 8 m de longitud en la seva coronació i 3 m d'alçada, eleva el nivell de les aigües a l' S-1, inundant un llarg tram de les galeries post-sifó. Amb ella es pretén regular el cabal del riu subterrani i emmagatzemar aigua destinada al consum dels habitants del municipi. Aquesta aigua s'injecta a la xarxa urbana de distribució d'aigua potable i suposa una gran millora en l'abastiment de la població. Per a això es realitza la cloració de les aigües, a través del «Pou de l'Ajuntament», directament a l'interior de la cavitat.

4 d'octubre de 1986: L' ERE inspecciona la presa tot just acabada per les brigades municipals. Aquesta té una perduda per sota de la seva base, al seu costat nord, de 5 a 8 litres/segon. La raó està en què els fonaments executats, contràriament al que va indicar l'ERE, no són prou profunds.

1986: L'ERE del CEC realitza, a la població de «L'Espluga», una conferència sobre la cova i la seva íntima relació amb el poble, a la qual van assistir més de 500 persones (Bosch, 1987).

18 de maig de 1989: Un equip d'arquitectes de Terrassa redacta un pressupost per a la redacció d'un «Avant-projecte de parc geològic a L'Espluga de Francolí». Només la redacció d'aquest avantprojecte es valora en 3.352.497 pessetes. Aquest document, anterior al que es defineixen com a projectes d'arquitectura i d'urbanisme, no arriba a materialitzar-se mai (Cuesta et al., 1989).

Gener de 1990: L'Ajuntament realitza dues perforacions en punts assenyalats per l'ERE el 1985, per assolir la cova al sector posterior al sifó de «La Biela», dins del nucli urbà

Figura 6. Presa en la «Sala del Pou de La Biela» en un momento de crecida del río subterráneo (Archivo ERE).

por el concejal D. Miguel Vendrell, levantan un plano topográfico del interior de la caverna de La Biela y su situación exterior respecto al pozo de captación. Los datos recogidos permiten, después de los trabajos de gabinete, emitir el informe que se explica a continuación.

15 de abril de 1971: «Don Enrique Ventosa Serra, Dr. Ingeniero Industrial, Ingeniero Director de la Sección de Ingeniería Industrial de la Excma. Diputación Provincial de Tarragona, a petición del Excmo. Ayuntamiento de Espluga de Francolí, con relación a la Ampliación de la Captación de Aguas para el Abastecimiento de la Población, emite el siguiente INFORME…»

No hemos podido resistirnos a la tentación de reproducir de manera literal el encabezamiento del informe. Evidentemente eran otros tiempos. Obsérvese el tono general del mismo, el uso de las mayúsculas y minúsculas y otras características propias de los informes «oficiales» de la época.

El citado informe, que sin embargo es muy completo, se acompaña de un anexo con los precios de las perforaciones facilitados por la casa Vergarada S.A. y un plano topográfico a escala 1/200 del sector final de la cavidad que, en planta y sección, incluye el «Pou de La Biela», la «Sala de La Biela», el pozo de abastecimiento de aguas, actualmente conocido como «Pou de l'Ajuntament», la parte de la galería de mina excavada en 1956 y los metros iniciales del sifón (Ventosa, 1971a).

En base a este informe el Ayuntamiento decidió prolongar la mina ya excavada. Esto se realiza entre abril y septiembre del mismo año y se consigue alcanzar la cueva en los primeros metros del sifón de «La Biela».

de la població, al carrer «Joan Maragall». Per la informació recollida en executar les perforacions es podia pressuposar que ambdós sondejos havien arribat, com estava previst, a la cova. Això continua validant l'exactitud de la topografia. Ambdues perforacions estan situades a més de 300 m de la boca del «Pou de l'Ajuntament» i del «Pou de La Biela». Quan el setembre del mateix any l'ERE torna a explorar aquesta zona comprova que ambdues perforacions han assolit la cavitat, la número 2 al principi d'un dels accessos a la «Bessona del Fang», en la seva connexió amb la «Galeria ERE», i la número 1 en la confluència del «Afluent del Casal» amb la «Galeria ERE». Aquesta darrera perforació té tan sols 13 m de profunditat, des de la superfície fins al terra de la cova.

Figura 7. I. Serena (ERE) a la boca de la «Font Major» en un moment de màxima sequera (M. Bosch, 1990).

Figure 7. I. Serena (ERE) at the «Font Major» mouth during a very severe drought (M. Bosch, 1990).

1990: Les favorables condicions meteorològiques de l'estiu de 1990 porten a l'ERE del CEC a organitzar una nova campanya a l' Espluga de Francolí, coordinada per l'autor d'aquesta ponència. A mitjans d'agost, el mateix autor reconeix un important corrent d'aire que surt de la boca de la «Cova de La Font Major». Amb aquesta informació, el 26 d'agost, A. Inglès i M. Bosch realitzen l'enllaç, a través de les galeries «Somni d'una nit d'estiu» entre les «Diàclasis del Riu», que són part de la cavitat principal, i les galeries de la «Cova de la Font Major» que és la surgència del sistema. Al mateix temps realitzen la «travessia» entre la boca de la cavitat principal i la «Cova de la Font Major». Aquell mateix dia comencen la topografia del nou sector descobert (Autor Anònim, 1990).

Des del punt de vista espeleològic és a partir d'aquest enllaç que es pot designar el conjunt com a «Cova de la Font Major», nom que històricament era el més utilitzat per referir-se a la totalitat de la cova. Des del 6 de setembre de 1990 les exploracions en aquest

3 de septiembre de 1971: El mismo equipo topográfico, que levantó el plano del mes de marzo, volvió a la cavidad provisto también de equipo fotográfico. Se recorren y topografían unos 120 m de galerías, aguas arriba del sifón de «La Biela» hasta el lugar en que «se encontró un pequeño lago de 1,50 m de profundidad aparente, que resultó insalvable por no llevar vestidos apropiados. Se hicieron varias fotografías, todas ellas en color, que se adjuntan en el resumen de los trabajos efectuados» (literal).

El mismo mes, y con los datos recogidos en ésta última expedición, se redacta una memoria, por el mismo Dr. Enrique Ventosa Serra, en que se recopilan y resumen todos los trabajos realizados por la Sección de Ingeniería Industrial de la Diputación de Tarragona. Este documento se acompaña de dos planos (planta y secciones) y de doce fotografías en color, realizadas el 3 de septiembre. Desgraciadamente, no se han podido recuperar estas fotografías. Por su evidente interés histórico, seguimos buscándolas y tenemos la esperanza de algún día localizarlas (Ventosa, 1971b) (Fig. 3).

En fecha no determinada con exactitud: A petición del «Casal de L'Espluga», una empresa especializada, que no hemos conseguido identificar, realiza un estudio geotécnico e hidrogeológico, en los terrenos pertenecientes al Casal, en las afueras del casco urbano. Se ejecutan unos sondeos eléctricos verticales midiendo el aumento de las resistividades aparentes por el método de Wenner. cerca de la «Riera Seca» hasta los 40 m de profundidad.

El estudio concluye que es «muy probable que de

Figura 7. I. Serena (ERE) en la boca de la «Font Major» en un momento de máxima sequía (M. Bosch, 1990).

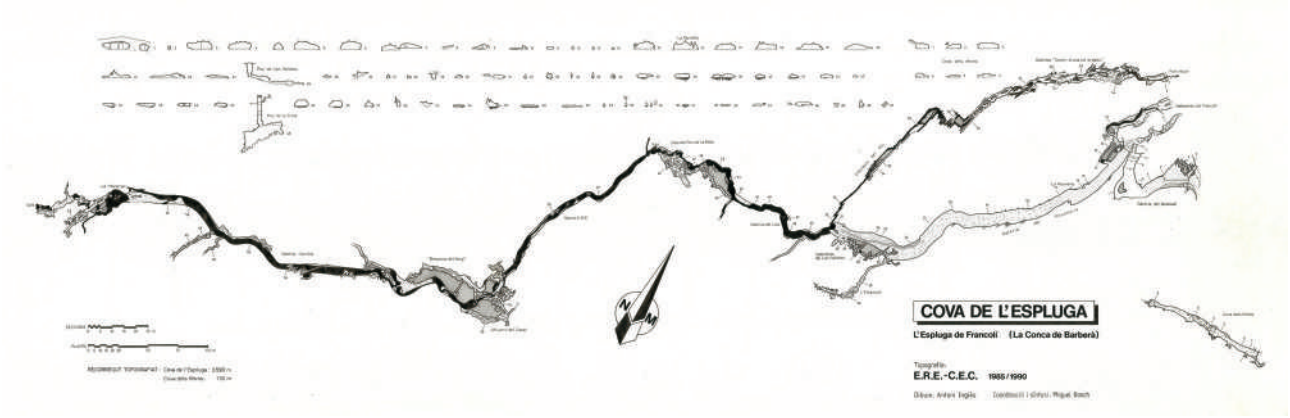


Figura 8. Planta de la «Cova de l'Espluga» i de la «Cova dels Moros» realitzada per l'ERE del CEC, el 1990 (Arxiu ERE).

Figure 8. «Cova de l'Espluga» and «Cova dels Moros» plan, surveyed by ERE del CEC in 1990 (ERE archive).

sector, on es van topografiar més de 500 metres de noves galeries, es combinen amb exploracions més enllà del sifó de la «Sala del Pou de La Biela» on s'exploren i topografien uns altres 500 m de nous conductes. També es realitzen nous intents de superar el sifó terminal (S-2) però a causa de la rapidesa amb què s'enterboleixen les seves aigües, els bussejadors de l'ERE no aconsegueixen trobar la continuació submergida de la cavitat. Segons la nostra topografia, aquest sifó es troba a tan sols 66 m del «Pou del Casal».

Després d'aquestes exploracions la «Cova de l'Espluga» assoleix un recorregut de 3.590 m, cosa que la converteix en una gran cavitat segons els estàndards internacionals. El seu desnivell màxim és de 26 m. (Rosell 1990; Bosch et al., 1991).

1991: L'ERE presenta un estudi, que recull els treballs realitzats, a la IV edició dels «Premis Mossèn Font i Sagué (1991)», organitzats per la «Federació catalana d'Espeleologia». Aquest es titula «El sistema càrstic de la Font Major (L'Espluga de Francolí, La Conca de Barberà)» i amb ell obté un accèssit. En la redacció del document presentat hi intervenen: J. M. Cervelló, M. Bosch i altres socis de l'ERE (Equip de Recerques Espeleològiques,1991).

1 de maig de 1992: Vuit membres de l'ERE del CEC es desplacen a la cavitat per col·laborar en la filmació d'un reportatge per al noticiari «Teledues» de les emissions en català de TVE-2 a Catalunya. Va ser la nostra sòcia i periodista Montserrat Ubach, que treballava en l'esmentada cadena, qui va coordinar, en aquells anys, aquest i altres reportatges sobre espeleologia a Catalunya.

28 d'abril de 1993: L'autor d'aquestes línies

Figura 8. Planta de la «Cova de l'Espluga» y de la «Cova dels Moros» realizada por el ERE del CEC, en 1990 (Archivo ERE).

los 26 a los 38 m teóricos, exista una buena capa de conglomerados». De aquella zona se afirma que «se puede presumir la posibilidad de extraer varios litros por segundo, sin que se afecte directamente al manantial de 'La Biela' y, en consecuencia, a los actuales aprovechamientos derivados del mismo» (entre comillas los párrafos extraídos literalmente del citado estudio). Estamos seguros de que, en el estudio geotécnico, identificado con el número 1.190, hay más datos, pero hasta el momento solo hemos conseguido recuperar tres páginas del mismo.

Posteriormente el «Casal» realiza una perforación en la zona, que se conoce como «Pou del Casal». Esta tiene 25,7 m de profundidad total y a 18 m de profundidad se encuentra un nivel de agua muy estable. En el momento de ejecutarla, la cabeza de la máquina perforadora cayó de golpe 7 m. Esto permite suponer que atravesó una cavidad. El Casal entubó, colocó una bomba sumergida y, desde entonces, extrae una importante cantidad de agua a través de la mencionada perforación.

1985: A principios de ese año y través de un amigo de varios de los miembros del ERE del CEC, se solicita a este, que realice una nueva topografía de la cavidad y proporcione las medidas necesarias para ejecutar dos dioramas destinados al «Museu de la Vida Rural», entonces en construcción (Morta, 1985; Autor Anònim, 1985; Autors Varis, 1989a; Autors Varis, 1989b).

Los trabajos se inician el 23 de febrero y cuentan con el apoyo del Ayuntamiento y del «Casal de l'Espluga de Francolí». Desde entonces, el ERE del

presenta el seu Projecte Final de Carrera, titulat «Institut per a l'Estudi del Carst a l'Espluga de Francolí», al tribunal final de carrera de l'ETSAB (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) que qualifica el projecte amb una nota excel·lent (Bosch, 1993).

11 d'octubre de 1993: Es localitzen restes de fauna paleontològica a l'interior de la cavitat.

29 de gener de 1994: Com a resultat d'una iniciativa del «Centre d'Estudis Locals de L'Espluga de Francolí» s'inaugura un museu, obert al públic, a la part inicial de la Cova. Aquesta s'habilita expressament i s'hi realitzen visites turístiques amb guia (Miñarro et al., 1994).

Estiu de 1994: S'inicien, com a activitat d'aventura, les visites guiades al sector inundat de la cavitat, entre la «Galeria del Llac» i la «Sala del Pou de La Biela», passant per les «Gatoneres de Can Palletes».

10 d'octubre de 1994: A conseqüència de les intenses precipitacions meteorològiques de la festivitat de Sant Tomàs, bona part de la cova queda inundada. Això afecta les instal·lacions lumíniques i museogràfiques situades al seu interior.

Setembre de 1995: Per iniciativa de l'Ajuntament es crea el «Patronat de la Cova Museu de la Font Major de L'Espluga de Francolí», en el qual s'integra com representant de l'ERE del CEC, Josep Maria Cervelló (Ajuntament de l'Espluga, 1995).

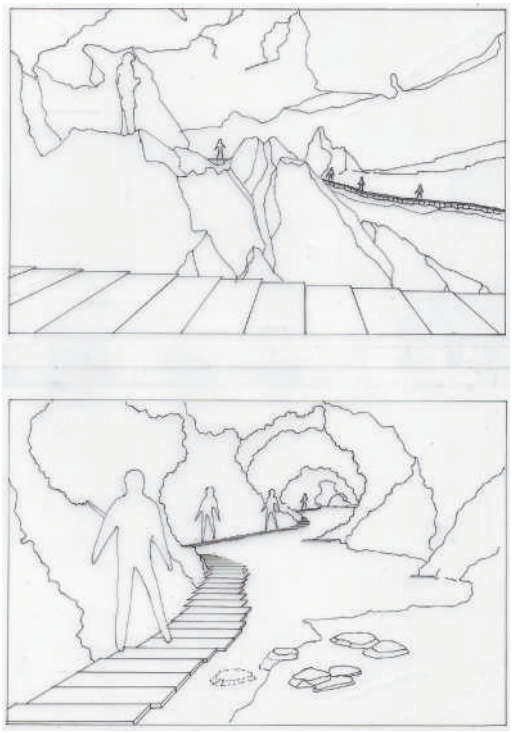


Figura 9. Algunes perspectives amb propostes per a l'adequació de la cova per a la seva visita (Bosch, 1993).

Figure 9. Some perspectives with proposals for the development of the show cave (Bosch, 1993).

Curs escolar 1996-1997: La «Cova del Castell» s'habilita com a aula-taller de prehistòria per a les escoles d'infantil i primària.

Curs escolar 1998-1999: S' inicien els tallers d'excavació per als centres d'ensenyament secundari (Turisme de L'Espluga de Francolí. 2023).

CEC reexplora y retopografía, hasta el mes de junio, y de una manera exhaustiva el tramo comprendido entre las bocas y el primer sifón, donde realiza algunos nuevos descubrimientos.

Entre los miembros del equipo figuraban Toni Inglès y Miquel Bosch, como topógrafos principales, Josep Maria Cervelló, geólogo, y Martí Romero como coordinador. También participan Toni Nubiola, como fotógrafo, y otros socios, entre los que destacan Toni Amenós, Montserrat Ubach y Valentí Zapater. Estos cuatro últimos también participan en los trabajos de topografía.

En esa campaña es importante destacar la topografía de la «Galeria del Quincall», conocida desde siempre e inexplicablemente no recogida en el plano de 1957, con un recorrido cercano a los 150 m. También lo fue el descubrimiento de la galería bautizada como «L'Eixample» por los diversos pasos ensanchados y que aportó 110 m al recorrido total. Como ya se ha dicho, también fueron importantes la revisión exhaustiva de otros sectores, como las «Gatoneres del Francolí» que pasaron de 85 a 240 m, las galerías de Can Palletes (de 90 a 160 m) y las Diàclasis del Riu (de 200 a 275 m).

En el curso de los trabajos, se explora y topografía otras dos cavidades, como la «Cova dels Moros, dels Lladres o del Castell» que, con 130 m de galerías, era totalmente desconocida en los ambientes espeleológicos hasta ese año.

También se topografía las galerías a las que se accede levantando la pesada reja que cierra «La Font Major», junto al lavadero público edificado en 1904. En ella tan solo se avanzan 36 m. Todas las cavidades citadas se

Figura 9. Algunas perspectivas con propuestas para la adecuación de la cueva para su visita (Bosch, 1993).

Segle XXI

1 de juliol de 2000: La «Cova de la Vila», coneguda també com a «Cova del Quincall», s'incorpora al recorregut museístic guiat.

Febrer de 2003: S'instal·la el monòlit que marca la situació de la Cova.

Estiu de 2005: Les visites turístiques incorporen el servei d'audioguies en diferents idiomes.

2009: El «Patronat Municipal de la Cova Museu de la Font Major» signa un conveni amb la «Societat d'Investigacions Espeleològiques de Tarragona, (SIET)» per continuar les exploracions a la cavitat. Estava previst que el 14 de novembre s'efectués una exploració amb l'objectiu d'assolir l'S-2 i superar-lo. Mai ha quedat clar si aquesta exploració va arribar a efectuar-se i quins van ser els seus resultats, tot i que en els ambients espeleològics va arribar a circular la notícia que, després d'efectuar una inspecció ocular, havien descobert 450 m de noves galeries. No hi ha documentació que avali aquest fet (Gutiérrez, 2009).

Gener de 2010: S'inaugura el nou edifici de recepció obert al públic, no només als visitants de la Cova, i que disposa de modernes instal·lacions.

Juny de 2012: Inauguració d'una nova museografia de «Les coves de L'Espluga» i el conjunt de cabanes «neolítiques» situades al seu exterior.

Maig de 2013: S'assoleix la xifra comptabilitzada de 1.000.000 de visitants. El visitant 1.000.000 pertany a l'Escola Joan Marquès Casals de Terrassa (Barcelona).

2018: Aquest any, en base a l'interès del jaciment de la «Cova de la Font Major» s'inclou la mateixa en el projecte de recerca de l'Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES)» amb el títol de «Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieres del Camp de Tarragona». Aquest projecte es realitza en el marc dels projectes quadriennals de recerca arqueològica i paleontològica del «Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya».

22 d'octubre de 2019: Conseqüència de les extraordinàries pluges que tenen lloc a les «Muntanyes de Prades» i a la mateixa Espluga de Francolí, una gran crescuda d'aigua provoca danys importantíssims a la població, destruint gairebé per complet el barri proper a «La Font Major». La major part de l'aigua de la crescuda prové del riu Francolí, aigües amunt de l'esmentada font, que es coneix com a «Riu Sec o Riera Seca»

L'ERE del CEC ofereix la seva col·laboració, en la seva especialitat, però la gerència de

sitúan sobre el plano 1/2.000 de la población para así poder estudiar su relación.

14 de septiembre de 1985: El ERE del CEC supera el sifón terminal de la «Sala del Pou de La Biela» (S-1), alcanzando nuevas galerías post-sifón. Todas ellas son vírgenes excepto los 300 metros explorados en el año 1965 por espeleobuceadores del mismo equipo. Para acceder al tramo post-sifón se aprovecha la pertinaz sequía, desde principios de julio solo había llovido en la población de l'Espluga un total de 12,5 l/m^2, y se utilizan bombas de gran potencia. Esto no evita que los exploradores deban andar, arrastrarse y nadar en galerías en las que el agua llena casi totalmente la sección (Fig. 4).

Estas exploraciones post-sifón se repiten dos veces más y permiten explorar y topografiar más de un kilómetro de galerías hasta un nuevo sifón terminal (S-2) al final de la «Galeria Carulla», en el sector conocido como «La Maranya». Cabe destacar la confluencia del «Afluent del Casal» con la «Galeria ERE». Este encuentro se produce pocos metros por debajo de los cimientos del edificio del «Casal de l'Espluga» y desde la cueva se escuchaba con claridad la música procedente de la discoteca «Sínia», que ocupaba los subterráneos de la construcción.

1 de diciembre de 1985: 38 miembros del ERE del CEC realizan la «travesía» desde el «Pou de La Biela» hasta la boca principal de la cavidad.

El 1 de enero de 1986 el recorrido explorado de la «Cova de l'Espluga» era de 2.700 m y se había casi triplicado el recorrido conocido hasta esa fecha que era de 882 m.

la Cova no considera, en aquells moments, necessària la seva intervenció en la mateixa. Alguns membres de l'ERE es desplacen, a títol personal, al municipi de L'Espluga per col·laborar en els treballs exteriors de reconstrucció. La crescuda va deixar dos morts i quatre desapareguts, arrossegats per les aigües. Alguns dels cadàvers van ser recuperats dies més tard, aigües avall de la població, a les ribes del «Riu Francolí», a gran distància de la població.

30 d'octubre de 2019: El Dr. Josep Maria Vergès, de l'IPHES, descobreix els gravats paleolítics a les «Gatoneres de Can Palletes». Des d'aquesta data, alguns membres de l'ERE del CEC, col·laboren activament en els treballs de recerca a la cavitat (Viñas, 2021).

Deixarem al Dr. Vergés, molt més qualificat que l'autor d'aquesta ponència, la descripció dels treballs realitzats per l'IPHES i la Universitat de Tarragona. Només esmentarem dos fets puntuals amb interès espeleològic.

