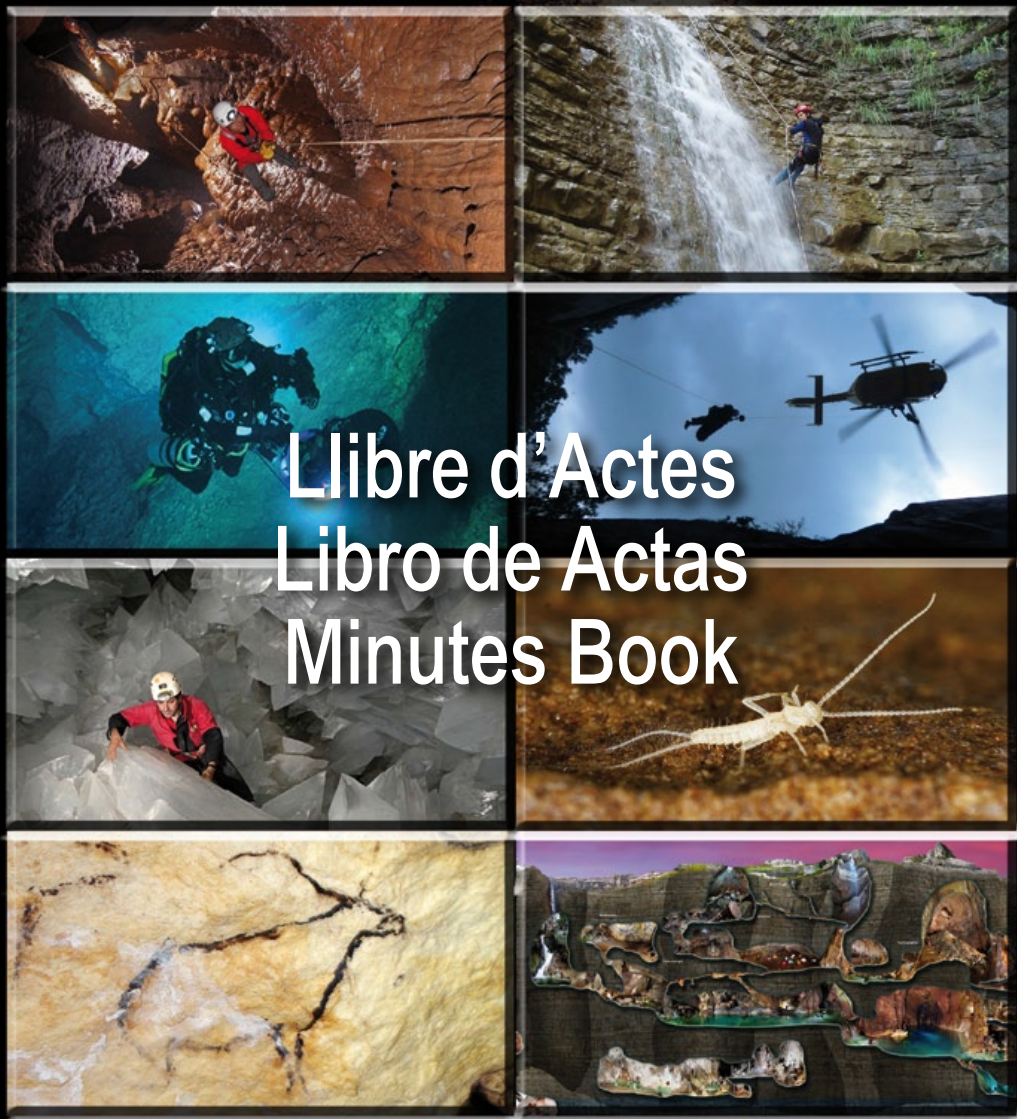


1a Convenció Internacional d'Espeleologia

Barcelona 2015 - 1, 2, 3 maig

1st International
Convention
of Speleology

1ª Convención
Internacional
de Espeleología



Llibre d'Actes Libro de Actas Minutes Book



Actes de la 1a Convenció Internacional d'Espeleologia,
celebrat a Barcelona al maig de 2015