2022: Dos espeleòlegs de l'ERE del CEC (J.M. Cervelló i M. Bosch) amb el Dr. Vergés i, una de les seves col·laboradores, l'arqueòloga Miriam Salas, exploren la galeria, anteriorment tapiada, a la «Cova de la Vila o del Quincall». Avancen per l'esmentada galeria uns 10 m, amb la qual cosa el recorregut explorat en el sistema assoleix els 3.600 m.

23 de gener de 2023: L'IPHES, utilitzant maquinària de prospecció geològica, realitza quatre sondejos a la «Galeria del Pessebre». El primer a rotació, amb extracció de testimoni, i els altres tres per percussió, (Standard Penetration Test, SPT). A falta d'analitzar amb més detall els resultats dels mateixos, tot sembla indicar que la roca mare, a la part inferior de la galeria, es troba a 1,70 m de fondària, sota els sediments acumulats, des de la boca de la perforació que assoleix més profunditat.

Els treballs, de tot tipus, i les exploracions continuen...

LA TOPOGRAFIA DE LA COVA

La cova de l'Espluga de Francolí és una cavitat molt particular. La seva importància i l'íntima relació que manté amb la població que es troba sobre ella, ens va fer plantejar-nos la seva topografia d'una manera sistemàtica i molt exigent. Sens dubte és un clar exponent del que podem qualificar com a carst urbà.

Així, si bé la primera idea va ser la de completar i actualitzar la topografia de Josep Castell de l' any 1957, (Castell, 1957) aviat es va fer evident la necessitat de retopografiar tot el conjunt, amb materials i tècniques modernes, per corregir certs errors i enllaçar correctament els nous descobriments.

En aquellos años teníamos escasa información sobre el que ahora conocemos como «Cova de la Vila» o «Galeria del Quincall» que, a falta de mejores datos, denominamos entonces como «Galeria de Can Minguella» y «Sector de Can Vendrell», y que constituye parte del tramo final de la cueva. En el momento en que la topografiamos se utilizaba como almacén (Bosch, 1985; Bosch, 1986; Cervelló, 1986).

Sin embargo, todos los que participamos en las campañas del año 1985, éramos conscientes de que, el avance en la zona posterior al sifón de la «Sala de La Biela» más allá del punto final de las exploraciones (S-2) era la mejor baza para prolongar la cavidad. También sabíamos que, en toda la cavidad, pre y post-sifón de «La Biela», tanto las galerías laterales topografiadas, como las que habían sido tan solo exploradas y las otras que seguro se descubrirían en exploraciones posteriores darían lugar a un aumento importante del recorrido de la cavidad.

1986-1990: El ERE se dedicó a terminar el estudio hidrogeológico del sistema kárstico de la «Font Major», y con este objetivo fueron reexploradas todas las cavidades ya conocidas y situadas en la zona de absorción del sistema: «Cova dels Assedegats» (también denominada «Cova de Nerola», «Cova dels Xaragalls», «Cova Miseragata» y «Cova dels Eixeregats»), «Avenc del Julivert», «Avenc de Minganya» y la «Cova de la Mata» (también conocida como «Avenc dels Bassots» o »Avenc dels Avellaners) (Abad & Alonso, 1972; Mor & Martínez, 1975-1976; Martínez & Tudela, 2015) (Fig. 5).

En estos trabajos, a solicitud del ERE del CEC,

Figura 10. Superposició del plànol de l'Espluga de Francolí sobre la topografia de la cova (ERE del CEC, 1990) que discorre sota la població (Arxiu ERE).

Figure 10. «L'Espluga de Francolí» town plan over the cave survey (ERE del CEC, 1990) which lies under the town (ERE archive).

Tot i utilitzar els estris topogràfics més habituals en aquells anys (1985-1990) que eren la cinta mètrica juntament amb el clinòmetre i la brúixola de la marca Suunto, se'n va procurar obtenir el màxim rendiment. Els angles, tant d'orientació com d'inclinació, es van mesurar amb una precisió de 0,5 graus, essent l'error en la posició de les estacions sempre inferior a 5 cm. Aquestes es van materialitzar cada vegada que va ser necessari. També vam utilitzar un peu i una mira per augmentar la precisió de l'itinerari principal, des de la boca de la Cova fins al sifó de la «Sala del Pou de La Biela», passant pel pou d'accés que es troba a l'esmentada sala. Aquest itinerari principal es va realitzar totalment dues vegades, havent-se repetit un petit sector una tercera vegada.

La restitució de la poligonal es va fer per coordenades, amb l'ajut d'una calculadora programable, immediatament després de les tasques topogràfiques. Els resultats van ser posteriorment revisats mitjançant el càlcul per ordinador.

A la pràctica, diversos rulls que vam tancar a l'interior de la cavitat, tots amb errors inferiors a l'1 %, les nostres poligonals exteriors, també tancades amb errors de la mateixa magnitud, i la coincidència en la situació de les diferents boques sobre el llavors nou plànol a escala 1/2.000 de la població ens van permetre comprovar la precisió dels nostres treballs topogràfics.

Això ens permet qualificar la nostra topografia com de grau 6, tant BCRA (British Cave Research Association) com UIS (Union Internationale de Spéléologie), en el seu itinerari principal i de grau 5 en les derivacions secundàries. Pel que fa als detalls, i d'acord amb la classificació BCRA, aquesta topografia es qualifica com de classe D. La necessitat d'aprofitar al màxim l'escàs temps disponible va fer que en el tram posterior al sifó de la «Sala del Pou de La Biela» la precisió es reduís fins al grau 5. Tanmateix, fins i tot avui, 33 anys després, aquest és el grau de precisió habitual de les topografies realitzades pels grups espeleològics.

A finals de l'any 1985 el recorregut explorat

Figura 10. Superposición del plano de l'Espluga de Francolí sobre la topografía de la cueva (ERE del CEC, 1990) que discurre bajo la población (Archivo ERE).

participó el «Servei Geològic de Catalunya» que hizo la propuesta de clasificar la «cova» en diversos ámbitos per permitiesen el uso turístico-cultural, el hidrológico con la captación municipal i el de control hidrogeológico de la zona situada más allá del sifón de la «Sala del Pou de La Biela». Por las citadas razones, en el año 1990 se efectuaron las perforaciones que es comentan más adelante.

Septiembre - octubre de 1986: Como resultado de la colaboración entre el Ayuntamiento y el ERE del CEC, las brigadas municipales construyen una presa subterránea en la «Sala de la Biela». La presa, de 8 m de longitud en su coronación y 3 m de altura, eleva el nivel de las aguas en el S-1, inundando un largo tramo de las galerías post-sifón. Con ella se pretende regular el caudal del río subterráneo y almacenar agua destinada al consumo de los habitantes del municipio. Esta agua se inyecta en la red urbana de distribución de agua potable y supone una gran mejora en el abastecimiento de la población. Para ello se realiza la cloración de las aguas, a través del «Pou de l'Ajuntament», directamente en el interior de la cavidad (Fig. 6).

4 de octubre de 1986: El ERE inspecciona la presa recién acabada por las brigadas municipales. Esta tiene una pérdida por debajo de su base, en su lado norte, de 5 a 8 litros/segundo. La razón está en que los cimientos ejecutados, contrariamente a lo que indicó el ERE, no son suficientemente profundos.

1986: El ERE del CEC imparte, en la población de «L'Espluga», una conferencia sobre la cueva y su íntima relación con el pueblo, a la que asistieron más de 500 personas (Bosch, 1987).

de la «Cova de l'Espluga» era de 2.700 m, el topografiat de 2.583 m i s'havia triplicat el recorregut reflectit en la topografia de l'any 1957, que era de 882 m. En la mateixa any 1985 també s'exploren i topografien altres dos cavitats. Una és la «Cova dels Moros» que, amb 130 m de galeries, era totalment desconeguda en els ambients espeleològics fins aquell any. L'altra està formada per les galeries a les quals s'accedeix des de «La Font Major», aixecant la pesada reixa que les tanca. En aquesta cova, també independent de la cavitat principal, tan sols s'avancen 36 m. Totes elles es situen sobre el plànol 1/2.000 de la població per així poder estudiar la relació entre elles.

A 31 de desembre de 1990 el recorregut de la cova es va quadruplicar en relació a la topografia de l'any 1957, i va arribar als 3.590 m actuals. La major part es deu als descobriments darrere de l'S-1, però també són importants alguns descobriments en el tram anterior a l'esmentat sifó.

Des d'aleshores, alguns membres de l'ERE del CEC, érem conscients de l'existència de, com a mínim, una galeria tapiada amb obra de fàbrica, a la «Cova de la Vila».

Els descobriments de l'IPHES a partir del 2018 reactiven l'interès en la cavitat i J.M. Cervelló, M. Bosch (ambdós de l'ERE del CEC) i el Dr. Antoni Freixes (Kras, Hidrologia Experimental) es converteixen en col·laboradors del projecte.

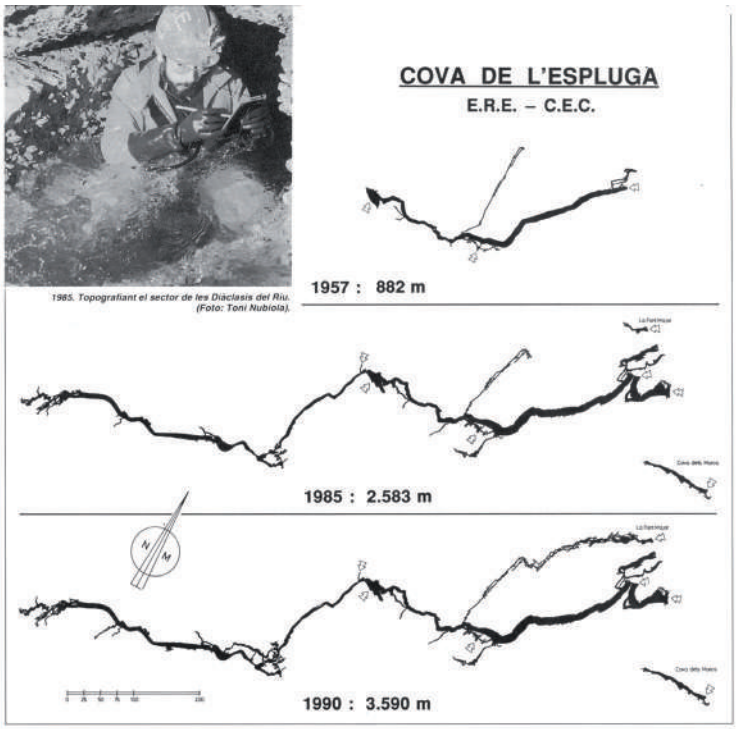


Figura 11. Evolució històrica de la topografia de la cova entre 1957 i 1990 (Arxiu ERE).

Figure 11. Cave survey historical evolution from 1957 to 1990 (ERE archive).

La nova topografia que, amb els mitjans més actuals i sofisticats disponibles en l'actualitat, va realitzar el «Servei d'Arqueologia i Paleontologia (SAP)» de la «Generalitat de Catalunya», l'any 2019, entre les boques de la cavitat i la «Galeria del Llac» tan sols s'aparta 50 cm de la topografia realitzada per l'ERE del CEC entre 1985 i 1990.

Els treballs de recerca de l'IPHES i del SAP, es recolzen en la topografia de l'ERE del

18 de mayo de 1989: Un equipo de arquitectos de Terrassa redacta un presupuesto para la redacción de un «Avant-projecte de parc geològic a l'Espluga de Francolí». Solo la redacción de este anteproyecto se valora en 3.352.497 pesetas. Este documento, anterior a lo que se definen como proyectos de arquitectura y de urbanismo, no llega a materializarse nunca (Cuesta et al., 1989).

Enero de 1990: El Ayuntamiento realiza dos perforaciones en puntos señalados por el ERE en 1985, para alcanzar la cueva en el sector posterior al sifón de «La Biela», dentro del casco urbano de la población, en la calle «Joan Maragall». Por la información recogida al ejecutar las perforaciones se podía presuponer que ambos sondeos habían llegado, como estaba previsto, a la cueva. Esto continúa validando la exactitud de la topografía. Ambas perforaciones están situadas a más de 300 m de la boca del «Pou de l'Ajuntament» y del «Pou de La Biela». Cuando en septiembre del mismo año el ERE vuelve a explorar dicha zona comprueba que ambas perforaciones han alcanzado la cavidad, la número 2 al principio de uno de los accesos a la «Bessona del Fang», en su conexión con la «Galeria ERE», y la número 1 en la confluencia del «Afluent del Casal» con la «Galeria ERE». Esta última perforación tiene tan solo 13 m de profundidad, desde la superficie hasta el suelo de la cueva.

1990: Las favorables condiciones meteorológicas del verano de 1990 llevan al ERE del CEC a organizar una nueva campaña en L'Espluga de Francolí, coordinada por el autor de esta ponencia. A mediados de agosto, el mismo autor reconoce una importante corriente de aire

Figura 11. Evolución histórica de la topografía de la cueva entre 1957 y 1990 (Archivo ERE).

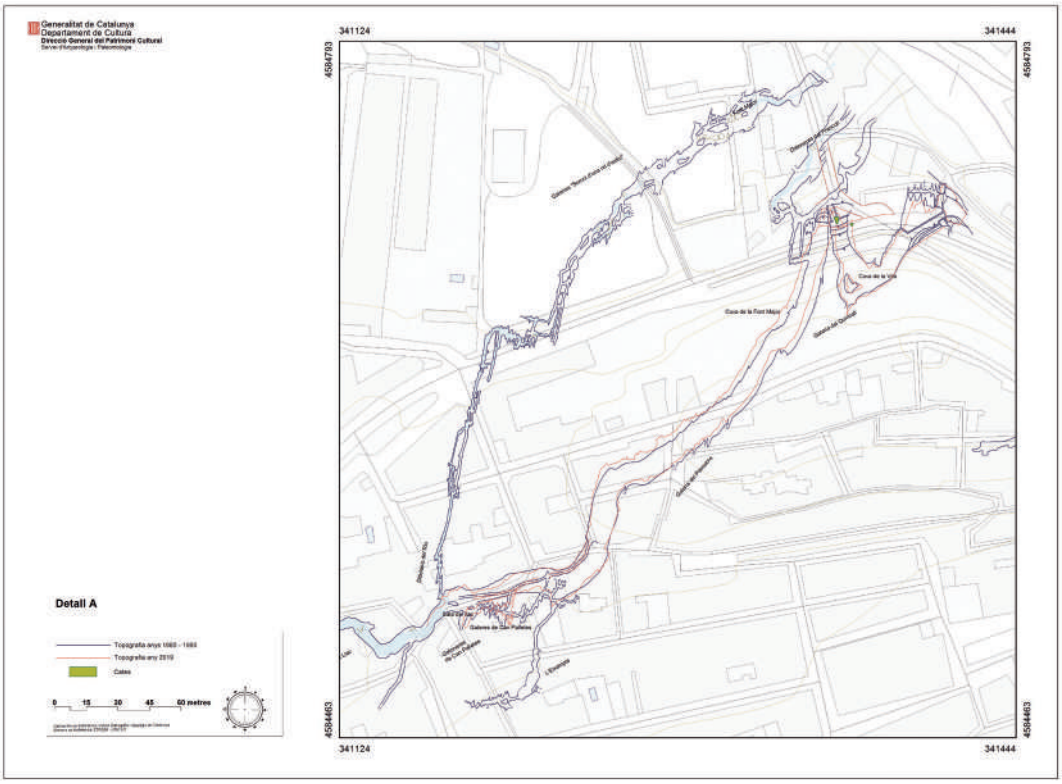


Figura 12. Zona inicial de la cavitat. Superposició de la topografia de l'ERE del CEC (1985-1990), amb el perímetre en color blau, i la nova topografia del «Servei d'Arqueologia i Paleontologia, (SAP)» de la Generalitat de Catalunya, en color vermell.

Figure 12. Cave initial zone. Superposition of the survey done by ERE del CEC (1985-1990), with its perimeter in blue, and the new survey done by the «Servei d'Arqueologia i Paleontologia, (SAP)» from «Generalitat de Catalunya», in red.

CEC de 1990 fins que els investigadors realitzen una nova topografia del sector paleontològic. En els llocs de més difícil accés continua utilitzant-se l'esmentada topografia. Mitjançant l'ús de l'alta resolució en 3D els investigadors documenten perfectament el conjunt de gravats que s'analitzen temàticament i tècnica. També s'estudien la seqüència temporal de la seva execució i la seva distribució espacial. A més, les evidències geològiques i arqueològiques permetran determinar el volum de sediments existent i l'accés a la cova durant el període paleolític.

Figura 12. Zona inicial de la cavidad. Superposición de la topografía del ERE del CEC (1985-1990), con el perímetro en color azul, y la nueva topografía del «Servei d'Arqueologia i Paleontologia, (SAP)» de la «Generalitat de Catalunya», en color rojo.

que sale de la boca de la «Cova de La Font Major». Con esta información, el 26 de agosto, A. Inglès y M. Bosch realizan el enlace, a través de las galerías «Somni d'una nit d'estiu» entre las «Diàclasis del Riu», que son parte de la cavidad principal, y las galerías de la «Cova de la Font Major» que es la surgencia del sistema. Al mismo tiempo realizan la «travesía» entre la boca de la cavidad principal y la «Cova de la Font Major». Ese mismo día comienzan la topografía del nuevo sector descubierto (Fig. 7).

Desde el punto de vista espeleológico es a partir de este enlace que se puede designar al conjunto como «Cova de la Font Major», nombre que históricamente era el más utilizado para referirse a la totalidad de la cueva. Desde el 6 de septiembre de 1990 las exploraciones en este sector, donde fueron topografiados más de 500 metros de nuevas galerías, se combinan con exploraciones más allá del sifón de la «Sala del Pou de La Biela» donde se explora y topografía otros 500 m de nuevos conductos. También se realizan nuevos intentos de superar el sifón terminal (S-2) pero debido a la rapidez con la que se enturbian sus aguas, los buceadores del ERE no logran encontrar la continuación sumergida de la cavidad. Según nuestra topografía, este sifón se encuentra a tan solo 66 m del «Pou del Casal».

Después de estas exploraciones la «Cova de l'Espluga» alcanza un recorrido de 3.590 m, lo que la convierte en una gran cavidad según los estándares internacionales. Su desnivel máximo es de 26 m. (Rosell, 1990; Bosch et al., 1991) (Fig. 8).

1991: El ERE presenta un estudio, que recoge los trabajos realizados, a la IV edición de los «Premis Mossen Font

i Sagué (1991)», organizado por la «Federació catalana d'Espeleologia». Este se titula «El sistema càrstic de la Font Major (L'Espluga de Francolí, La Conca de Barberà)» y con él obtiene un accésit. En la redacción del documento presentado intervienen: J. M. Cervelló, M. Bosch y otros socios del ERE.

1 de mayo de 1992: Ocho miembros del ERE del CEC se desplazan a la cavidad para colaborar en la filmación de un reportaje para el noticiario «Teledues» de las emisiones en catalán de TVE-2 en Catalunya. Fue nuestra socia y periodista Montserrat Ubach, que trabajaba en la citada cadena, quien coordinó, en aquellos años, este y otros reportajes sobre espeleología en Catalunya.

28 de abril de 1993: El autor de estas líneas presenta su Proyecto Final de Carrera, titulado «Institut per a l'Estudi del Carst a l'Espluga de Francolí», al tribunal final de carrera de la ETSAB (Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) que califica el proyecto con una nota excelente (Bosch, 1993) (Fig. 9).

11 de octubre de 1993: Se localiza restos de fauna paleontológica en el interior de la cavidad.

29 de enero de 1994: Como resultado de una iniciativa del «Centre d'Estudis Locals de L'Espluga de Francolí» se inaugura un museo, abierto al público, en la parte inicial de la cueva. Esta se habilita expresamente y en ella se realizan visitas turísticas con guía.

Verano de 1994: Se inician, como actividad de aventura, las visitas guiadas en el sector inundado de la cavidad, entre la «Galeria del Llac» y la «Sala del Pou de La Biela», pasando por las «Gatoneres de Can Palletes».

10 de octubre de 1994: A consecuencia de las intensas precipitaciones meteorológicas durante la festividad de Santo Tomás, buena parte de la cueva queda inundada. Esto afecta a las instalaciones lumínicas y museográficas situadas en su interior.

Septiembre de 1995: Por iniciativa del Ayuntamiento se crea el «Patronat de la Cova Museu de la Font Major de l'Espluga de Francolí», en el que se integra como, representante del ERE del CEC, Josep Maria Cervelló (Ayuntamiento de l'Espluga, 1995).

Curso escolar 1996-1997: La «Cova del Castell» se habilita como aula-taller de prehistoria para las escuelas de infantil y primaria.

Curso escolar 1998-1999: Se inician los talleres de excavación para los centros de enseñanza secundaria (Turisme de L'Espluga de Francolí, 2023).

Siglo XXI

1 de julio de 2000: La «Cova de la Vila», conocida también como «Cova del Quincall» se incorpora al recorrido museístico guiado.

Febrero de 2003: Se instala el monolito que marca la situación de la cueva.

Verano de 2005: Las visitas turísticas incorporan el servicio de audioguías en diferentes idiomas.

2009: El «Patronat Municipal de la Cova Museu de la Font Major» firma un convenio con la «Societat d'Investigacions Espeleològiques de Tarragona, (SIET)» para continuar las exploraciones en la cavidad. Estaba previsto que el 14 de noviembre se efectuase una exploración con el objetivo de alcanzar el S-2 y superarlo. Nunca ha quedado claro si esta exploración llegó a efectuarse y cuáles fueron sus resultados, aunque en los ambientes espeleológicos llegó a circular la noticia que, después de efectuar una inspección ocular, habían descubierto 450 m de nuevas galerías. No existe documentación que avale este hecho (Gutiérrez, 2009).

Enero de 2010: Se inaugura el nuevo edificio de recepción abierto al público, no solo a los visitantes de la cueva, y que dispone de modernas instalaciones.

Junio de 2012: Inauguración de una nueva museografía de «Les covas de l'Espluga» y el conjunto de cabañas «neolíticas» situadas en su exterior.

Mayo de 2013: Se alcanza la cifra contabilizada de 1.000.000 de visitantes. El visitante 1.000.000 pertenece a la Escuela Joan Marquès Casals de Terrassa (Barcelona).

2018: Este año, en base al interés del yacimiento de la «Cova de la Font Major» se incluye la misma en el proyecto de investigación del «Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES)» con el título de «Evolució paleoambiental i poblament prehistòric a les conques dels rius Francolí, Gaià, Siurana i rieras del Camp de Tarragona». Este proyecto se realiza en el marco de los proyectos cuatrienales de investigación arqueológica y paleontológica del »Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya».

22 de octubre de 2019: Como consecuencia de las extraordinarias lluvias que tienen lugar en las «Muntanyes de Prades» y en la propia Espluga de Francolí, una gran crecida de agua provoca daños importantísimos en la población destruyendo casi por completo el barrio cercano a «La Font Major». La mayor parte del agua de la crecida proviene del río Francolí, aguas arriba de la citada fuente, que conoce como «Riu Sec o Riera Seca».

El ERE del CEC ofrece su colaboración, en su especialidad, pero la gerencia de la cueva no considera, en aquellos momentos, necesaria su intervención en la misma. Algunos miembros del ERE se desplazan, a título personal, al municipio de l'Espluga para colaborar en los trabajos exteriores de reconstrucción. La crecida dejó dos muertos y cuatro desaparecidos, arrastrados por las aguas. Algunos de los cadáveres fueron recuperados días más tarde, aguas abajo de la población, en las orillas del «Riu Francolí», a gran distancia de la población.

30 de octubre de 2019: El Dr. Josep Maria Vergès, del IPHES, descubre los grabados paleolíticos en las «Gatoneres de «Can Palletes». Desde esa fecha, algunos miembros del ERE del CEC, colaboran activamente en los trabajos de investigación en la cavidad (Viñas, 2021).

Dejaremos al Dr. Vergés, mucho más cualificado que el autor de esta ponencia, la descripción de los trabajos realizados por el IPHES y la Universidad de Tarragona. Solo mencionaremos dos hechos puntuales con interés espeleológico.

2022: Dos espeleólogos del ERE del CEC (J.M. Cervelló y M. Bosch) junto al Dr. Vergés y, una de sus colaboradoras, la arqueóloga Miriam Salas, exploran la galería, anteriormente tapiada, en la «Cova de la Vila o del Quincall». Avanzan por la citada galería unos 10 m, con lo que el recorrido explorado en el sistema alcanza los 3.600 m.

23 de enero de 2023: El IPHES, utilizando maquinaria de prospección geológica, realiza cuatro sondeos en la «Galeria del Pessebre». El primero a rotación, con extracción de testigo, y los otros tres por percusión, (Standard Penetration Test, SPT). A falta de analizar con más detalle los resultados de los mismos, todo parece indicar que la roca madre, en la parte inferior de la galería, se encuentra a 1,70 m de profundidad, bajo los sedimentos acumulados, desde la boca de la perforación que alcanza mayor profundidad.

Los trabajos, de todo tipo, y las exploraciones continúan…

LA TOPOGRAFIA DE LA CUEVA

La cueva de l'Espluga de Francolí es una cavidad muy peculiar. Su importancia y la íntima relación que

mantiene con la población que se encuentra sobre ella, nos hizo plantearnos su topografía de una manera sistemática y muy exigente. Sin duda es un claro exponente de lo que podemos calificar como karst urbano.

Así, si bien la primera idea fue la de completar y actualizar la topografía de Josep Castell del año 1957 (Castell, 1957), pronto se hizo evidente la necesidad de retopografiar todo el conjunto, con materiales y técnicas modernas, para corregir ciertos errores y enlazar correctamente los nuevos descubrimientos.

A pesar de utilizar los utensilios topográficos más habituales en aquellos años (1985-1990) que eran la cinta métrica junto con el clinómetro y la brújula de la marca Suunto, se procuró obtener de ellos el máximo rendimiento. Los ángulos, tanto de orientación como de inclinación, se midieron con una precisión de 0,5 grados, siendo el error en la posición de las estaciones siempre inferior a 5 cm. Estas se materializaron cada vez que fue necesario. También utilizamos un pie y una mira para aumentar la precisión del itinerario principal, desde la boca de la cueva hasta el sifón de la «Sala del Pou de La Biela», pasando por el pozo de acceso que se encuentra en la citada sala. Este itinerario principal se realizó totalmente dos veces, habiéndose repetido un pequeño sector una tercera vez.

La restitución de la poligonal se hizo por coordenadas, con la ayuda de una calculadora programable, inmediatamente después de las labores topográficas. Los resultados fueron posteriormente revisados mediante el cálculo por ordenador.

En la práctica, diversos bucles que cerramos en el interior de la cavidad, todos con errores inferiores al 1 %, nuestras poligonales exteriores, también cerradas con errores de la misma magnitud, y la coincidencia de la situación de las diferentes bocas sobre el entonces nuevo plano a escala 1/2.000 de la población nos permitieron comprobar la precisión de nuestros trabajos topográficos (Fig. 10).

Esto nos permite calificar nuestra topografía como de grado 6, tanto BCRA (British Cave Research Association) como UIS (Union Internationale de Spéléologie), en su itinerario principal y de grado 5 en las derivaciones secundarias. En relación a los detalles, y de acuerdo con la clasificación BCRA, esta topografía se califica como de clase D. La necesidad de aprovechar al máximo el escaso tiempo disponible hizo que en el tramo posterior al sifón de la «Sala del Pou de La Biela» la precisión se redujese hasta el grado 5. Sin embargo, incluso hoy en día, 33 años después, este es el grado de precisión habitual de las topografías realizadas por los grupos espeleológicos.

A finales del año 1985 el recorrido explorado de la «Cova de l'Espluga» era de 2.700 m, el topografiado de 2.583 m y se había triplicado el recorrido reflejado en la topografía del año 1957, que era de 882 m. En el mismo año también se explora y topografia otras dos cavidades. Una es la «Cova dels Moros» que, con 130 m de galerías, era totalmente desconocida en los ambientes espeleológicos hasta ese año. La otra está formada por las galerías a las que se accede desde «La Font Major», levantando la pesada reja que las cierra. En esta cueva, también independiente de la cavidad principal, tan solo se avanzan 36 m. Todas ellas se sitúan sobre el plano 1/2.000 de la población para así poder estudiar la relación entre ellas.

A 31 de diciembre de 1990 el recorrido de la cueva se cuatriplicó en relación a la topografía del año 1957 y alcanzó 3.590 m actuales. La mayor parte se debe a los descubrimientos detrás del S-1, pero también son importantes algunos descubrimientos en el tramo anterior al mencionado sifón (Fig. 11).

Desde entonces, algunos miembros del ERE del CEC, éramos conscientes de la existencia de, como mínimo, una galería tapiada con obra de fábrica, en la «Cova de la Vila».

Los descubrimientos del IPHES a partir de 2018 reactivan el interés en la cavidad y J.M. Cervelló, M. Bosch (ambos del ERE del CEC) y el Dr. Antoni Freixes (Kras, Hidrología Experimental) se convierten en colaboradores del proyecto.

La nueva topografía que, con los medios más actuales y sofisticados disponibles en la actualidad, realizó el «Servei d'Arqueologia i Paleontologia (SAP)» de la «Generalitat de Catalunya», en el año 2019, entre las bocas de la cavidad y la «Galeria del Llac» apenas se aparta 50 cm de la topografía realizada por el ERE del CEC entre 1985 y 1990 (Fig. 12).

Los trabajos de investigación del IPHES y del SAP, se apoyan en la topografía del ERE del CEC de 1990 hasta que los investigadores realizan una nueva topografía del sector paleontológico. En los lugares de más difícil acceso continúa utilizándose la citada topografía. Mediante el uso de la alta resolución en 3D los investigadores documentan perfectamente el conjunto de grabados que se analizan temática y técnicamente. También se estudian la secuencia temporal de su ejecución y su distribución espacial. Además, las evidencias geológicas y arqueológicas permitirán determinar el volumen de sedimentos existente y el acceso a la cueva durante el Paleolítico.

BIBLIOGRAFÍA

Pel seu important número i per no carregar en excés aquesta bibliografia, l'autor ha decidit no incorporar-hi la major part de les publicacions del Dr. Josep Maria Vergès Bosch (IPHES, URV), del company i amic Ramon Viñas Vallverdú (URV) i dels nombrosos arqueòlegs i paleontòlegs que hi col·laboren. Tampoc s'inclouen tots els treballs d'aquells que els han precedit en aquests temes. Tots ells apareixen citats en la ponència que J.M. Vergès i R. Vallverdú han presentat en aquestes mateixes jornades.

Autor Anònim (1985). Notícia del Museu de la Vida Rural. L'Espluga, mare i filla de l'aigua. El Francolí, 28 (Segona època), 16-18. Servei de Publicacions del Casal de L'Espluga de Francolí, L'Espluga de Francolí.

Autor Anònim (1957a). Información varia. Cordada, 26, 11.

Autor Anònim (1957b). Información varia. Cordada, 27, 11.

Autor Anònim (1990). Breus. Cova del Francolí. El Francolí, 79 (Segona època), 11. Servei de Publicacions del Casal de L'Espluga de Francolí, L'Espluga de Francolí.

Autors Varis (1989a). Museu de la Vida Rural. L'Espluga de Francolí, 111 p. Fundació Jaume I (Ed.), Barcelona.

Autors Varis (1989b). Museu de la Vida Rural. L'Espluga de Francolí. Nadala XXIII de la Fundació Jaume I, 120 p. Fundació Jaume I, Barcelona.

Autors Varis (2005). 50 anys de la SES. 1955-2005. Any I, N I, 63 p. Societat d'Exploracions Submarines de Tarragona, Barcelona.

Abad, J., & Alonso, J. (1972). Interesante utilaje de bronce de la cueva dels Assedegats o dels Xaragalls. Mediterránea, 7, 19-25.

Ajuntament de L'Espluga (1995). Estatuts del Patronat Municipal de la Cova Museu de la Font Major de l'Espluga de Francolí, 7 p sense numerar. Ajuntament de l'Espluga de Francolí.

Borras, J., Miñarro, J.M., & Talavera, F. (1978). Catàleg Espeleològic de Catalunya, 2, 195-199.

Bosch, M. (1985). Espeleologia. L'Espluga de Francolí. Muntanya, 741, 524-525.

Bosch, M. (1986). La cova de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37, 7-10.

Bosch, M. (1987). Espeleologia. L'Espluga de Francolí. Muntanya, 749, 331.

Bosch, M., Cervelló, J. M., & Romero, M. (1991). Noves dades sobre la cova de l'Espluga. Espeleòleg, 39, 4-10.

Bosch, M. (1993). Institut per a l'Estudi del Carst a l'Espluga de Francolí. Projecte Fi de Carrera. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC.), Barcelona. (Inèdit).

Canela, R., & Carreras, A. (1962). Cova de les Aigues. Esplugas de Francolí. Tarragona. Memòria espeleològica 1962 del Grupo de Espeleologia de Badalona (GEB), 4-5.

Carreres, A. (1991). La Cova dels Moros. Testimoni de la fisonomia remota de l'indret de l'Espluga. El Francolí (Segona època), 28-29. Servei de Publicacions del Casal de L'Espluga de Francolí (Ed.), L'Espluga de Francolí.

Castell, J. (1957). Cova del Francolí. Conca de Barberà. Cordada, 23, 10-11.

Cervelló, J.M., & Freixes, A. (1986). Materials per a una guia del carst de l'Espluga de Francolí. Servei Geològic de Catalunya. (Inèdit).

Cervelló, J.M. (1986). El carst conglomeràtic de l'Espluga de Francolí. Espeleòleg, 37, 3-6.

Costa, P., Lloveras, M., Ortiz, J., & Soler, M. (1989). Proposta d'elaboració d'un avant-projecte de parc geològic a L'Espluga de Francolí, 19 p sense numerar, Terrassa.

D'Espluga, F. (1965). El enigma de las galerías sifonantes. Cavernas, 5 (T II), 149.

Domènech, Ll. (1921). História y arquitectura del Monasterio de Poblet, 35-39.

Equip de Recerques Espeleològiques (1991). El sistema càrstic de la Font Major (L'Espluga de Francolí, la Conca de Barberà). (Inèdit).

Gutiérrez, C. (2009). Un equip d'espeleòlegs s'immergirà en el segon sifó de la Cova de La Font Major de L'Espluga. El Punt. Camp de Tarragona i Terres de l'Ebre, 34 p.

Lloret, J., & Ubach, M. (1983). La cova de 'La Ubriga' (El Vallecillo, Teruel). Avenç al seu estudi. Espeleòleg, 34-35, 213-221.

Martínez, A., & Tudela, M. (2015). Els tresors geològics del paratge natural de Poblet. Itineraris Geològics, 2, 128 p.

Miñarro, J. M., Rubinat, F., & Rubinat, V. (2008-2023). EspeleoIndex. Cova de l'Espluga. Pàgina web. Darrera actualització: 17-11-2012. Consultada: 15-06-2023.

Mor, J., & Martínez, A. (1975-1976). Sobre qualcunes observacions hidrogeològuiques i tèrmiques dels sistemes freàtics i càrstics de Riudabella (Vimbodí-Tarragona). Speleon, 22, 75-107.

Morta, A. (1985). Museu de la Vida Rural. La planta Quarta. El Francolí, 23 (Segona època), 22-23.

Roca, M. (1990). La Font Major. El Francolí, 79 (Segona època), 28-29

Rosell, M.C. (1990). La Cova de l'Espluga atrau l'atenció d'un grup d'espeleòlegs. El Francolí, 79 (Segona època), 18.

Secció d'Investigacions i Recerques Espeleològiques de la Unió Excursionista de Catalunya (SIRE de la UEC) (1964). Exploració de la cova de l' Espluga de Francolí. Senderos, 70, 232.

Turisme de l' Espluga de Francolí (2022). Coves de l'Espluga. Història. Pàgina web. Consultada: 15-06-2023.

Viñas, R. (2021). Descoberta de gravats rupestres a la Cova de la Font Major (Espluga de Francolí, Tarragona) en el context de l'art paleolític i epipaleolític de Catalunya. Espeleocat, 13, 36-49.

Ventosa, E. (1971a). Informe... con relación a la ampliación de la captación de aguas para el abastecimiento de la población. Diputación Provincial de Tarragona. (Inèdit).

Ventosa, E. (1971b). Pou de La Biela de Espluga de Francolí. Memoria. Diputación Provincial de Tarragona. (Inèdit).

Vilaseca, S. (1959). Noticia del hallazgo de objetos de bronce en la Cueva de la Font Major de Espluga de Francolí. Empúries. Revista del mundo clásico y antigüedad tardana, 21, 266-273.

Vilaseca, S. (1969). Cueva de la Font Major. Trabajos de Prehistoria XXVI (Nueva serie), 117-120.

Por su importante número y por no cargar en exceso esta bibliografía, el autor ha decidido no incorporar la mayor parte de las publicaciones del Dr. Josep Maria Vergès Bosch (IPHES, URV), del compañero y amigo Ramon Viñas Vallverdú (URV) y de los innumerables arqueólogos y paleontólogos que han colaborado. Tampoco se incluyen todos los trabajos de aquellos que han precedido en estos temas. Todos ellos aparecen citados en la ponencia que J.M. Vergès y R. Vallverdú han presentado en estas mismas jornadas.

10

Cuevas, abrigos y arte rupestre en el entorno del Sistema Central

Caves, rock-shelters and rock art in the area of the Central System

Sergio Ripoll López[1] y José Latova Fernández Luna[2]

1 *Departamento de Prehistoria y Arqueología. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Nacional de Educación a Distancia. sripoll@geo.uned.es*

2 *ASF-Imagen. latova@asfimagen.es*

Resumen

El Proyecto de Investigación que aquí presentamos pretendía recoger de una forma exhaustiva toda la información referida a las distintas estaciones con arte rupestre, ocupaciones paleolíticas, neolíticas y calcolíticas ubicadas en ambas caras de las distintas sierras que componen el Sistema Central. El alcance buscado era el de promover el uso de tecnologías de la información y los sistemas de documentación 3D del patrimonio más innovadores del momento para que, a través de estas tecnologías, este patrimonio estuviera al alcance de los visitantes de los museos. Con esto se lograría promover la innovación en el desarrollo de productos culturales de alcance suprautonómico con un alto impacto tecnológico, al mismo tiempo que se dispondría de un archivo digital 3D que podría ser empleado por investigadores, protección preventiva del patrimonio o público en general. Dada la problemática de la zona de estudio, donde se había generado mucha información pero no se había tratado de manera conjunta, la modelización geográfica resultó una herramienta fundamental para poder comprender la evolución del territorio. Para desarrollar el estudio propuesto, el primer paso consistió en el diseño de una base de datos espacial planificada especialmente para el caso, capaz de albergar todos los datos existentes de la zona de interés. El correcto diseño de la base de datos fue vital, ya que tenía que convertirse en uno de los recursos esenciales de trabajo. El objetivo final era el poder consultar, desde diferentes puestos habilitados para ello en los museos, los diferentes yacimientos y la documentación existente de los mismos. Las cuevas kársticas no son muy abundantes en el Sistema Central. Hay algunas de gran recorrido, pero la mayoría son pequeñas galerías. Abundan los abrigos generados en los valles fluviales y nuestros antepasados, conocedores del territorio que habitaban, ocuparon la mayoría de éstas oquedades dejándonos evidentes muestras de su sentir estético, espiritual y cultural.

Abstract

The Research Project that we present here sought to collect in an exhaustive way all the information about the different stations with rock art and, Paleolithic, Neolithic and Chalcolithic occupations located on both sides of the different mountains that make up the Central System. The goal was to promote the use of information technologies and the most innovative and up-to-date 3D heritage documentation systems so that through these technologies this heritage would be available to museum visitors. With this, it would be possible to promote innovation in the development of cultural products of supra-autonomous scope with great technological impact, at the same time as a 3D digital file would be available that could be used by researchers, for preventive protection of heritage or by the general public. Given the problems of the study area, where a vast amount of information had been generated but had not been addressed jointly, geographic modeling was a fundamental tool to understand the evolution of the territory. To carry out the proposed study, the first step consisted in the design of a spatial database specially planned for the case, capable of hosting all the existing data about the area of interest. The correct design of the database was vital, since it had to become one of the essential work resources. The final objective was to be able to consult the different sites and the documentation existing about them in the different positions enabled for this purpose in the museums. Karst caves are not very abundant in the Central System. There are some long caves, but most of them are small galleries. Rock-shelters abound in the river valleys and our ancestors, knowledgeable of the territory they inhabited, occupied most of those sites, leaving us clear signs of their aesthetic, spiritual and cultural feelings.

Palabras clave: Arte rupestre, nuevas tecnologías, sistemas de información geográfica, documentación 3D. Paleolítico, Neolítico, Calcolítico.

Key words: Cave art, new technologies, systems of geographical information, 3D documentation. Paleolithic, Neolithic, Calcolíthic.

ARTE RUPESTRE Y ARQUEOLOGÍA ESPACIAL

El abate Breuil propuso una lectura del arte parietal en términos diacrónicos. Las obras de arte eran analizadas en función de una estratigrafía parietal muy forzada, que permitía atribuirles un lugar cronológico. No se hacía ninguna referencia a la repartición espacial de la decoración parietal ni se adelantaba tampoco sobre una eventual organización de las figuras. La espontaneidad aliada a un instinto artístico permitían a ese salvaje cazador y nómada, la creación de un arte animalístico realista, muy bello desde el punto de vista formal pero cuyas representaciones fueron finalmente dispuestos en función del azar a voluntad de sus idas y venidas (Fig. 1).

Sin embargo para Max Raphaël el hecho de que hubiera una proximidad entre diferentes representaciones de animales, implica un sentido intencionado que hay que reencontrar. Las interpretaciones anteriores que concebían el arte paleolítico como una serie de representaciones realizadas de forma aislada o bien que mediante el estudio de palimsestos, que pudieran establecer secuencias cronológicas no se podían mantener según ese investigador, sin plantear una serie de objeciones.

La primera es que precisamente en la mayor parte de los paneles decorados, las obras están agrupadas y no aisladas. La segunda es debida a que el lapso de tiempo que separa las diferentes obras de arte es indeterminable, y en este caso la superposición de diferentes capas puede ser el resultado de un único acto artístico, también porque si la imagen antigua se pudo conservar, podemos suponer que los artistas posteriores la incluyeron deliberadamente en la obra realizada por ellos. Y por último porqué las diferentes técnicas o los diferentes colorantes pudieron haber tenido algún valor simbólico y su empleo simultáneo pudo corresponder a una voluntad precisa.

Figura 1. Mapa de situación del Sistema Central con las provincias que integran el Proyecto Sigarep I y II.

Figure 1. Map with the location of the Central System, showing the provinces included in the Sigarep I and II Project.

Tenemos que esforzarnos en aprehender el arte prehistórico como una manifestación *sui generis* y por tanto el análisis que se debe realizar debe de ser inevitablemente interno. Es chocante constatar hasta qué punto M. Raphaël era fiel a este principio: La interpretación de la decoración figurativa de una estación únicamente se realizará sobre la base figurativa de esa estación, ya que cada lugar posee su propia distribución geográfica de los documentos artísticos. Si la decoración iconográfica de una cueva o abrigo está cargada o contiene un significado, es a esta a la que hay que interrogar para poder concluir algún dato (Fig. 2).

El análisis de las escenas muestra que estas están compuestas esencialmente por representaciones animalísticas y antropomorfas que se encuentran en casi todas las cuevas o abrigos, si bien las relaciones numéricas entre las distintas especies, pueden variar en cada estación. Pero la cuestión que se plantea es evidentemente el saber que representan estos animales ya que no pueden ser una simple figuración de presas cinegéticas, pues los animales representados no se corresponden con los restos óseos que se encuentran en los yacimientos. Hay que tener muy en cuenta el análisis sistemático de los datos como pueden ser el espacio y el movimiento, la posición, dirección e inclinación de los animales, posturas

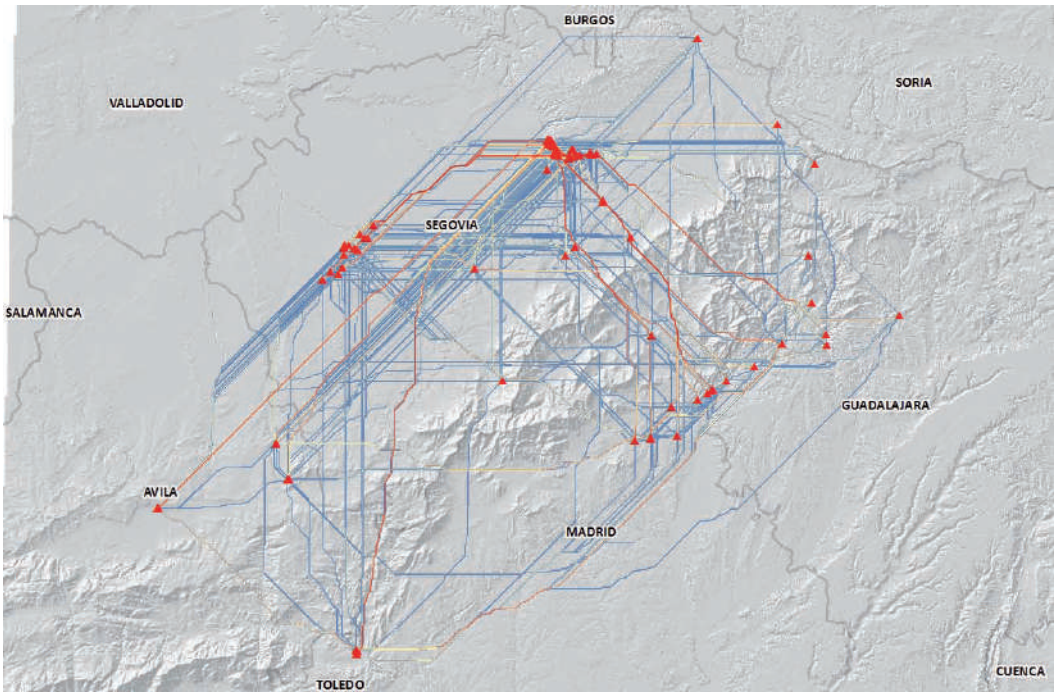


Figura 2. Análisis de las rutas de potenciales. Rutas paleolíticas y probabilidad de paso (alta probabilidad en rojo) en la parte oriental del sistema central, junto con los yacimientos existentes (puntos en rojo).

Figure 2. Analysis of potential routes. Paleolithic routes and probability of passage (high probability in red) in the eastern part of the Central System, together with existing sites (dots in red).

destacadas, actitudes individualizadas, etc. M. Raphaël revolucionó por tanto la lectura del arte parietal. En la medida que el arte prehistórico reflejaba, según este estudioso, unos modelos de organización social, las figuras debían organizarse en una decoración iconográfica en el seno de la cual debían de poder ponerse en relación.

También proponía una lectura espacial de las obras, que otorgaba una gran importancia al soporte sobre el que se desarrollaban, de esta forma las figuraciones se interrelacionaban íntimamente con el soporte. El símbolo era susceptible de recibir cualquier significado pero sin la aportación de la tradición oral, el mensaje significativo, se perdía.

El contexto permitía, según A. Lamming-Emperaire, descubrir las circunstancias materiales de la utilización de una obra, mientras que el contenido podía aclarar los temas preferidos y sus variantes, frecuencia, y la atmósfera diferente elegida para cada uno de ellos. Cada uno de los criterios proporcionaba a Lamming-Emperaire una gran cantidad de resultados.

Nuestros antepasados poseían unas características mentales muy particulares en relación a las que tenían otros animales: la capacidad de comunicación, de análisis, imaginación, abstracción e idealización que actualmente constituyen la base del intelecto humano.

La capacidad y la exigencia para producir arte son debidas a determinadas aptitudes humanas, es decir que a partir de la obra de arte nos podemos remontar hasta sus motivaciones más profundas.

Las representaciones pintadas o grabadas que han llegado hasta nosotros, en un mejor o peor estado de conservación, constituyen la documentación más completa relacionada con el espíritu humano. Las obras artísticas, cognoscitivas, imaginativas, abstractas, idealizadas o bien con una clara función comunicativa, son los testimonios de procesos mentales, conceptuales, éticos y estéticos que han modelado nuestro devenir, hasta el estadio actual.

Los vestigios descritos, ya sean pictóricos o grabados, son testimonios vivos de la creatividad artística del hombre prehistórico.

Los conocimientos actuales que comportan

representaciones figurativas o pictogramas, signos o ideogramas, se manifiestan con la aparición del *Homo sapiens*. No podemos adentrarnos en los modelos conceptuales de los hombres prehistóricos, sin hacer una referencia expresa a los ritos mortuorios que se practicaron desde épocas muy antiguas. Los documentos más antiguos y más claros relacionados con la conceptualidad provienen, de momento, de Europa y Próximo Oriente, y se relacionan directamente con el culto a los muertos. Muestran la preocupación del Hombre frente a la muerte y los indicios de la creencia en una vida más allá. Actualmente no se puede hablar de estos fenómenos en términos de una religión estructurada, pero sin duda existían unas creencias, conceptos e incluso reglas a seguir.

EL ARTE RUPESTRE Y EL LENGUAJE VISUAL

El lenguaje visual es uno de los componentes esenciales del arte visual; pero el arte incluso si se enfoca desde un punto de vista semiótico, conlleva igualmente otros componentes de carácter emotivo o estético. Todos estos elementos implican la posesión de un conjunto complejo de capacidades asociativas, receptivas y comunicativas, las cuales, según nuestros conocimientos actuales, pertenecen específica y exclusivamente al *Homo sapiens*.

El arte suscita y transmite emociones, tanto durante el momento de su producción como en su percepción, pero únicamente las primeras no significan que sea arte. Se apoya sobre un sentido estético pero no se identifica con la estética. El arte es una interpretación más que una representación, transmite mensajes pero no necesariamente informaciones. Es un juego que pone en obra, o puede poner en obra, la simetría y el ritmo, la asimetría y la arritmia que, por tanto, no son arte por sí mismos. Recuerda temas y formas que no son más que elementos o medios artísticos. El arte implica la conceptualidad.

El estudio de expresiones primordiales del lenguaje visual, deja traslucir algunos elementos claramente actuales. El lenguaje visual de los cazadores, recolectores, pescadores y oportunistas, es un lenguaje universal que no ofrece exclusivamente sistemas de representación y un estilo parecido en diferentes partes del mundo, sino que también presenta asociaciones de figuras y símbolos que derivan de una misma lógica e indican una manera de pensar y de expresarse.

Ante ciertas pinturas prehistóricas, descubrimos en nosotros mismos un hilo conductor que nos lleva a la lógica primordial, una lógica a la que se añade una capacidad esencial de comunicación. En esto reside todo el interés del redescubrimiento del arte rupestre. Es menos la identificación de una nueva obra de arte, que el momento en que se asimila plenamente que hizo reaccionar al intelecto, ya que es entonces cuando se descubre uno de los valores fundamentales del arte visual. En este punto es cuando uno se cuestiona cuáles son los mecanismos profundos de nuestro sistema asociativo que nos permiten recibir o al menos percibir los mensajes que algún cazador confió a una superficie rocosa hace entre 35.000 y 10.000 años.

Parece que las características comunes que conciernen al medio ambiente y a la topografía de las estaciones con arte rupestre, reflejan un modo de comportamiento recurrente dentro de la expresión de la creatividad artística primordial a nivel planetario. Nos parece legítimo emitir la hipótesis de que el arte y la conceptualidad han sido a menudo la expresión de una síntesis que se había operado en el espíritu de un individuo o de un grupo de individuos y no hay que excluir en absoluto que en estas sociedades prehistóricas, hubieran existido las condiciones óptimas que permitieran al artista expresarse correctamente y ser mucho más prolífico.

En cuanto a lo que concierne a la motivación

Figura 3. Video 2D del Modelo Virtual de abrigo empleado para difusión. Se pueden apreciar en el video las pinturas existentes (visibles o no al ojo humano), mientras que los investigadores cuentan con el modelo 3D para poder realizar sus estudios. En este caso se trata de la estación del Solapo del Águila en el Barranco del Duratón (Segovia).

Figure 3. 2D Video of the Virtual Model of a rock-shelter used for outreach. The existing paintings (visible or not to the naked eye) can be seen in the video. The 3D model is available to researchers for their studies. In this case, it is the Solapo del Águila site in the Barranco del Duratón (Segovia).

y función del arte en sus inicios, existen una multitud de teorías desarrolladas en un gran número de obras científicas o de divulgación. Únicamente diremos que las hipótesis que se han desarrollado en el último siglo reflejan en su mayoría la mentalidad de sus autores más que la mentalidad que hubieran podido tener los artistas del Paleolítico Superior a los que los primeros se referían.

El mayor mérito de esta avalancha de teorías es la de haber suscitado numerosas cuestiones: ¿Existe alguna que esté verdaderamente fundamentada? ¿Cada una de ellas aporta algún elemento verdadero? ¿Son todas ellas falsas o por lo menos incompletas? Como se puede ver los problemas sobre la interpretación y el significado son múltiples.

La identificación de la especie animal representada o de cualquier otro detalle, es esencial para poder emprender el estudio de una imagen, pero todos estos datos no son suficientes para explicar porque fue realizada o bien el aprehender el sentido de la asociación con los grafismos que la acompañan. Detrás de la imagen existen unas dimensiones que no son mensurables con normas métricas, pero que forman parte de una memoria profundamente enraizada. Esta puede emerger a veces del inconsciente y cuando resurge el sistema lógico, que en un inicio produjo aquellas imágenes, adquirimos los instrumentos que nos permiten comprenderlos.

Cuando no se comprenden los signos, las asociaciones no tienen sentido, las composiciones que se derivan son fortuitas y aunque puedan contener efectos gráficos, estéticos o emotivos, les falta el mensaje explícito o implícito que nos quisieron transmitir sus autores. Los ideogramas son a menudo una especie de leyenda explicativa de los pictogramas. Hay que saber leerlos y comprenderlos en su conjunto (Fig. 3).

El arte rupestre de la zona objeto de este proyecto es de gran importancia por diversas circunstancias. En primer lugar por su interés científico ya que representa el legado cultural de unas gentes que nos precedieron en el tiempo, pero con las que compartimos un espacio geográfico.En segundo lugar, porque se trata de un patrimonio extremadamente frágil, disperso en las distintas sierras y en

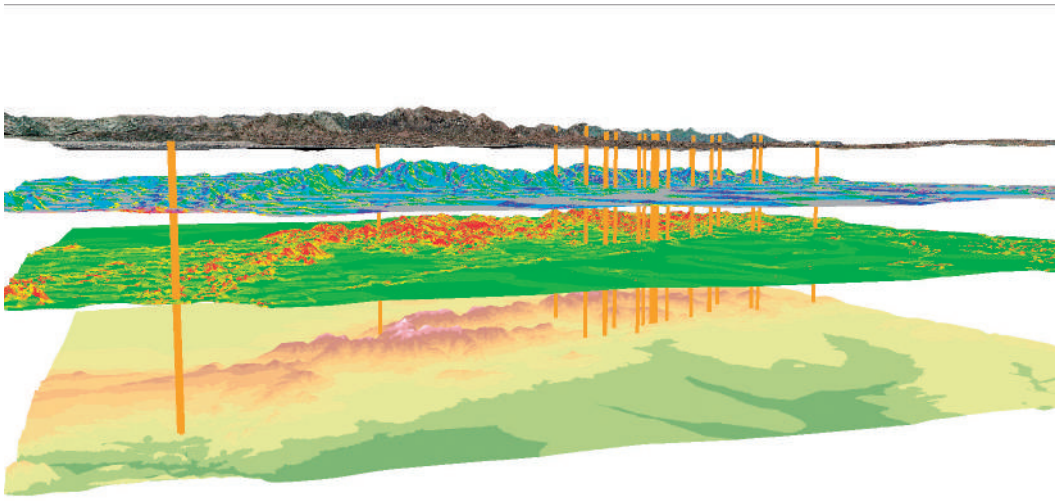


Figura 4. Superposición de 4 capas con información del terreno (elevaciones, pendientes, orientaciones y ortoimagen) del oriente del Sistema Central junto los yacimientos prehistóricos existentes.

Figure 4. Superposition of four layers with terrain information (elevations, slopes, orientations and orthoimage) of the eastern Central System together with existing prehistoric sites.

muchos casos de difícil acceso. A través de este proyecto pretendemos hacerlo accesible al común de los ciudadanos de una forma sencilla, clara y con un lenguaje actual comprensible por todos. La aplicación informática permite el acceso a diferentes niveles de información; desde los escolares hasta los especialistas.

Pero el arte rupestre es uno más de los elementos culturales de nuestros ancestros, que también nos dejaron abundantes evidencias arqueológicas que podemos contemplar en las diferentes instituciones que los conservan y custodian. En el proyecto se trata de localizar geográficamente cada una de las piezas en su contexto arqueológico y geográfico con el fin de que el ciudadano se pueda hacer una idea de los espacios que ocuparon aquellas gentes, sin necesidad de desplazarse hasta las diversas localizaciones.

APLICACIÓN METODOLÓGICA DEL S.I.G.

La creación de modelos geográficos en arqueología mediante Sistemas de Información Geográfica no se popularizó hasta la década de los años 80 del pasado siglo, como herramienta dentro de la investigación histórica y arqueológica. Fue en el contexto anglosajón donde aparecieron las primeras publicaciones sobre esta temática, dando un especial énfasis a los modelos predictivos. De hecho, se trata de una disciplina joven, que sólo tiene unos 30 años de tradición. Vale la pena remarcar que su uso no es generalizado y que todavía no es completo ni global, pero sin duda se trata de una de las renovaciones metodológicas más importantes en los últimos años, en cuanto a arqueología se refiere. Por desgracia, el uso sistemático y generalizado de los SIG en estudios arqueológicos es aún un trabajo pendiente para resolver en nuestro país (Fig. 4).

Durante la última década la popularización de los SIG en arqueología ha sido tal, que la mayor parte de los proyectos con un interés de análisis territorial han migrado sus formas de trabajo a plataformas de análisis de geográfico.

La Arqueología, y particularmente el análisis arqueológico del territorio, además de la gestión patrimonial, mediante la informatización de catálogos e inventarios, han asistido a un aumento en la aplicación de los SIG en su metodología.

Hasta ahora el progreso tecnológico en el campo de la geomática parecía haber alcanzado un nivel en el que el uso principal que se da a los datos geográficos se supeditaba a los actuales «contenedores» de geodatos

Figura 5. Una de las rocas descubiertas en el Valle de las Piedras Sagradas dentro del proyecto Las Representaciones Incisas sobre granito al aire libre en la Comunidad de Madrid. A la izquierda la foto directa y a la derecha la interpretación de las figuras.

Figure 5. One of the rocks discovered in the Valle de las Piedras Sagradas within the project «Las Representaciones Incisas on granite in the open air in the Community of Madrid». On the left the direct photo and on the right the interpretation of the figures.

-los Sistemas de Información Geográfica (GIS), CAD y bases de datos espaciales- y que permitían relacionarlos con los atributos de información (datos demográficos, medioambientales, económicos, etc.)

Por encima de todo, las ventajas de la aplicación de SIG a la arqueología son evidentes, dado que la mayoría de los datos que se tratan son espaciales, en tanto que proceden del registro arqueológico. De la misma manera, el uso de esta herramienta se ha extendido también a otros campos de la disciplina, como por ejemplo la gestión patrimonial de yacimientos, la modelización predictiva, la prospección o incluso la organización de una excavación.

Centrándonos en la creación del modelo geográfico, los datos de entrada procedentes del registro arqueológico, es decir, los datos que introducimos y tratamos con un SIG, pueden proceder de diferentes orígenes:

• La excavación. Se trata de la recogida exhaustiva de la información en un yacimiento concreto, dónde se ubican espacialmente (coordenadas X, Y y Z) los materiales documentados y se describen sus características.

• La prospección. Se trata de datos que nos ayudan a hacernos una idea global del territorio, sugiriéndonos posibles localizaciones de yacimientos y su posible extensión.

La diferenciación entre los dos métodos es importante, ya que uno nos proporciona una visión concreta de un yacimiento, mientras que el otro nos da una perspectiva global del entorno o la región. Por otro lado, los datos procedentes de la prospección suelen estar tomados sobre el terreno, mientras que lo de la excavación tienen X, Y y Z, factor a tener en cuenta.

EL ARTE RUPESTRE AL AIRE LIBRE SOBRE SOPORTES GRANITICOS EN MADRID.

El descubrir un extenso conjunto de representaciones paleolíticas al aire libre, en granito y en la zona de la Sierra Oeste de la Comunidad de Madrid, supone un hallazgo de singular importancia. Aún sin ser el conjunto de arte rupestre paleolítico al aire libre más espectacular, lo que hace exclusivo y fundamental al Valle de las

Piedras Sagradas, es que es la primera vez que se documenta en granito, con lo cual se ha creado un patrón de búsqueda que permitirá identificar otras estaciones hasta ahora desconocidas. Generalmente en las zonas graníticas se buscan representaciones pintadas, pero se obviaba la posibilidad de figuras incisas. Es muy probable que este paradigma granítico se extienda por otras muchas zonas, simplemente hay que buscarlo e identificarlo. A partir de ahora habrá que volver a revisar todos los afloramientos con este tipo de soporte ya que es muy posible que haya más conjuntos grabados.

El objetivo primordial es adquirir nuevos conocimientos, integrarlos y aplicarlos directamente a través de la generación de herramientas que ofrezcan soluciones a un gran reto de la sociedad española: la conservación del Arte Prehistórico, desde un punto de vista integral y multidisciplinar. Es interesante destacar la originalidad de este planteamiento multidisciplinar, ya que hasta ahora, los escasos estudios realizados sobre temas similares han tratado los problemas de manera muy parcial, siempre orientados al arte rupestre, o a la dinámica de las cuevas, o a la conservación de las especies cavernícolas, pero nunca teniendo en cuenta todos estos elementos simultáneamente. Por otra parte, las tecnologías que se van a aplicar ya han sido utilizadas previamente de manera básica o puntual, sin la explotación de toda su potencialidad para obtener resultados novedosos, como los que esperamos obtener en este proyecto. En cuanto a la relevancia de las actividades de investigación propuestas, el título del proyecto lo evidencia claramente: nos estamos enfrentando a la pérdida de un patrimonio insustituible, cuya transmisión a las futuras generaciones es nuestra obligación, pero sin olvidar que tanto su gestión, como su conservación deben ser compatibles con la supervivencia de especies únicas y protegidas que habitan estos lugares rupestres. Por último, los conocimientos derivados de este estudio supondrán un incremento sustancial y cualitativo de la información disponible sobre conservación de estaciones con arte rupestre y especies protegidas cavernícolas, así como sobre las interacciones entre los diferentes elementos bióticos y abióticos de dichos lugares (Fig. 5).

Se pretende alcanzar los objetivos planteados a través de la colaboración de varios equipos, entre ellos un equipo especializado en arte rupestre de la UNED, así como varias empresas que trabajan en el tema propuesto, y cuyas diferentes especialidades van a cubrir los diferentes aspectos del estudio a realizar.

Nuestro deber para con las generaciones futuras es el de intentar transmitir este precioso legado en unas condiciones óptimas o, por lo menos, en las mismas circunstancias que nosotros las recibimos.

CONCLUSIONES

El Proyecto de Investigación SIGAREP I y II, ha proporcionado hasta el momento unos resultados cuanto menos inesperados. Por una parte hemos podido constatar directamente la fragilidad de este patrimonio que no sólo se ve alterado por causas naturales sino que en muchos casos es la acción antrópica la que lo daña. Por otra parte, y posiblemente la más sorprendente, es la ingente cantidad de nuevas iconografías que hemos documentado aplicando la metodología descrita en el precedente texto. En algunas estaciones concretas el incremento alcanza casi un 40% respecto a lo que aparece en las publicaciones. La presencia de determinadas figuras en determinados contextos como puede ser el caso del abrigo de la Peña del Castrejón en Ávila va a provocar el replanteamiento de determinados horizontes artísticos en zonas totalmente ajenas.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Ossorio, F. (1944). Cueva del Reguerillo, en término de Patones (Madrid). Boletín de la Real Academia de Historia, CXIV, 11-14.

Bécares Pérez, J., Corchón Rodríguez, M.S., González-Tablas Sastre, F.J., & Lucas Pellicer, M.R. (1988-1989). El Arte Rupestre prehistórico en la región castellano-leonesa (España). Zephyrus: Revista de Prehistoria y Arqueología, 41-42, 7-18. ISSN 0514-7336.

Binford, L.R., & Binford. S. (1968). New perspectives in achaeology. Aldine, Chicago.

Breuil, H. (1920). Miscellanea d'art rupestre, cueva de Reguerillo, prés Torrelaguna (Madrid)., Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, XX. 369-376.

Breuil, H. (1933). Les Péintures rupestres schématiques de la Péninsule Iberique. Vol. 1 (Au nord du Tage). 32-36. Lagny.

Cabré Aguiló, J. (1915). El arte rupestre en España (regiones septentrional y oriental), Memorias de la Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas, 1.

Cabré Aguiló, J. (1941). Pinturas y grabados rupestres esquemáticos de las provincias de Segovia y Soria. A.E.A. Madrid.

Canto, A.M. (1994). La piedra escrita de Diana, en Cenicientos (Madrid), y la frontera oriental de Lusitania, Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid, 21, 271-296, DOI: 10.15366/cupauam1994.21.008.

Carballo, J. (1917). Nuevos descubrimientos de cuevas de arte rupestre prehistórico en la región de Sepúlveda. B.R.S.E.H.N., T. XVII, 9,544-546. Madrid.

Cerralbo, Marqués de (1918). El arte rupestre de la región del Duratón. B.R.A.H., T. LXXIII, 127-160. Madrid.

Clark, G.A. (1983). Una perspectiva funcionalista en la Prehistoria de la región cantábrica. En: Homenaje al Prof. Martín Almagro Basch, vol. I, 155-170. Madrid.

Conolly, J., & Lake, M. (2006). Geographical Information Systems in Archaeology. Cambridge.

de Balbín Behrmann, R., & Alcolea González, J.J. (1994). Arte Paleolítico de la Meseta Española. Complutum, 5, 97-138.

de Balbín Behrmann, R., Alcolea González, J.J., Santonja Pérez, M., & Pérez Martín, R. (1991). Siega Verde (Salamanca). Yacimiento artístico paleolítico al aire libre. Del Paleolítico a la Historia. Museo de Salamanca (Salamanca), 33-48.

de Balbín Behrmann, R., Alcolea González, J.J., & Santonja Pérez, M. (1994). Siega Verde y el arte rupestre paleolítico al aire libre. 6º Coloquio Hispano-Ruso de Historia. Fundación Cultural Banesto (Madrid), 5-19.

de Balbín Behrmann, R., & Moure Romanillo, J.A. (1988). El arte rupestre en Domingo García (Segovia). Revista de Arqueología (Madrid), 87, 16-24.

Gómez Barrera, J.A. (1993). Arte rupestre Prehistórico en la Meseta Catellano Leonesa. Junta de Comunidades de Castilla y León (Valladolid).

Hawkes, Ch. (1954). Archaeological theory and method: some suggestions from the Old World. American Anthropologist, 56, 155-168.

Hayden, B. (1981). Research and develoment in the Stone age: technological transition among hunter. gatherer. Current Anthopology, 22, 519-548.

Hayden, B. (1992). Competition, Labor and Complex Hunter-Gatherers. In: Ernest, S., Burch, J., Ellana, I. (eds.), Key issues in Hunter-Gatherer Rechearch (Explorations in Anthopology), 223-239. Oxford.

Hodder, I., & Orton, C. (1976). Spatial Analysis in Archaeology. Cambridge.

Laming Emperaire, A. (1962). La signification de l'art paléolithique. Editions Picard. Paris.

Leroi-Gourhan, A. (1965). La Préhistoire de l'art occidental. Edit. Mazenod, (París).

Lucas de Viñas, M. R. (1971). Las pinturas rupestres del Solapo del Águila (Río Duratón, Segovia). Trabajos de Prehistoria, 28, 119-152.

Lucas Pellicer, M. R. (1999). Arte Rupestre Paleolítico en Madrid: La Cueva del Reguerillo. Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología, 39, 127-140.

Lucas Pellicer, M. R. (2003). Los grabados paleolíticos de la Cueva del Reguerillo (Patones, Madrid). En: Actes del I Congrés Internacional de gravats rupestres i murals: homenatge a Lluís Díez-Coronel (Lleida, 23-27 de novembre de 1992), Institut d'Estudis Ilerdencs, 189-197.

Lucas Pellicer, M. R., & Gómez Hernanz, J. (coords.) (2006). Dibujos en la roca: el arte rupestre en la Comunidad de Madrid, Arqueología, paleontología y etnografía, 11, Comunidad de Madrid, Consejería de Cultura y Deportes, Dirección General de Patrimonio Histórico, Madrid.

Lucas Pellicer, M. R. (1973). La pintura rupestre esquemática del Barranco del Duratón (Segovia). Tesis doctoral (inédita) presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, en 1973.

Marqués de Loriana, (1942). Grabados auriñacienses en una cueva de la provincia de Madrid, Archivo Español de Arqueología, XV, 76-78.

Mas, M., Torra, G., Maura, R., & Solís, M. (2010). El arte parietal en la Cueva del Reguerillo (Patones, Madrid). Zephyrus Revista de prehistoria y arqueología, 66, 79-92. ISSN 0514-7336.

Maura, M. (1953). Los dibujos rupestres de la Cueva del Reguerillo (Torrelaguna), provincia de Madrid. II Congreso Nacional de Arqueología (Madrid, 1951), Madrid.

Maura, M., & Pérez de Barradas, J. (1936). Cuevas Castellanas, Anuario de Prehistoria Madrileña, 1933-1935, 107-122.

Raphael, M (1986). L'Art Pariétal Paleolithique, Limoges

Redman, C.J. et al. (1978). Social archaeology beyond subsistence and dating. Nueva York, Londres, San Francisco.

Renfrew, C. (1983). Geography, Archaeology and environment: I Archaeology. The Geographical Journal, 149, 316-323.

Ripoll López, S., & Municio González, L.J. (1994). Un grand ensemble d'art rupestre paléolithique de plein air dans la Meseta espagnole. International Newsletter on Rock Art. Bulletin de l'I.N.O.R.A. (Foix, Francia), 7, 2-4.

Ripoll Perelló, E. (1991). Proyecto sobre estudio de y documentación de los grabados rupestres de Domingo García. Junta de Castilla y León, Dirección General del Patrimonio y Promoción Cultural. Informe inédito.

Testard, A. (1982). Les Chasseurs-Cueilleurs ou l´Origine des inégalités. Societé d´Etnographie. Paris

Testard, A. (1985). Le Comunisme Primitive. Economie et ideologie. Maison des Sciences de l´Homme. Paris

Tringham, R. et al. (1974). Experimentation in the formation of edge damage: a new approach to lithic analysis. Journal of field Archaeology, 1, 171-196.

Vita Finzi, C. (1978). Archaeological sites in their setting. (Thames and Hudson), London.

Wheatley, D., & Gillings, M. (2002). Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS. London.

Zilhao, J. (Coord.) (1997). Arte Rupestre e Pré-História do Vale do Côa. Trabalhos de 1995-1996. Relatorio científico ao Governo da República Portuguesa elaborado nos termos da resoluçâo do Conselho de Ministros núm. 4/96, de 17 de Janeiro. Ministério da Cultura (Lisboa).

11 Aproximación hidrológica de siete manantiales kársticos de la Sierra de Espadán, Castellón

Hydrological approach of seven karstic springs in Sierra de Espadán, Castellón

Jesús Almela Agost[1, 2]

1 *Espeleo Club Castelló. masdexiva@hotmail.com.*

2 *Socio de la Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.*

Resumen

La sierra de Espadán forma parte de las últimas estribaciones del sistema Ibérico antes de llegar al mar Mediterráneo, tratándose de un área de importancia geoespeleológica donde encontramos algunas cavidades activas, entre ellas surgencias kársticas. Analizando la hidrodinámica, hidrogeotermia e hidrogeoquímica de siete surgencias durante el año 2022, se pretende realizar una aproximación hidrológica de cada una de ellas y de forma comparada. Esta información ayuda a comprender la organización del drenaje subterráneo y grado de desarrollo kárstico, que vienen condicionados por las estructuras geológicas y las cuencas de captación.

Abstract

Sierra de Espadán is part of the last foothills of the Iberian system before reaching the Mediterranean Sea, being an area of geospeleological importance, where we find numerous active cavities and karstic springs. Analyzing the hydrodynamics, hydrogeothermal and hydrogeochemistry of seven springs during the year 2022, it is intended to make a hydrological approximation of each one of them and in a comparative way. This information helps to understand the organization of underground drainage and the degree of karstic development, which are conditioned by geological structures and catchment basins.

Palabras clave: Karst mediterráneo, Sierra de Espadán, surgencias kársticas, hidrogeología.

Key words: Mediterranean karst, Sierra de Espadán, karst springs, hydrogeology.

INTRODUCCIÓN

Las cavidades y el karst de la Sierra de Espadán han sido objeto de numerosas exploraciones y publicaciones de carácter espeleológico en las últimas décadas. Han despertado su interés las cavidades activas, que forman pequeños ríos subterráneos, hecho prácticamente insólito en el karst Mediterráneo de la Comunidad Valenciana, donde aparecen con mayor frecuencia cavidades semiactivas o fósiles.

En la catalogación e inventario de cavidades en el sector de Espadán, en los últimos años se ha abordado desde una aproximación hidrológica, atendiendo a las subdivisiones hidrogeológicas o sistemas de drenaje, donde se estudian todas las cavidades de una misma cuenca hidrológica y con un punto de descarga común (Almela, 2021; Almela, 2023a; Almela, 2023b). Con ello nos aproximamos a la contextualización del acuífero kárstico, teniendo en cuenta todos los fenómenos implicados en el drenaje subterráneo, tanto activos, como semiactivos o también los fenómenos que componen el paleokarst (Palmer, 2012).

Las líneas que siguen, pretenden ser una aproximación hidrológica de siete surgencias kársticas, todas ellas relacionadas con cavidades de diferentes características, donde se han monitorizado durante el año 2022. Por tanto, la información de todas ellas comparada y analizada individualmente aporta información sobre sus características y organización del drenaje.

MARCO GEOLÓGICO Y ESPELOELÓGICO

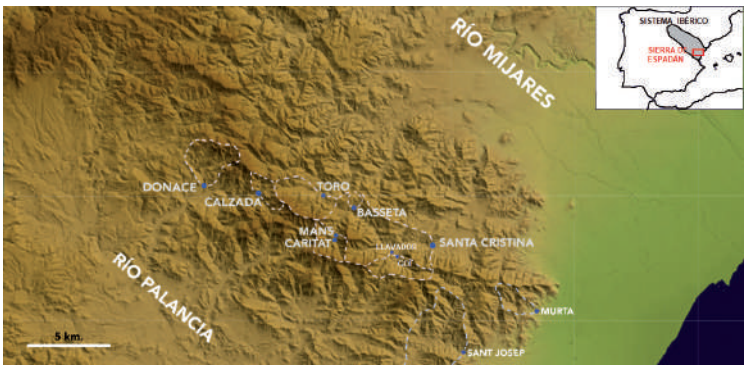
La sierra de Espadán, junto con la vecina sierra Calderona, constituyen uno de los más extensos afloramientos triásicos de la península Ibérica (Garay, 2000). Ambas alineaciones montañosas quedan separadas por el valle que forma el río Palancia y representan las últimas estribaciones del Sistema Ibérico antes de alcanzar el mar Mediterráneo, por lo que en ella el relieve se

Figura 1. Vista de la vertiente sur de la sierra desde el pico Espadán (1.099 m). Al fondo se emplaza el valle que forma el río Palancia, con la población de Segorbe a la izquierda y Algimia de Almonacid a la derecha.

Figure 1. View of the southern slope of the sierra from the Espadán peak (1,099 m). In the background is the valley formed by the Palancia river, with Segorbe town on the left and Algimia de Almonacid on the right.

ubicará desde los 100 hasta los 1.100 metros, encontrando acusados desniveles (Fig. 1). Centrándonos en la sierra de Espadán, se ubica en el sur de la provincia de Castellón, entre los ríos Palancia y Mijares, formando un espacio de 39 kilómetros de longitud por 17 de anchura, con un eje principal NO-SE, donde se ubican las principales cumbres (Fig. 2). Parte de este territorio forma parte del Parque Natural, que agrupa 19 municipios, siendo el mayor Espacio Natural protegido de la Comunidad Valenciana.

Geológicamente en esta alineación montañosa aparece la serie triásica bien representada, con areniscas del Triásico inferior Buntsandstein, dolomías del



Muschelkalk, y finalmente las margas y yesos del Triásico superior Keuper. En la periferia de la sierra aparecen numerosos afloramientos jurásicos (Gutiérrez & Pedraza, 1973), a modo de elevaciones aisladas, que a nivel espeleológico quedan en un segundo plano (Fig. 3). Asimismo, la presencia de un anticlinorio dirección

Figura 2. Mapa de la sierra de Espadán con las diferentes surgencias y sus zonas de influencia o cuencas de captación.

Figure 2. Map of Sierra de Espadán with different upwellings and their areas of influence or catchment basins.

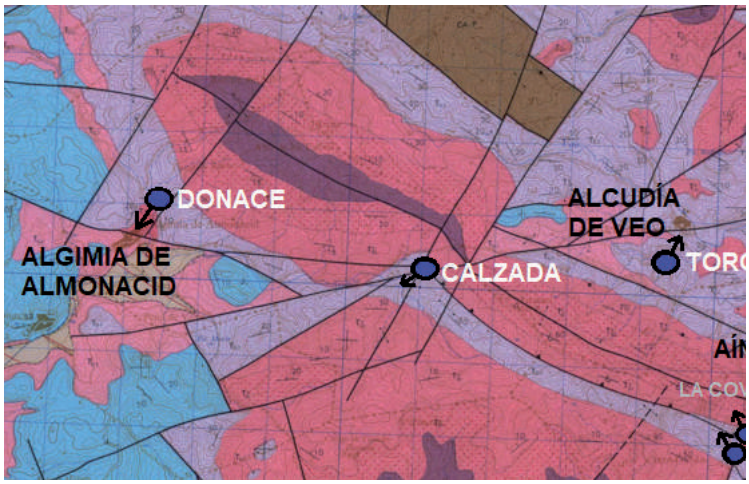


Figura 3. Mapa geológico escala 1:50.000 (Gutiérrez & Pedraza, 1973) con la ubicación de las surgencias citadas en la tabla I y las cavidades activas más interesantes.

Figure 3. Geological map scale 1:50.000 (Gutiérrez & Pedraza, 1973) with the location of the upwellings mentioned in table I and the most interesting active cavities.

ONO-ESE acompañado por una densa red de fallas de distintas direcciones, da lugar a un mosaico de dovelas, con superficies relativamente pequeñas, que provoca una compartimentación del territorio y de las zonas de descarga, como se aprecia en el sector estudiado.

En el sector más oriental de la sierra de Espadán es donde se encuentran el mayor número de cavidades activas, tanto surgencias permanentes o temporales, como simas con pequeños cursos activos. También cavidades colgadas decenas de metros por encima de los cauces actuales, cuyos sedimentos y espeleotemas señalan su pasado activo, estando ahora desconectadas del acuífero. En este trabajo se analizan con mayor detalle siete surgencias, todas ellas relacionadas con diferentes cavidades (1 a 7 de la tabla I) y ubicadas en un espacio de unos 125 km^2. En la descripción del sector también se incluyen algunas de las cavidades más relevantes, que, aunque queden fuera de los límites del trabajo (8 a 10 de la tabla I), ayudan a contextualizar el karst del Espadán.

El valle que forma el Barranc d'Eslida y que une las poblaciones de Aín, Eslida y Artana, aguas abajo se une al riu Anna. En su parte intermedia se encuentran la Font de Santa Cristina (Artana) que constituye el nivel base del denominado sistema kárstico Aín – Artana (Almela, 2021), abarcando un impluvio de 22,7 km^2 y donde quedan implicadas cavidades activas como La Covatilla (Aín) y la Cova dels Ametlers (Artana), y muchas otras fósiles, desconectadas de la circulación actual y elevadas decenas de metros sobre el nivel base actual.

Dentro del impluvio de la Font de Santa Cristina se encuentran otros manantiales kársticos que lo alimentan, también relacionados con cavidades y que al mismo tiempo forman pequeños sistemas kársticos o puntos de descarga. En las inmediaciones de la población de Eslida se encuentran los manantiales temporales del Llavador y Motor de Goi, relacionados con la Cova de la Matilde y el sondeo que abastece a la población (Almela, 2020; Domínguez, 2014).

Aguas arriba, cerca de Aín se desarrolla el manantial de la Font de la Basseta, con un trop plein elevado 1,5 metros sobre la fuente y 5 metros por encima de este, las cavidades fósiles de les Coves del Bou y el Gat.

Al sur de la población de Aín, pero en un afloramiento dolomítico diferente al anterior se encuentran las surgencias activas de la Cova de les Mans y la Font de la Caritat (Almela, 2023a), separadas entre ellas a 120 metros, que aportan sus aguas al barranc d'Eslida y a la captura que forma el río subterráneo de La Covatilla, que presenta relación directa con la Font de Santa Cristina (Fig. 4).

En la vecina población de Alcudia de Veo, ya dentro de la vertiente hidrológica del río Veo, tributario del riu Sonella y posteriormente riu Anna, se encuentra la conocida Cueva del Toro, ubicada en el barranco de la Chelva (Fig. 4). Esta surgencia recoge las aguas de la vertiente norte del pico Espadán. La cavidad está formada por la surgencia activa y una segunda entrada que forma un nivel fósil, con un desarrollo total de 848 metros. Además de la cavidad principal, aparecen otras pequeñas cavidades fósiles emplazadas por encima del dren activo.

En la otra vertiente del pico Espadán que vierte sus aguas al río Palancia, se emplazan otras dos surgencias, dentro del término municipal de Algimia de Almonacid. El manantial de la Calzada se ubica por debajo del collado de la Nevera y pico de Espadán, drenando un estrecho afloramiento de dolomía. Por encima del manantial principal se emplazan hasta 4 salidas temporales, siendo la más elevada la Cueva del Camino de la Alcudia-2. Aguas abajo de la rambla del Almarche y en las inmediaciones de Algimia de Almonacid se ubica la Fuente Donace, que mana de una cavidad sumergida donde se han explorado 140 metros con medios de espeleobuceo. Esta drena parte de la vertiente sur del pico de la Rápita.

También en la vertiente sur de la sierra, pero más hacia el este se encuentra la sima Posos (Azuébar), extensa cavidad, que tras su desarrollo vertical inicial da paso a una red con un curso activo y numerosos aportes temporales con más de 6 kilómetros de recorrido explorado y que parece drenar hacia alguna de las surgencias inmediatas al cauce del río Palancia (Almela, 2023b). Más hacia el este y en contacto con la llanura litoral se desarrollan les Coves de Sant Josep (La Vall d'Uixó), cavidad surgente de 3 kilómetros de desarrollo acondicionada parcialmente para el turismo y que en importantes crecidas puede alcanzar puntas en torno a 8 m³/s (Garay, 2000). Finalmente,

Figura 4. Arriba: cascada en la Cueva del Toro. Abajo: Tramo río arriba de La Covatilla.

Figure 4. Above: waterfall in Cueva del Toro. Below: Upstream section of La Covatilla.

Tabla I. Listado de las principales surgencias kársticas de la sierra de Espadán con su cota y extensión de su cuenca de captación o impluvio kárstico. Dentro de su cuenca suelen estar en relación con cavidades de diferente tipo: activas, semiactivas o fósiles, formando un paleokarst.

Table I. List of the main karstic springs of Sierra de Espadán with their height and extension of their catchment basin or karstic impluvium. Within their basin they are usually in relation to cavities of different types: active, semi-active or fossil, forming a paleokarst.

SURGENCIA/CAVIDAD	COTA SURGENCIA	ENDOKARST RELACIONADO			CUENCA DE CAPTACIÓN (km²).
		activo	semiactivo	paleokarst	
1- Font de Santa Cristina	274	X	X	X	22,7
2- Font de la Basseta	484			X	0,9
3- Font de la Caritat	530	X		X	2,9
4- Cova de les Mans	519	X		X	2,9
5- Cueva del Toro	440	X		X	5,3
6- Manantial de la Calzada	585		X	X	2,6
7- Fuente Donace	475	X			5,5
8- Coves de Sant Josep	139	X	X	X	32,0
9-Font de Murta	73		X		4,0
10-Motor de Goi/ Font del Llavador	442	X	X	X	3,1

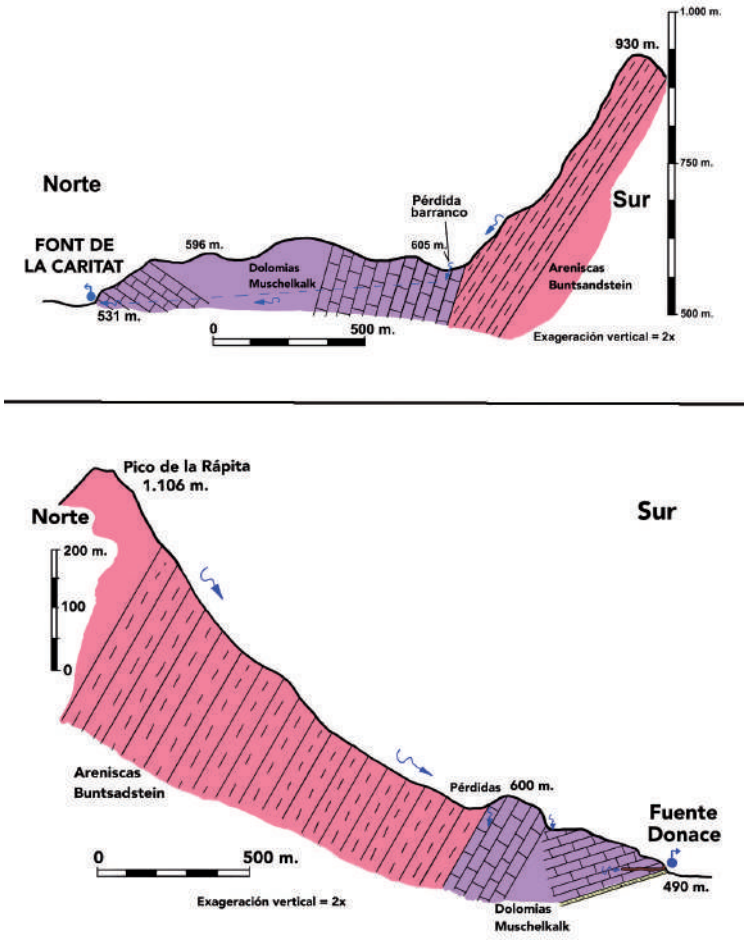


Figura 5. Corte geológico típico de las surgencias descritas, con areniscas en las partes superiores y dolomías en las cotas inferiores, donde tiene lugar el desarrollo de cavidades. Arriba: Cuenca de captación de la Font de la Caritat y abajo de la fuente Donace.

Figure 5. Typical geological section of the described upwellings, with sandstones in the upper parts and dolomites in the lower levels, where the development of cavities takes place. Above: Catchment basin of Font de la Caritat and below Donace fountain.

también en el límite con la llanura litoral pero más al norte, encontramos la Font de Murta (Nules), surgencia temporal que mana del interior de una pequeña cavidad.

El escenario de las surgencias o cavidades activas ahora descritas responde a un mismo patrón geológico. Los afloramientos de dolomías donde se desarrollan las cavidades, generalmente se presentan en forma de barras con un acusado buzamiento que en ocasiones tienden a la verticalidad, ubicándose en cotas más bajas, mientras que los de arenisca son los que forman las cumbres más elevadas, estableciendo laderas con pendientes muy pronunciadas. En todos los casos expuestos nos encontramos ante sistemas binarios. La cuenca de captación o impluvio kárstico queda formada mayormente por areniscas, descendiendo los barrancos hacia las zonas inferiores donde encontramos los afloramientos dolomíticos (Fig. 5). Este escenario hace que en los contactos de materiales encontremos numerosas pérdidas que representan puntos de alimentación para las surgencias y que tienen gran interés en el funcionamiento de estas durante las crecidas.

Atendiendo a la sectorización hidrogeológica establecida en el dominio Triásico de Espadán-Calderona, mediante unidades de drenaje (Garay, 2000), las surgencias antes expuestas quedan de la siguiente manera: en la unidad de drenaje Aín-Eslida, encontramos la Font de Santa Cristina, la Font de la Basseta, la Font de la Caritat, cova de les Mans y las surgencias temporales del Llavador, Motor de Goi y Font de la Murta. En la unidad de drenaje de Alcudia de Veo encontramos la Cueva del Toro, que limitaría por el sureste con la anterior y al suroeste con la unidad de Algimia de Almonacid, donde encontramos el manantial de la Calzada y la fuente Donace. Al sur de las anteriores unidades de drenaje se desarrolla la extensa unidad Castellnovo-Azuébar, donde se abre la sima Posos, y limitando con esta por el noreste, la unidad de drenaje Alfondeguilla-Sant Josep, cuyo punto principal de descarga son les Coves de Sant Josep.

MATERIALES Y MÉTODOS

El conocimiento del karst se puede abordar desde tres puntos de vista (Mangin, 1975; Freixes, 1993) que aportaran información en diferentes campos. El punto de vista geomorfológico es el que describe las formas del karst y los clasifica en función del clima, centrándose en el exokarst. El punto de vista espeleológico describe las cavidades subterráneas accesibles, estudiando los procesos geológicos que las formaron. Esta aproximación tiene una visión reduccionista, ya que los conductos explorados suponen alrededor de un 0,2%, mientras que la estructura de los vacíos que forma un acuífero kárstico puede alcanzar el 15% o valores superiores. Finalmente, el punto

Tabla II. Datos de pluviometría de 2022 de las diferentes localidades inmediatas a la zona de estudio, obtenidas de AVAMET (https://www.avamet.org/).

Table II. 2022 rainfall data of different localities close to the study area, obtained from AVAMET (https://www.avamet.org/).

Estación	Acumulado anual (mm)	Máximo diario (mm)	N° de dias precipitación más de 20 mm	Episodio precipitaciones (mm)			
				19 al 26 de marzo	12 a 14 abril	3-4 de mayo	12-13 de noviembre
Eslida	1.339,4	374,0	15	611,0	79,4	84,0	114,2
Aín	1.124,6	251,4	14	472,8	67,0	79,4	146,4
Alcudia de Veo	1.159,8	238,2	12	477,3	55,5	86,1	160,3
Algimia de Almonacid	741,4	147,6	11	280,7	33,2	44,9	45,0

de vista hidrológico, que reconoce el karst como un acuífero, donde la circulación de las aguas es el proceso fundamental. El acuífero kárstico presenta unas particularidades que lo definen, teniendo gran protagonismo para su estudio los puntos de descarga o surgencias. Esta visión hidrológica es con la que pretendemos abordar el conocimiento de estas surgencias.

El estudio de la hidrología de las diferentes surgencias, se ha abordado desde la aproximación funcional, donde se tienen en cuenta diferentes variables como la hidrodinámica, hidrogeotermia e hidrogeoquímica. Durante el año 2022 se han monitorizado las siete surgencias con un control sistemático mediante una regularidad quincenal, aunque en los episodios de aguas altas este control ha sido más frecuente, para reconocer los cambios en la química y temperatura del agua y su relación con las aguas meteóricas. Asimismo, también se han prospectado en busca de pérdidas, comprobando en algunos casos el tiempo de funcionamiento, así como la visita de algunas cavidades para observar su relación con el drenaje o tiempo de actividad en el caso de ser surgencias temporales.

Referente a la fase de estudio de estas surgencias, únicamente se ha localizado información puntual de sus diferentes parámetros, sin conocer la evolución de estos a lo largo de un periodo prolongado (Morell, 1992; Garay, 2000; Domínguez, 2014), por lo que la información obtenida ahora resulta novedosa y constituye una aproximación inicial en el estudio de estos sistemas kársticos. Siguiendo la propuesta de la secuencia de fases de estudio de los medios kársticos, propuesta por Crochet y Marsaud (Crochet & Marsaud, 1997) nos encontraríamos en la fase 1 que corresponde con la identificación de la presencia de reservas, así como una caracterización de los parámetros básicos de conductividad y temperatura.

Sobre las precipitaciones registradas en las diferentes localidades, han sido obtenidas de los datos disponibles de Avamet (Associació Valenciana de Meteorologia) que dispone de registros en Eslida, Aín, Alcudía de Veo y Algimia de Almonacid (Tabla II). Comparando los registros se aprecia como en la parte norte de la sierra las precipitaciones son más abundantes. En marzo, abril, mayo y noviembre se registraron cuatro eventos de precipitaciones que suponen entre un 55 y 68% del total anual. Es decir, en tan solo 15 días se recoge gran parte de las precipitaciones anuales, quedando las restantes en periodos más aislados, siendo mucho menos representativos y con menor influencia en los manantiales kársticos.

RESULTADOS

Hidrodinámica.

Se ha analizado la evolución de los diferentes caudales, que al tratarse de manantiales escogidos de forma discriminada y por tanto de carácter kárstico y relacionados con cavidades, todos presentan cambios

Figura 6. Diferentes rebosaderos o *trop plein* en actividad: A, Manantial superior de la Font de la Basseta, por encima las entradas de les Coves del Bou y del Gat. B, Manantial superior de la Font de Santa Cristina, acondicionado a principios del siglo XIX. C, Entrada de la cueva del camino de Acudía-2 en actividad.

Figure 6. Different overflows or* trop plein *in activity: A, Upper spring of Font de la Basseta, above the entrances of Coves del Bou and Gat. B, Upper spring of Font de Santa Cristina, conditioned at the beginning of the 19th century. C, Cave entrance on camino de Acudía-2 in activity.

bruscos como respuesta a las crecidas (Tabla III). De los siete manantiales estudiados, tres de ellos tienen salidas temporales o *trop plein* ubicados pocos metros por encima de las surgencias que establecen el nivel base, que mantienen una duración más o menos prolongada tras intensas precipitaciones (Fig. 6). En la crecida de marzo el manantial superior de la Font de Santa Cristina permaneció activo durante 8 semanas. En el manantial de la Calzada, se localizaron cuatro salidas temporales. La cueva del camino de Alcudia-2, que se ubica 4 metros sobre la surgencia, estuvo unos 6 días activa, mientras que otro pequeño rebosadero ubicado 2 metros por encima del manantial principal no cesó hasta pasadas 8 semanas. También el trop plein superior de la Font de la Basseta permaneció activo durante 10 semanas.

Sobre los datos obtenidos, se aprecia como el máximo de caudal para todos los manantiales ha tenido lugar en la crecida marzo, mientras que los mínimos de caudal se registran en enero. Se observan dos tipos de surgencias (Fig. 8) en función del volumen de descarga; un primer grupo con caudales medios más o menos importantes y que experimentan crecidas con puntas en torno a 1 m^3/s o superiores. En este grupo encontramos la Font de Santa Cristina con caudales máximos de 2,5 m^3/s, Cueva del Toro con 1,8 m^3/s, Font de la Caritat 0,95 m^3/s y Fuente Donace 0,85 m^3/s (Fig. 7). Todos son aprovechados de manera directa o indirecta para el abastecimiento de las localidades inmediatas. El otro grupo está formado por manantiales con un caudal más modesto y que con motivo de una sequía muy prolongada pueden llegar a secarse. Estos son la Font de la Basseta, Cova de les Mans y manantial de la Calzada, con un caudal base escaso y un máximo que apenas supera los 50 l/s en grandes crecidas.

Los hidrogramas analizados presentan puntas muy marcadas, con decrecidas rápidas que muestran una duración entre 2 y 6 días y agotamientos más aplanados. En este aspecto, todos los manantiales comparten unas características comunes, que en cada caso vienen matizados por aspectos particulares como la extensión de su cuenca. Estas puntas alcanzadas en las crecidas, posiblemente señalen la influencia de una recarga rápida que se origina fundamentalmente en las pérdidas de los diferentes cauces de barrancos. La Font de Santa Cristina, a diferencia de las otras surgencias, es el manantial que responde ante eventos menores, experimentando pequeñas crecidas ante precipitaciones de entre 10 o 20 litros en 24 horas. En las otras surgencias estas precipitaciones menores apenas tienen incidencia. En el caso de las 4 crecidas acontecidas en 2022 (Tabla II), se aprecia como las crecidas de abril y mayo quedan influenciadas por el episodio excepcional de marzo y, por el contrario, el episodio de noviembre, que acontece tras un largo periodo seco apenas tiene incidencia, a pesar de registrarse mayores precipitaciones. En esta crecida de noviembre también se nota una diferencia entre la Font de Santa Cristina respecto al resto de manantiales, donde tiene una repercusión importante en Santa Cristina, alcanzando un caudal 1,3 m^3/s, mientas que en las otras surgencias la crecida no resulta tan notable. Cabe recordar

que la cuenca de captación de Santa Cristina es mayor que en el resto de los manantiales (Tabla I).

En la comparativa de los caudales, un hecho que resulta paradigmático es el funcionamiento tan dispar de las surgencias de Mans y Caritat, que se ubican a escasos metros una de la otra y los conductos de la cova de les Mans quedan 6 metros por debajo de los de la Font de la Caritat. Interpretamos que actualmente forman parte de sistemas diferentes, aunque en el pasado podemos suponer que existiría una relación hidrológica entre ambas (Almela, 2023).

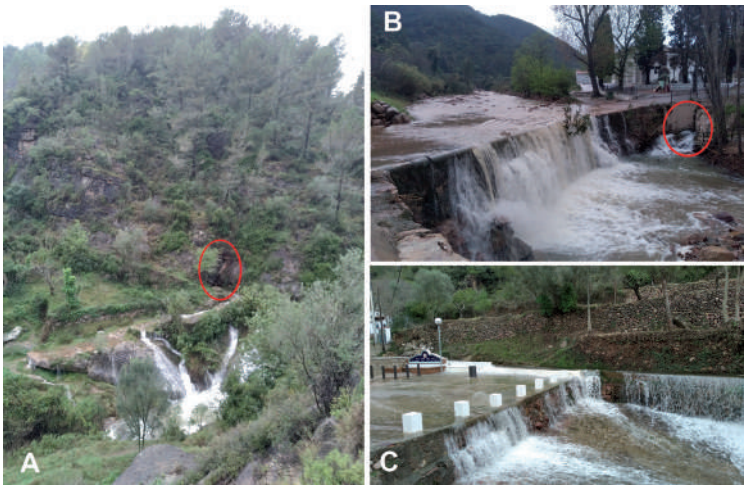


Figura 7. Manantiales durante la crecida de marzo. A, Cueva del Toro, B, Manantial intermedio de Santa Cristina uniéndose sus aguas a las del barranc d'Eslida. C, Fuente Donace.

Figure 7: Springs during March's flood. A, Cueva del Toro, B, Intermediate spring of Santa Cristina joining its waters to those of Eslida ravine. C, Fuente Donace.

Hidrogeotermia.

En la interpretación de los datos de temperatura es importante fijarnos en las cotas de las surgencias, que se ubican entre 274 y 585 metros, con cerca de 300 metros de diferencia (Tabla I). En general la evolución de la temperatura presenta un marcado carácter estacional, estando afectada por las temperaturas exteriores, que parecen obedecer al gradiente marcado por la cota. Evidentemente, las variaciones más significativas vienen condicionadas por las crecidas, que provocan en las surgencias cambios bruscos de temperatura.

Las temperaturas medias oscilan entre 14,5°C del mantanial de les Mans y 16,2°C de la fuente Donace (Tabla III). Respecto a las mínimas, coinciden todas en la crecida de marzo menos en la Font de la Basseta, que tiene lugar tras la crecida de abril. En los máximos de temperatura existe variación, ubicándose entre agosto y noviembre, correspondiendo con la fase de agotamiento, donde suponemos que se alcanza un equilibrio térmico entre la roca y el agua. En agosto las máximas se alcanzan en Mans y Donace; en septiembre la Caritat; en octubre para Calzada y en noviembre para Santa Cristina, Toro y Basseta.

La recuperación de la temperatura presenta una estrecha relación con el caudal, siendo más rápida para la Font de la Basseta y la Cova de les Mans, entre 2 y 3 semanas. Unas 10 semanas para el manantial de la Calzada y para el resto de las surgencias la recuperación tarda alrededor de 14 semanas. La temperatura evoluciona más rápido para las surgencias con menor entidad y más lento para el resto, que son las que presentaran mayores reservas.

Respecto a la amplitud de temperatura (Tabla IV), el manantial de la Calzada es el que presenta una variación más estrecha, con 1,5°C, mientas que la Font de la Basseta presenta la máxima amplitud de temperatura con 4,4°C. Sobre las curvas de frecuencia de las temperaturas, los manantiales de Mans y Basseta son marcadamente polimodales. Por otro lado, se podrá clasificar a los manantiales del Toro, Santa Cristina, Calzada y Caritat, como bimodales, con una moda muy marcada, que supera el 30%, y otra mucho menos marcada. El caso de Donace, se podrá considerar a caballo entre polimodal y bimodal. Las frecuencias unimodales suelen señalar escasa o nula karstificación, propia de acuíferos fisurados, mientras que las bimodales y polimodales señalan una mejor organización del drenaje, propia de acuíferos kársticos.

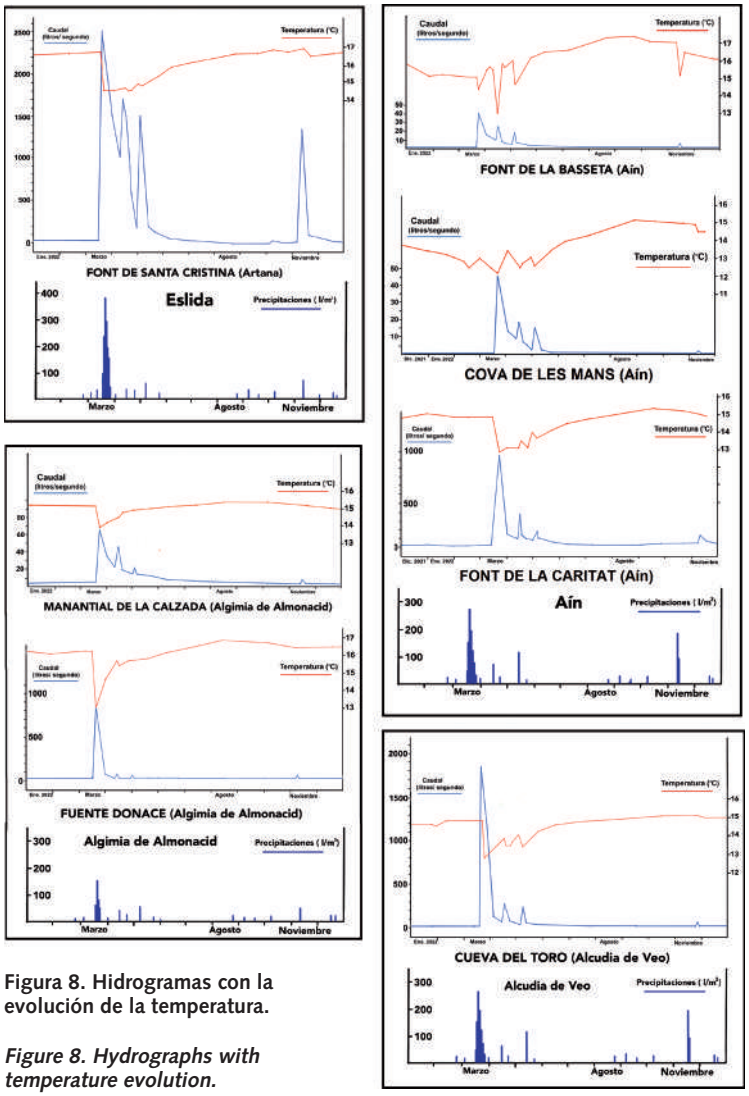


Figura 8. Hidrogramas con la evolución de la temperatura.

Figure 8. Hydrographs with temperature evolution.

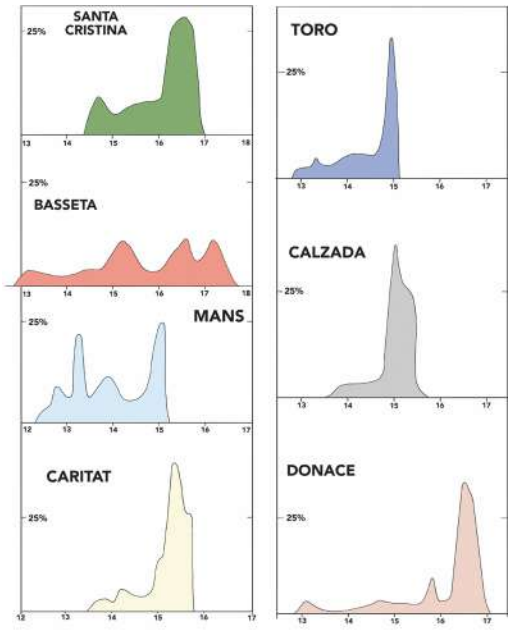


Figura 9. Frecuencias de la temperatura en los diferentes manantiales.

Figure 9. Frequencies of the temperature in different springs.

Hidrogeoquímica.

Como expresión indirecta del contenido mineral de las aguas, se ha analizado la conductividad eléctrica como valor globalizador que se obtiene de la mineralización. Esta nos informa del funcionamiento y el grado de organización o desarrollo de un sistema kárstico (Mangin, 1975; Freixes, 2020). En el análisis de las curvas de conductividad a lo largo del año, se aprecia la influencia de las precipitaciones, donde el agua de lluvia que presenta una conductividad más baja se mezcla con la del acuífero, y como resultado las aguas drenadas por los manantiales tendrán una determinada respuesta, según el grado de organización, características de la zona inundada, las reservas presentes o la eficiencia de las pérdidas, entre otros factores.

Por tanto, los mínimos de conductividad en todas las surgencias se han alcanzado durante la crecida de marzo, mientras que los máximos en periodo de estiaje, que en todos los manantiales tiene lugar en enero o febrero (Fig. 10). En estiaje, los valores más elevados los ha presentado la Fuente Donace, con 780 µs/cm y el manantial de les Mans con 731 µs/cm. En los mínimos de conductividad destacan los 128 y 179 µs del manantial de les Mans y la cueva del Toro respectivamente, que son valores similares o sensiblemente superiores a los registrados en los barrancos exteriores durante las crecidas. Respecto a las conductividades medias han oscilado entre los 373 µs/cm de la Font de la Caritat y los 651 de Donace. Referente a la evolución de la conductividad tras una crecida, en prácticamente todos los manantiales se ha podido verificar un pequeño efecto retardado en el descenso de los valores, de entre uno y dos días. En la posterior decrecida y agotamiento, donde

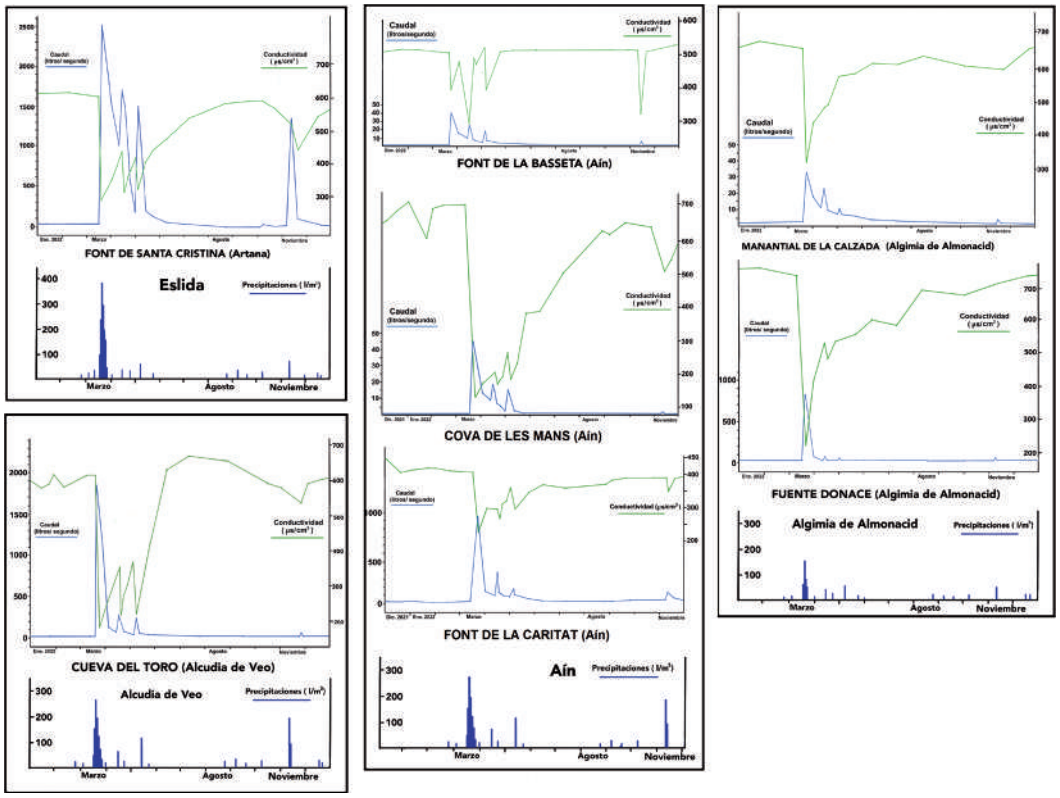


Figura 10. Hidrogramas con la evolución de la conductividad.

Figure 10. Hydrographs with conductivity evolution.

tiene lugar la recuperación de los valores de la conductividad hasta estabilizarse, se notan algunas diferencias entre los siete manantiales. En la Font de la Basseta la estabilización es muy rápida, entre 3 y 5 días, en Caritat sobre 15 días. En la cueva del Toro tardó 45 días, en el manantial de la Calzada sobre 50 días, en Donace unos 70 días, en Santa Cristina 3 meses y en el manantial de les Mans, 5 meses. Volvemos a notar un gran contraste entre las surgencias de Mans y Caritat, ya apuntado anteriormente en la hidrodinámica.

Analizando la amplitud de la conductividad (Tabla IV), destacan los valores del manantial de les Mans, en 603 µs/cm y la fuente Donace, con 555 µs/cm, con valores muy altos en estiaje y muy bajos en crecida, además presentar una recuperación muy lenta de la conductividad después de las crecidas. Por el contrario, los valores más estrechos corresponden en la vecina Font de la Caritat con 219 µs/cm y la Font de la Basseta, con 241 µs/cm, que son en las que la recuperación de la conductividad ocurre más rápido.

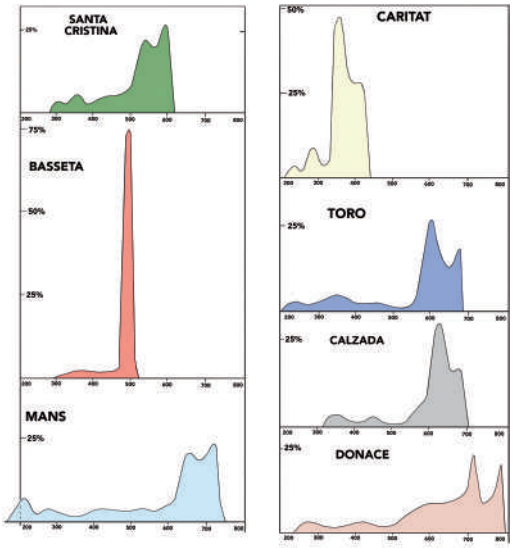


Figura 11. Frecuencias de la conductividad de los diferentes manantiales.

Figure 11. Frequencies of conductivity in different springs.

Aplicando las frecuencias de la conductividad, las de tipo unimodal representan a los acuíferos fisurados, mientas que las polimodales son acuíferos con un mayor grado de karstificación (Fig. 11) (Bakalowicz, 1979; Freixes, 2020). En estos casos, se encuentran manantiales marcadamente polimodales, donde la moda más frecuente

Tabla III. Información sobre la hidrodinámica, hidrogeotermia e hidrogeoquímica de los siete manantiales durante el año 2022.

Table III. Information on the hydrodynamics, hydrogeothermal and hydrogeochemistry of seven springs during the year 2022.

Manantial	Caudal (litros/segundo)			Temperatura (°C)			Conductividad (µs/cm)		
	máxima	mínimo	medio	máxima	mínima	media	máximo	mínimo	medio
Santa Cristina	2.500	29,3	241	16,9	14,5	16,1	617	280	525
Basseta	40	0,1	1,7	17,4	13,0	16,0	534	293	501
Caritat	950	14,0	55,3	15,8	13,4	15,4	442	223	373
Mans	45	0,001	0,2	15,2	12,2	14,5	731	128	545
Toro	1.800	4,0	46,0	15,1	12,9	14,7	677	179	552
Calzada	60	1,5	5,2	15,3	13,8	14,9	685	312	602
Donace	850	5,1	28,7	17,0	13,2	16,2	780	225	651

Tabla IV. Amplitud de los valores de temperatura y conductividad para los siete manantiales.

Table IV. Range of temperature and conductivity values for the seven springs.

Manantial	Amplitud temperatura (°C)	Amplitud conductividad (µs/cm)
Santa Cristina	2,4	337
Basseta	4,4	241
Caritat	2,4	219
Mans	3,0	603
Toro	2,2	498
Calzada	1,5	370
Donace	3,8	555

no suele superar el 25%, exceptuando la moda de la Font de la Caritat, con un 45%. En el otro extremo destaca la Font de la Basseta, con una moda muy marcada, con tendencia a unimodal, que supone cerca de un 75% ubicada sobre 510 µs y con otra mucho menor, que podría señalar la escasa organización del drenaje o karstificación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos han permitido realizar una aproximación al conocimiento hidrológico del karst del Espadán. La evolución de los diferentes parámetros muestreados ha puesto de manifiesto su grado de karstificación, que responde a una organización del drenaje más o menos eficiente. El clima Mediterráneo, con largos estiajes y precipitaciones intensas y concentradas condiciona los ciclos hidrológicos. Creemos que las cuencas de captación, por lo general reducidas, limitan las descargas, presentando en los largos estiajes caudales bajos. Nos encontramos ante sistemas kársticos de tipo binario, que presentan un esquema bien definido, que está condicionado por la cuenca de captación de areniscas y el emplazamiento de las dolomías en cotas más bajas. Las entradas al sistema tienen lugar mediante pérdidas, generalmente de carácter temporal y ubicadas en los lechos de los barrancos que mediante una infiltración rápida generan una escorrentía subterránea que drenará hacia las surgencias (Fig. 12). Estos puntos de descarga suelen albergar un endokarst activo, con conductos más

o menos accesibles, tanto en las zonas de captación como en las de emisión. En ocasiones estas surgencias van acompañadas de algunas formas semiactivas. Finalmente, y dentro de este contexto más amplio de sistema, encontramos un paleokarst bien representado, con la presencia de numerosas cavidades fósiles que actualmente quedan desconectadas de la red de drenaje.

En la información multidisciplinar de los tres parámetros, encontramos algunas similitudes entre surgencias. Los manantiales de Santa Cristina, cueva del Toro, Font de la Caritat, la Calzada y fuente Donace, presentan hidrogramas y evolución de la conductividad y temperatura más o menos análogos, con algunas diferencias que pueden venir condicionadas por las reservas existentes, la pluviometría, que es menor en la vertiente sur de la sierra, o debido al tamaño del área de la cuenca de captación. Sobre la presencia de reservas, no parece que sean muy notables, aunque tras las crecidas notamos un efecto descarga que se nota más en la Santa Cristina y en la cueva del Toro. En el caso del Toro, Donace y Caritat, las surgencias corresponden a conductos accesibles y explorables, siendo en Calzada un endokarst menos desarrollado. Respecto a la Cova de les Mans, parece una forma residual, de aguas frías y con valores muy extremos de conductividad, que la diferencia mucho de la vecina Font de la Caritat. Finalmente, la Font de la Basseta, intuimos que se trata de una surgencia con una organización del drenaje menos karstificada, desviándose del resto de manantiales.

Figura 12. Pérdidas en diferentes barrancos, donde la dolomía queda tapizada de cantos de arenisca. Arriba, barranc d'Eslida, con una pérdida temporal en actividad. Abajo, cauce del barranco de Baguena, que tras las crecidas aportará sus aguas al sistema de la cueva del Toro.

Figure 12. Sinkholes in different ravines, where the dolomite is covered with sandstone pebbles. Above, the Eslida ravine, with a temporary sink of activity. Below, the bed of the Baguena ravine, which after the floods will contribute its waters to the Cueva del Toro system.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Antoni Freixes Perich, coordinador de «Karst, hidrología experimental», por su propuesta metodológica, consejos facilitados y bibliografía aportada a la hora de abordar el trabajo. Asimismo, agradecemos a Policarp Garay por algunas sugerencias aportadas.

BIBLIOGRAFÍA

Almela, J. (2020). La Cova de la Matilde (Eslida, Castellón). Gota a gota, 21, 64-75.

Almela, J. (2021). El Sistema kárstico Aín - Artana. Berig, 20, 7-45.

Almela, J. (2023a). El Sistema kárstico de la Font de la Caritat. Berig, 21, 23-39.

Almela, J., & Almela, L. (2023b). 10 años de exploraciones en la sima Posos (Azuébar). Berig, 21, 40-93.

Bakalowicz, M. (1979). Contributionde la géochimie des eaux a la connaissance de l'acuifère karstique et la karstification. Tesis doctoral. Université Pierre et Marie Curie. Paris.

Crochet, Ph., & Marsaud, B. (1997). Approches conceptuelles de l'aquifère karstique. Problèmes métodologiques et d'exploitation». Hidrogeologie, 3, 3-18.

Domínguez, J.A. (2014). Estudio hidrogeológico para la autorización de vertido de la Edar de Eslida (Castellón). Diputació de Castelló (ed.). IGME. 131 p. Castellón.

Freixes, A. (1993). «El medio kárstico: de la investigación observacional y experimental a la modelización. Hidrología Subterránea y Migración de Contaminantes». In: A. Correig (ed.). Hidrología subterránea y migración de contaminantes, 97-141. Universitat de Barcelona - Institut d'Estudis Catalans, Barcelona

Freixes, A. (2020). Els acüífers kàrstics dels Pirineus de Catalunya. Interès estratègic i sostenibilitat. Kras, hidrología experimental. 558 p.

Garay, P. (2000). El dominio triásico Espadán-Calderona. Contribución a su conocimiento geológico e hidrogeológico. Tesis doctoral. Universitat de València, Departament de Geologia. 754 p. Valencia.

Gutiérrez, M., & Pedraza, J. (1973). Mapa geológico de España. Hoja 640, Segorbe, escala 1:50.000. Servicio de publicaciones-Ministerio de Industria. IGME. Madrid.

Mangin, A., (1975). Contribution à l'étude hydrodinamique des aquifères karstiques. Tesis doctoral, In: Annales de Spéléologia, 29. Dijon, Francia.

Morell, I., (1992). Manantiales de la provincia de Castellón. Col·lecció Universitaria, Diputació de Castelló. 307 p.

Palmer. A.N. (2012). Cave geology. Cave Books, Unión Internacional de Espeleología. 502 p.

Notas científicas

Mineralitzacions en conglomerats, microconglomerats i gresos

Mineralizaciones en conglomerados, microconglomerados y areniscas

Mineralizations in conglomerates, microconglomerates and sandstones

Josep M. Mata - Perelló[1] i Sebastian Agudo Blanco[2]

1 *Icek, Sedpgym. rocpetrus@gmail.com*

2 *Ageominlir. sagudoblanco@gmail.com*

RESUM

La presencia de minerals no és molt coneguda quan estan encaixats entre roques detrítiques. No obstant, en general, tenen una certa presencia en la naturalesa. D'altra banda cal considerar les mineralitzacions que formen part d'aquestes roques, com integrants de les mateixes. En aques treball es parlarà tant del minerals integrants de les roques, com de les mineralitzacions posteriors que s'han precipitat en els pors o fractures associades als conglomerats i d'altres roques detrítiques. En el primer cas, s'inclou la baritina, l'aragonita o la calcita: mentre que en el segon cas es menciona la pisolusita i la birnesita entre d'altres minerals del manganés

RESUMEN

La presencia de minerales no es muy conocida cuando están encajados entre rocas detríticas. En general, sin embargo, tienen una cierta presencia en la naturaleza. Por otra parte, cabe considerar las mineralizaciones que forman parte de dichas rocas, como integrantes de las mismas. En este trabajo se hablará tanto de minerales integrantes de las rocas, como de las mineralizaciones posteriores que se han precipitado en los poros o fracturas asociadas a los conglomerados y demás rocas detríticas. En el primer caso, se incluye a la baritina, al aragonito o a la calcita; mientras que, en el segundo caso, se menciona a la pirolusita o a la birnesita, entre otros minerales de manganeso.

ABSTRACT

The presence of minerals is not well known when they are embedded between detrital rocks. In general, however, they have a certain presence in nature. On the other hand, it is worth considering the mineralizations that are part of said rocks, as members of them. In this work, both the minerals that are part of the rocks will be discussed, as well as the subsequent mineralizations that have precipitated in the pores or fractures associated with the conglomerates and other detrital rocks. In the first case, barite, aragonite or calcite are included; while, in the second case, pyrolusite or birnesite are mentioned, among other manganese minerals.

Paraules clau: *Minerals, mineralitzacions, conglomerats, roques detrítiques.*

Palabras clave: *Minerales, mineralizaciones, conglomerados, rocas detríticas.*

Keys words: *Minerals, mineralizations, conglomerates, detrital rocks.*

INTRODUCCIÓ

No son molt conegudes les mineralitzacions localitzades entre les roques detrítiques. Sí que son lleugerament més coneguts els minerals que formen part d'aquestes roques, com integrants d'elles i desenvolupant importants funcions, fonamentalment com a ciment de les mateixes.

En aquest treball es fa una síntesi de les diferents mineralitzacions que formen part dels conglomerats (i de les roques detrítiques en general). Per tal de dur a terme aquesta labor, considerarem dos casos, en funció de les característiques d'aquest minerals i de les roques en que es troben. Així, per una part, farem menció dels minerals integrants de les roques; i per altre de les mineralitzacions encaixades en aquestes.

INTRODUCCIÓN

No son muy conocidas las mineralizaciones localizadas entre las rocas detríticas. Sí que son ligeramente más conocidos los minerales que forman parte de estas rocas, como integrantes de ellas y desempeñando importantes funciones, fundamentalmente como cemento de las mismas.

En este trabajo se hace una síntesis de las diferentes mineralizaciones que forman parte de los conglomerados y de otras rocas detríticas. Para efectuarlo se consideran dos casos, en función de las características de estos minerales y de las rocas en donde se hallan. Así, por una parte se hace mención de los minerales integrantes de las rocas, y por otra de las mineralizaciones precipitadas en ellas.

MINERALES INTEGRANTES DE LAS ROCAS DETRÍTICAS

Es muy conocido que las rocas detríticas, y entre ellas los conglomerados, tienen un conjunto de minerales plenamente integrantes de esas rocas, que actúan como cemento de las mismas una vez sedimentadas.

Entre estos minerales cabe citar al cuarzo como constituyente del cemento de las rocas silícicas, como ocurre en los conglomerados y las areniscas basales del Buntsandstein del Triásico inferior. En este cemento, ocasionalmente, también puede encontrarse baritina.

Sin embargo, es mucho más conocido el papel de la calcita y del aragonito como integrante del cemento de las rocas de composición carbonatada, como es el caso de los conglomerados eocénicos y oligocénicos de Montserrat entre otros lugares.

Cabe citar diversos minerales arcillosos[1] como integrantes del cemento de diversas rocas detríticas. En este caso la roca cuenta con un bajo grado de competencia.

MINERALS INTEGRANTS DE LES ROQUES DETRÍTIQUES

És molt conegut que les roques detrítiques, i entre elles els conglomerats, tenen un conjunt de minerals plenament integrants d'aquestes roques que actuem com a ciment de les mateixes un cop sedimentades.

Entre aquest minerals cal fer esment del quars com a constituent del ciment de les roques silíciques, com els conglomerats i els gresos basals del Buntsandstein del Triàsic inferior. En aquest ciment, ocasionalment, també pot trobar-se la baritina.

No obstant, és molt més conegut el paper de la calcita i l'aragonita, encara que en menys ocasions, com integrant del ciment de les roques de composició carbonatada, com és el cas dels conglomerats eocènics i oligocènics de Montserrat entre d'altres.

Cal fer esment de diversos minerals argilosos[1] com integrants de la matriu de diverses roques detrítiques. En aquest cas la roca té un baix grau de competència.

MINERALITZACIONS EN ROQUES DETRÍTIQUES EN GENERAL

Les mineralitzacions en roques detrítiques en general no son molt abundants. Val a dir que es tracta sempre de mineralitzacions supergèniques, relacionades amb el cicle geològic extern[2,3]. Dins d'aquestes mineralitzacions, cal diferenciar dos grups:

A) Mineralitzacions associades a «Red-Beds»

B) Mineralitzacions associades a fractures

A) Mineralitzacions associades a «Red-Beds»

Cal fer menció de les mineralitzacions de minerals de coure, cobalt i d'urani localitzades sobre nivells detrítics. De totes maneres s'ha de dir que les associades a nivells de conglomerats son molt més escasses que les associades a gresos.

Entre aquestes mineralitzacions cal destacar les cobaltíferes de Peramea (municipi del Baix Pallars, a la comarca del Pallars Sobirà). En aquestes hi ha presencia d'Eritrina, fonamentalment entre els nivells de conglomerats del Permo-Trias (Mata-Perelló, 1990). Aquestes mineralitzacions van ser explotades a la Mina Solita, museïtzada fa uns anys i col·lapsada posteriorment.

També cal fer esment de les mineralitzacions de minerals de l'urani i del coure de Castell-Estaó (municipi de la Vall Fosca, a la comarca del Pallars Jussà). Aquestes contenent malaquita (entre els minerals de coure) i torbernita, carnotita i uraninita (entre els minerals de l'urani). Aquí la mineralització encaixa entre els nivells de gresos grollers, amb llits de conglomerats del Buntsandstein, tal com constatarem fa uns anys (Mata-Perelló, 1990a). Aquesta mineralització fou explotada en la que va ser la mina d'urani més important de Catalunya (Fig. 1).

B) Mineralitzacions associades a fractures.

Es tracta de mineralitzacions localitzades entre nivells de bretxes, conglomerats. microconglomerats o de gresos, segons els casos. Apareixen emplenant fractures, així com plànols d'estratificació entre les esmentades roques. Es tracta de mineralitzacions secundàries, originades per remobilització de les primeres.

Son relativament conegudes les

[1] A les anàlisis realitzades (Mata-Perelló, 1990a), vam determinar la presència de montmorillonita, així com la de la caolinita, juntament amb indicis d'illita entre la matriu argilosa entre els materials del Triàsic Inferior, del Buntsandstein, en aquest jaciment.

[2] Cal indicar, que es tracta de mineralitzacions relacionades amb el cicle extern, sense cap mena de dubte. Els minerals de coure procedeixen de mineralitzacions filonianes encaixades entre els materials del Devònic, similars a les que existeixen a Mont-ros i a Pobellà (Pallars Jussà). Els minerals de coure majoritaris són la bornita i la calcopirita. En aquests llocs, en produir-se l'erosió, té lloc la meteorització (com a primera fase de l'erosió esmentada), amb ella, els sulfurs de coure presents als jaciments filonians, es transformen en sulfats de coure. Com que aquests compostos són solubles en aigua àcida (per la presència de pirita al jaciment, la meteorització del qual ha donat lloc a la formació d'àcid sulfúric), són transportats. Així, es fa la fase de transport, en el cicle geològic extern. Més endavant, en arribar als llocs on es troben els jaciments descrits, com a Peramea (Pallars Sobirà) o a Castell-Estaó (Pallars Jussà), es produeix un interessant fenomen d'oxidació-reducció. En efecte, en arribar-hi, les dissolucions de sulfats es troben amb un conjunt oxidant, de tonalitats vermelles. No obstant això, dins d'aquest conjunt, hi ha zones reductores, de tonalitats grises riques en matèria orgànica, localitzades sovint a la base de paleocanals, freqüents entre els gresos. Doncs bé, aquí, les dissolucions de sulfats, es redueixen, donant lloc a la formació de sulfurs, que són insolubles i precipiten. Aquests sulfurs són la calcosina i la covellina. Així, es produeix la fase de deposició al cicle geològic extern. Aquests sulfurs seran la base dels nous jaciments associats a «Red-Beds», formats després de les fases de transport i precipitació, relacionades amb el cicle geològic extern. Això mateix que passa per als minerals de coure passa igual amb algunes variants per als minerals de cobalt, urani i plata, presents en aquest tipus de jaciments minerals (Mata-Perelló, 1990a). En conseqüència, s'han produït les tres fases típiques del cicle extern: l'erosió (concretament la meteorització), el transport i la sedimentació (concretament la precipitació química). A més, s'ha produït un canvi important, que és l'enriquiment metàl·lic en els sulfurs, en passar de la calcopirita i la bornita a la calcosina i la covellina, dos sulfurs de coure més rics en coure.

[3] Per d'altra banda, posteriorment (actualment) es produeix un nou cicle extern. Els sulfurs formats al cicle anterior (els esmentats calcosina i covellina) són novament alterats en actuar sobre ells els agents geològics externs com l'aigua, l'anhídrid carbònic i l'oxigen, alterant-se i oxidant-se, donant lloc a sulfats, de nou , però davant la presència de calcita al ciment de les roques detrítiques, hi ha un intercanvi de cations entre els anions sulfats i carbonats, donant lloc a la formació de carbonats de coure com l'auricalcita, l'azurita i la malaquita. Al mateix temps es forma sulfat de calci que és eliminat en dissoldre's a l'aigua (posteriorment pot donar lloc a la formació de guix). Així mateix, juntament amb els carbonats de coure anteriors, com que l'intercanvi d'ions no és complet, també precipiten indicis de sulfats de coure, com l'antlerita i la brochantita.

MINERALIZACIONES EN ROCAS DETRÍTICAS EN GENERAL

Las mineralizaciones en rocas detríticas no son muy abundantes. Cabe decir que se trata siempre de mineralizaciones supergénicas, relacionadas con el ciclo geológico externo[2,3]. Dentro de estas mineralizaciones cabe distinguir dos grupos diferenciados:

A) Mineralizaciones asociadas a «Red-Beds»

B) Mineralizaciones asociadas a fracturas

A) Mineralizaciones asociadas a «Red-Beds»

Cabe mencionar las mineralizaciones de cobre, cobalto y uranio localizadas sobre niveles detríticos. No obstante, las asociadas a niveles de conglomerados son mucho más escasas que las vinculadas fundamentalmente a areniscas.

Entre estas destacan las mineralizaciones cobaltíferas de Peramea (en el municipio del Baix Pallars, en la comarca del Pallars Sobirà), con presencia de eritrina, fundamentalmente entre los niveles de conglomerados del Permo-Trías (Mata-Perelló, 1990). Estas mineralizaciones fueron explotadas en la mina Solita, musealizada hace unos años y hundida posteriormente.

También cabe citar las mineralizaciones de uranio y cobre de Castell-Estaó (en el municipio de la Torre de Cabdella, en el Pallars Jussà). Con presencia de malaquita (entre los minerales de cobre) y de torbenita, carnotita y uraninita (entre los minerales de uranio). Aquí la mineralización aparece entre los niveles de areniscas groseras con lechos de microconglomerados del Buntsandstein, tal como constatamos hace unos años (Mata-Perelló, 1990a). Esta mineralización fue explotada en la que fue la mina más importante de uranio de Cataluña (Fig. 1).

B) Mineralizaciones asociadas a fracturas

Se trata de mineralizaciones localizadas entre niveles de brechas, conglomerados. microconglomerados o de areniscas, según los casos. Aparecen rellenando fracturas así como planos de estratificación

mineralitzacions de manganès localitzades en les immediacions de Gabasa (municipi de Peralta de Calasanz, a la comarca de la Llitera). Aquí els minerals de manganès es troben entre els conglomerats de l'Oligocè. Bàsicament son diferents òxids, com la pirolusita, la birnessita i la todoroquita. Associats a aquests es troben també minerals de ferro com l'hematites i la goethita. Cal indicar que aquestes mineralitzacions foren explotades, especialment a la mina Teresa, per al benefici del manganès (Fig. 2 i 3). Aquestes mineralitzacions, varen ésser descrites i estudiades per nosaltres, per primera vegada en 1968 (Mata-Perelló, 1968, 1987, 1990b i 2012).

Existeixen d'altres mineralitzacions similars a la península Ibèrica, com

Figura 1. Mineralitzacions d'urani i coure associades a «red-beds». Afloament dels materials triàsics del Buntsandstein. . Voltants de Castell-Estaó, antic municipi de Mont-ros, actual municipi de laTorre de Cabdella. Comarca del Pallars Jussà. Alt Pirineu i Aran. Situación geológica: Mantell de les Nogueres,

Figura 1. Mineralizaciones de uranio y cobre asociadas a «red-beds». Afloramiento de los minerales triásicos del Buntsandstein. Inmediaciones de Castell-Estaó, antiguo municipio de Mont-ros, actual municipio de laTorre de Cabdella. Comarca del Pallars Jussà. Alt Pirineu i Aran. Situación geológica: Manto de las Nogueres.

Figure 1. Uranium and copper mineralization associated with «red-beds». Outcrop of the Triassic materials of the Buntsandstein. Castell-Estaó, former municipality of Mont-ros, current municipality of laTorre de Cabdella. Pallars Jussà. Alt Pirineu I Aran. Geological situation: Nogueres thrust sheets.

Figura 2. Mineralitzacions de manganès associades a fractures de la mina Teresa. Afloament dels conglomerats de l'Oligocè. Gabasa / Gavasa, municipi de Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera / Llitera. Huesca. Situació Geològica: Manto de Sant Quilis. Pirineu Meridional.

Figura 2. Mineralizaciones de manganeso asociadas a fracturas de la mina Teresa, Afloramiento de los conglomerados del Oligoceno. Gabasa / Gavasa, municipio de Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera / Llitera. Huesca. Situación Geológica: Manto de San Quilis. Pirineo Meridional.

Figure 2. Mineralization of manganese ores associated with fractures of the Teresa mine. Outcrop of the Oligocene conglomerates. Gabasa / Gavasa, municipality of Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera / Litera. Huesca. Geological Situation: San Quilis thrust sheets. Meridian Pyrenees.

[1] En los análisis realizados (Mata-Perelló, 1990a), determinamos la presencia de montmorillonita, así como la de la caolinita, junto a indicios de illita entre la matriz arcillosa de los materiales del Triásico inferior, del Buntsandstein, en ese yacimiento.

[2] Cabe indicar, que se trata de mineralizaciones relacionadas con el ciclo externo, sin ningún lugar a dudas. Los minerales de cobre proceden de mineralizaciones filonianas encajadas entre los materiales del Devónico, similares a las que existen en Mont-ros y en Pobellà (Pallars Jussà). Los minerales de cobre mayoritarios son la bornita y la calcopirita. En esos lugares, al producirse la erosión, tiene lugar la meteorización (como primera fase de la mencionada erosión), con ella, los sulfuros de cobre presentes en los yacimientos filonianos, se transforman en sulfatos de cobre. Como estos compuestos son solubles en agua ácida (por la presencia de pirita en el yacimiento, cuya meteorización ha dado lugar a la formación de ácido sulfúrico), son transportados. Así, se realiza la fase de transporte, en el ciclo geológico externo. Más adelante, al llegar a los lugares en donde se hallan los yacimientos descritos, como en Peramea (Pallars Sobirà) o en Castell-Estaó (Pallars Jussà), se produce un interesante fenómeno de oxidación–reducción. En efecto, al llegar ahí, las disoluciones de sulfatos se encuentran con un conjunto oxidante, de tonalidades rojas. Sin embargo, dentro de ese conjunto, hay zonas reductoras, de tonalidades grises ricas en materia orgánica, localizadas a menudo en la base de paleocanales frecuentes entre las areniscas. Pues bien, ahí, las disoluciones de sulfatos se reducen, dando lugar a la formación de sulfuros, que son insolubles y precipitan. Esos sulfuros son la calcosina y la covellina. Así, se produce la fase de deposición en el ciclo geológico externo. Estos sulfuros van a ser la base los nuevos yacimientos asociados a «Red-Beds», formados tras las fases de transporte y precipitación, relacionadas con el ciclo geológico externo. Esto mismo, que ocurre para los minerales de cobre, sucede con algunas variantes para los minerales de cobalto, uranio y plata, presentes en ese tipo de yacimientos minerales (Mata-Perelló, 1990a). En consecuencia, se han producido las tres fases típicas del ciclo externo: la erosión (concretamente la meteorización), el transporte y la sedimentación (concretamente la precipitación química). Además, se ha producido un cambio importante, que es el enriquecimiento metálico en los sulfuros, al pasar de la calcopirita y la bornita a la calcosina y la covellina, dos sulfuros de cobre más ricos en cobre.

[3] Por otra parte, posteriormente, en la actualidad se produce un nuevo ciclo externo. Los sulfuros formados en el ciclo anterior (los mencionados calcosina y covellina) son nuevamente alterados al actuar sobre ellos los agentes geológicos externos como el agua, el anhidrido carbónico y el oxígeno, alterándose y oxidándose, dando lugar a sulfatos, de nuevo, pero ante la presencia de calcita en el cemento de las rocas detríticas, hay un intercambio de cationes entre los aniones sulfatos y carbonatos, dando lugar a la formación de carbonatos de cobre como la auricalcita, la azurita y la malaquita. Al mismo tiempo se forma sulfato de calcio, que es eliminado al disolverse en el agua y que posteriormente puede dar origen a la formación de yeso. Asimismo, junto a los carbonatos de cobre anteriores, dado que el intercambio de iones no es completo, también precipitan indicios de sulfatos de cobre, como la antlerita y la brochantita.

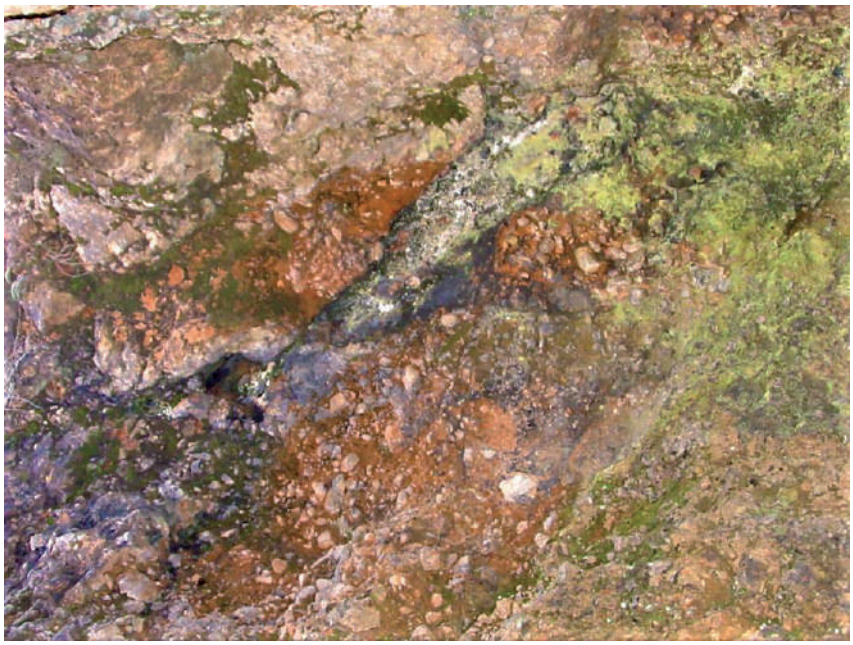


Figura 3. Detall de les mineralitzacions de manganès associades a fractures de la mina Teresa. Gabasa / Gavasa, municipi de Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera / Llitera. Huesca. Situació Geològica. Manto de San Quilis. Pirineo Meridional. Amplitut de la fotografia és d'1 m.

Figura 3. Detalle de las mineralizaciones de manganeso asociadas a fracturas de la mina Teresa. Gabasa / Gavasa, municipio de Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera. Huesca. Situación Geológica: Manto de San Quilis. Pirineo Meridional. La amplitud de la fotografía es de 1 m.

Figure 3. Detail of manganese ore mineralizations associated with fractures in the Teresa mine. Gabasa / Gavasa, municipality of Peralta de Calasanz / Peralta de Calassanç. Comarca de la Litera / Litera. Huesca. Geological Situation: San Quilis thrust sheets. Meridian Pyrenees. Photograph width 1 m.

Figura 4. Interior de la mina Esperanza. Les mineralitzacions de manganès es situen entre nivells detrítics del trànsit del Miocè a l'Oligocè. Olmos de Atapuerca, Belorado, Burgos. Situació Geològica: Cuenca del Duero

Figura 4. Interior de la mina Esperanza. Las mineralizaciones de manganeso se hallan entre los niveles detríticos del tránsito del Mioceno al Oligoceno. Olmos de Atapuerca, Belorado, Burgos. Situación Geológica: Cuenca del Duero.

Figure 4. Interior of the Esperanza mine. The manganese mineralizations are located between detrital levels of the Miocene to Oligocene transition. Olmos de Atapuerca, Belorado, Burgos. Geological Situation: Duero bassin.

entre las mencionadas rocas. Se trata de mineralizaciones secundarias, originadas por desmovilización de las primeras.

Son relativamente conocidas las mineralizaciones de manganeso localizadas en las inmediaciones de la Gabasa (en el municipio de Peralta de Calasanz, en la comarca de la Litera). Aquí los minerales de manganeso se sitúan entre los conglomerados del Oligoceno. Básicamente se corresponden con diferentes óxidos como la pirolusita, la birnesita y la todoroquita, Junto a ellos se localizan minerales de hierro como la hematites y la goethita. Cabe indicar que estas mineralizaciones fueron explotadas especialmente en la mina Teresa para el beneficio del manganeso (Fig. 2 y 3). Estas mineralizaciones fueron estudiadas y descritas por nosotros en 1968 (Mata-Perelló, 1968, 1987, 1990b y 2012).

Existen otras mineralizaciones similares en la península ibérica, como las explotadas en la mina Esperanza en Olmos de Atapuerca; así como en las inmediaciones de Calatayud. Cabe decir que la mina Esperanza ha sido musealizada y puede visitarse (Fig. 4) (Mata-Perelló, 2020).

Además, pueden citarse otras mineralizaciones localizadas en fracturas que atraviesan los niveles de conglomerados. Este es el caso de la calcita que aparece entre los niveles de conglomerados del Oligoceno, en donde adopta un aspecto filoniano. Se trata de la mineralización ubicada en las inmediaciones de Busa (en el municipio de Navès, comarca del Solsonès), en del futuro Parc Geològic i Miner dels Contraforts del Pirineu. Esta mineralización se encuentra junto al camino que conduce al paraje conocido como Pressó de Busa (Fig. 5).

CONCLUSIONES

Puede decirse que el conocimiento de la existencia de mineralizaciones en el conjunto de rocas detríticas es poco conocido. Sin embargo, es ampliamente conocida la existencia de cementaciones de estas rocas así como el importante papel que juegan en ello algunos minerales como la calcita y el aragonito, y en menor importancia el cuarzo y diferentes minerales de la arcilla.

Figura 5. Mineralitzacions de calcita, amb aspecte de filó, reomplint una diàclasis. Conglomerats oligocènics. Immediacions de Busa, municipi de Navès, Solsonès, Catalunya Central. Situació Geològica: Discordancia Busa – Bastets. La potència de la clivella mineralitzada és de 1,2 m.

Figura 5. Mineralizaciones de calcita, con aspecto de filón, rellenando una diaclasa. Conglomerados oligocénicos. Inmediaciones de Busa municipio de Navès, Solsonès. Cataluña Central. Situación Geológica: Discordancia Busa – Bastets. La potencia de la grieta mineralizada es de 1,2 m.

Figure 5. Calcite mineralizations, with a vein appearance, filling a diaclase. Oligocene conglomerates. Near Busa, municipality of Navès, Solsonès, Central Catalonia. Geological Situation: Discordance Busa – Bastets. The power of the mineralized crack is 1.2 m.

les explotades a la mina Esperanza, a Olmos de Atapuerca, així com en les proximitats de Calatayud. Val a dir que la mina Esperanza ha estat museïtzada i pot visitar-se (Fig. 4) (Mata-Perelló, 2020)

També podem citar-se d'altres mineralitzacions encaixades en fractures que travessen els nivells de conglomerats. Aquest és el cas de la calcita situada entre els nivells de conglomerats de l'Oligocè i que adopta un aspecte filonià. Es tracta d'una mineralització localitzada en les proximitats de Busa (municipi de Navès, comarca del Solsonès i dins del futur Parc Geològic i Miner dels Contraforts del Pirineu). Aquesta mineralització es troba al costat del camí que porta al paratge conegut com Presó de Busa (Fig. 5)

CONCLUSIONS

Pot dir-se que el coneixement de la existència de mineralitzacions en el conjunt de les roques detrítiques és poc conegut. De totes maneres, és àmpliament coneguda la existència de les cimentacions d'aquestes roques i de l'important paper que juguen en aquests tema alguns minerals com la calcita i l'aragonita, y en menor importància, el quars i diferents minerals de l'argila.

Menys conegudes son les mineralitzacions encaixades en roques detrítiques, precisament perquè són escasses. Algunes d'aquestes mineralitzacions son les de diferents minerals de manganès i les de calcita, reomplint les cavitats i esquerdes.

També son poc conegudes les mineralitzacions associades a «Red-Beds» de minerals de cobalt, urani i coure.

Finalment, tot i el poc coneixement d'aquest tipus de mineralitzacions, s'han intentat explotar, i inclús algunes s'han explotat, amb més o menys èxit.

Por otra parte, sí que son desconocidas las mineralizaciones encajadas en las rocas detríticas, precisamente porqué son escasas. Algunas de estas mineralizaciones son las de diferentes minerales de manganeso y las de calcita, siempre rellenando grietas. Son, asimismo, poco conocidas las mineralizaciones asociadas a «Red-Beds», de minerales de cobalto, uranio y cobre.

Finalmente, a pesar de su escaso conocimiento, cabe decir que en muchos casos, estas mineralizaciones se han intentado explotar o incluso se han explotado con más o menos éxito.

BIBLIOGRAFÍA

Mata-Perelló, J.M. (1968). Las mineralizaciones de manganeso de Estopiñan. Tomo homenaje a Lluis Solé Sabarís. Acta Geológica Hispánica. Barcelona.

Mata-Perelló, J.M. (1987). Introducción al conocimiento de las mineralizaciones aragonesas. Mineralogistes de Catalunya, t. III, 258-265. Barcelona

Mata-Perelló, J.M. (1990a). Els Minerals de Catalunya. Treballs de la Institució Catalana d'Historia Natural, 49. Institut d´Estudis Catalans. Barcelona.

Mata-Perelló, J.M. (1990b). Inventario Mineralógico de la Región del Cinca (sectores Orientales). Rodeno, 19. Manresa

Mata-Perelló, J. M. (2012). Recorrido desde Purroy de la Solana (Ribagorza) a Gabasa, Peralta de la Sal y Calasanz, a través del patrimonio geológico y minero de las comarca de la Litera. Algeps revista de geología, Sèrie B, 586.

Mata-Perelló, J.M. (2020). Mineralizaciones y Patrimonio Geológico. Actas del Tercer Congreso de Geología, Medio Ambiente y Sociedad. Utrillas 2026

CARLOS GALÁN (1949-2023)

El pasado mes de mayo nos dejó Carlos Galán, miembro de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA), de la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) y también socio fundador y de número de la SEDECK.

Nos conocimos a finales de los 60 y tras años siguiendo su trayectoria científica, contacté con él en enero de 2012 para proponerle publicar su biografía en el Qui és Qui, de l'espeleologia, que edita «Sarawak. Exploracions i Geografia». Su respuesta fue entusiasta y desde aquel momento comenzó una etapa de fluida colaboración en actividades organizadas por Sarawak y el ICEK. La última de ellas fue el 5 de septiembre de 2022, con su disertación telemática sobre Venezuela, en el ciclo Cuevas y Karst del Mundo de las Nits de Sarawak, donde intervino junto con su amigo y prestigioso Dr. Franco Urbani, de la Universidad Central de Venezuela.

Carlos nació el 23 de febrero de 1949 en Donosti y, con tan solo 5 años, se trasladó con su familia a vivir en Venezuela, donde se inició en Espeleología con 13 años y participó después con la Sociedad Venezolana de Espeleología en las grandes exploraciones del momento, como las de la Cueva del Guácharo.

En la década de los 60 regresó al País Vasco y en los 70, de nuevo en Venezuela, se involucró con la naciente Espeleología argentina, formando parte del Centro Argentino de Espeleología y del Karst. En aquella época obtuvo su Licenciatura en Ciencas Biológicas, con estudios cursados en las Universidades de Barcelona (1966-70) y de La Plata (1971-72).

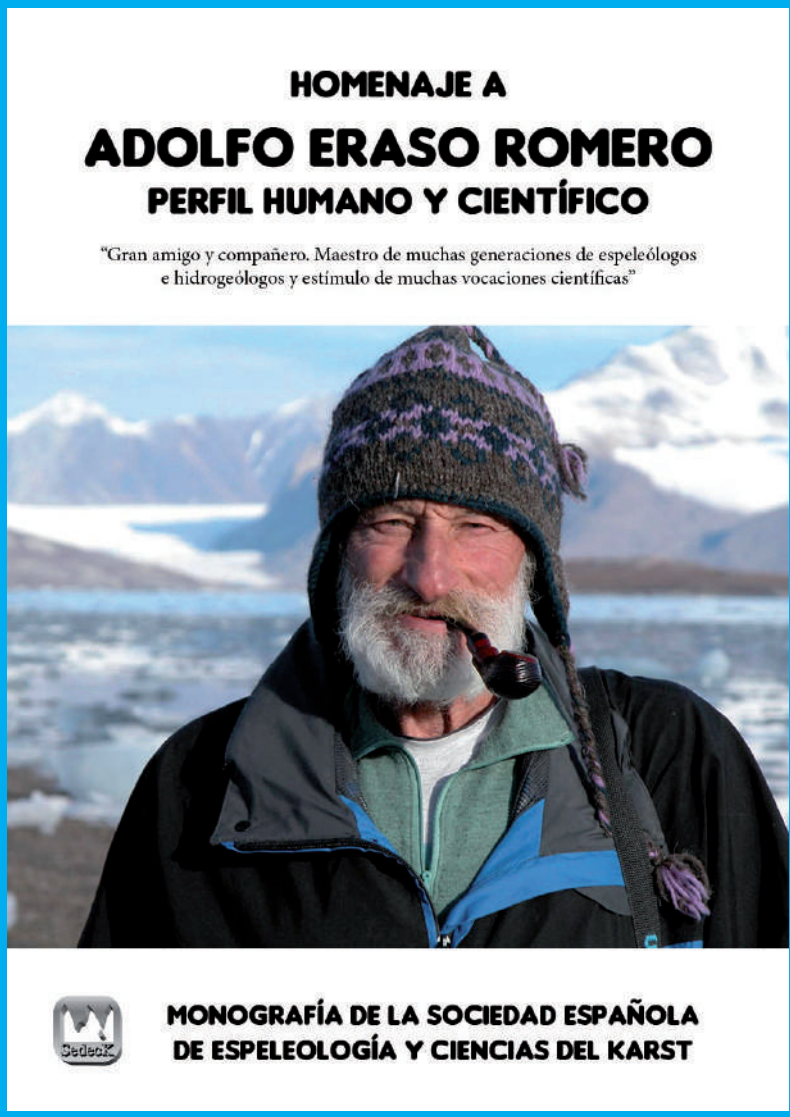
De vuelta a su tierra natal, desde la SCA siguió colaborando y desarrollando investigaciones tanto en Venezuela como en otros países americanos. Su prolífica producción científica también incluye notables aportaciones geológicas, además de biológicas. Carlos ha trabajado hasta el último momento en la SCA, dirigiendo su Departamento de Espeleología y organizando su colección bioespeleológica.

La fructífera vida espeleológica de Carlos Galán ha transcurrido en un ir y venir entre dos continentes, con el descubrimiento de más de 40 especies de invertebrados y vertebrados, la exploración de más de 2000 nuevas cavidades y la dirección de más de 1000 topografías. También contribuyó notablemente al conocimiento geográfico y geológico de numerosos aspectos y áreas kársticas, así como al desarrollo de la Espeleología científica en Venezuela, Argentina, País vasco, Brasil y Cuba.

Montserrat Ubach i Tarrés

Barcelona, septiembre de 2023

Carlos Galán muestreando el «río de moonmilk» de la sima-mina de Alzola (Guipozkoa), estudiado por él, junto a E. Leroy (véase publicación del año 2006: Boletín de la SEDECK, 6).



Aproximadamente al inicio de la década de los años 20, la junta directiva de la SEDECK empezó a plantear la realización de un libro homenaje a nuestro querido socio honorario Adolfo Eraso, uno de los principales impulsores de la creación de esta sociedad científica. Con el proyecto ya maduro e iniciado nos llegó la triste noticia de su fallecimiento, el 29 de mayo de 2021. Este libro, que ahora se presenta, ha sido necesariamente un homenaje póstumo. El libro cuenta, como no, con la colaboración de muchos de sus numerosos amigos. Pero se ha querido, además, que tenga un trasfondo científico con aportaciones que incluyan artículos donde se muestre, entre otras cuestiones, el estado de conocimiento en algunas de las zonas donde Adolfo trabajó.

La primera parte del libro incluye seis artículos escritos por diferentes autores, donde se hacen reflexiones sobre el significado del karst, a cuyo estudio Adolfo dedicó la mayor parte de su vida. Se sintetiza el estado de conocimiento y los sucesivos avances en la investigación de Ojo Guareña y Atapuerca donde se destacan sus valiosas aportaciones. El criokarst ocupa otro capítulo, disciplina a la que Adolfo dedicó los últimos años de su fértil producción científica, así como aspectos relacionados con las convergencias de formas en espeleotemas, otra cuestión a la que prestó atención frecuentemente. Hay también un artículo dedicado al estado de conocimiento del Calar del Mundo y la Cueva de los Chorros, un espectacular karst donde también realizó colaboraciones. Esta primera parte se cierra con un nuevo artículo sobre la dinámica ambiental de uno de los principales sectores de Ojo Guareña, posiblemente el sistema kárstico donde más trabajó a lo largo de su carrera.

La segunda parte del libro se denomina "Adolfo en nuestra memoria" e incluye 21 dedicatorias reseñas y anécdotas ilustradas con unas 200 imágenes, donde se repasa la vida de Adolfo en el recuerdo de aquellas personas que la compartieron, de gran valor sentimental e histórico.

SedeK
Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst
ASSOCIACIÓ CATALANA DE BIOESPELEOLOGIA
BIOSP
ICEK
Institut Català d'Espeleologia i Ciències del Karst
AJUNTAMENT DE MONTBLANC
AJUNTAMENT DE l'Espluga de Francolí
coves de l'ESPLUGA
coves de Montserrat
Generalitat de Catalunya
Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural
ICHN
Institució Catalana d'Història Natural
federació catalana d'espeleologia
GeoParc
Catalunya Central
unesco
Ajuntament de Collbató
IPHES
Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
AVENC MONTSERRAT UBACH
COMISSIÓ PROTECCIÓ
SIGMADOT