Actas de la 1ª Convención Internacional de Espeleología,
celebrado en Barcelona en Mayo de 2015

Proceedings of the 1st International Convention of Speleology,
held in Barcelona in May 2015

Barcelona, 2015



Comissió Organitzadora:

Coordinador general: Hilari Moreno i Castelló

Secretaria general: Maria Pilar Duran i Pasqual, David Sarró Riu

Responsable de l'àrea d'espeleobusseig: Hilari Moreno Molla i Josep Guarro Safont

Responsable de l'àrea tècnica: Eduard Suárez Fernández

Responsable de l'àrea científica: Miquel Nebot i Obón, Manuel Llenas i Avellaneda

Responsable de publicacions: Victor Ferrer Rico

Comissió responsable dels Actes de la Convenció Internacional:

Secretaria: Maria Pilar Duran i Pasqual, Rosa Molla Cervera,

Raquel Hernández Martínez, Teresa Hernández Ruíz

Sales: Jaume Ferreres Gabarda

Disseny i maquetació del llibre d'actes: Víctor Ferrer Rico i Oscar Ferrer Esteban

Col.laboradors: Pilar Garcia Abadias i David Sarró Riu

Traducció Català: Ester Bonet Solé (UFEC)

Relacions públiques i protocol: Joan Lluís Haro Sisteró, Laura Samsó Pericón

Web: Cristina Xifra

Audiovisuals: Victor Ferrer Rico

© Federació Catalana d'Espeleologia

Carrer del Mas Casanovas, 66

08025 Barcelona

Imprimeix: Cevagraf S.L.

Tots els drets reservats. Prohibida la reproducció total o parcial d'aquesta obra, de cap manera, tant per mitjans electrònics o mecànics sense el consentiment per escrit de l'autor. Els autors dels treballs publicats són els únics responsables de les seves opinions.

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, en forma alguna, tanto por medios electrónicos o mecánicos sin el consentimiento por escrito del autor. Los autores de los trabajos publicados son los únicos responsables de sus opiniones.

All rights reserved. Total or partial reproduction of this work, in any way, whether by electronic or mechanical means without the written permission of the author is forbidden. The authors of the published works are solely responsible for their opinions.

Índex

Índice

Index

Rizzo Valeria & Ribera. Diversification within the subterranean environment: molecular biology techniques. <i>Diversificació del medi subterrani: tècniques de biologia molecular. Diversificación del medio subterráneo: técnicas de biología molecular</i>	Pág. 9
Carles Flaquer, Josep Parera i Emilie Barthe-Pla. <i>Espeleologia i ratpenats. De la prohibició a la col·laboració? Espeleología y murciélagos. ¿De la prohibición a la colaboración? Caving and bats. From prohibition to cooperation?</i>	Pág. 17
Arnaud Faille. Biospéologie: diversité, distribution et intérêt des biotes cavernicoles. <i>Bioespeleologia: diversitat, distribució i interès de las biotas cavernícoles. Bioespeleología: diversidad, distribución e interés de las biotas cavernícola. Biospeology: diversity, distribution and interest of cave biota</i>	Pág. 25
Ramón Viñas. La investigación cronométrica del arte prehistórico: metodologías y problemáticas. <i>La investigació cronomètrica de l'art prehistòric: metodologies i problemàtiques. Chronometric research Prehistoric Art: Methodologies and problems</i>	Pág. 33
Jordi Rosell Ardèvol i Isidre Pastor Batalla. L'activitat arqueològica en cavitats. Les Coves del Toll i Teixonerres (Moià, Catalunya). <i>La actividad arqueológica en cavidades. Las Cuevas del Toll y Teixonerres (Moià, Cataluña). The archaeological activity in cavities. The Caves of Teixonerres and El Toll (Moià, Catalonia)</i>	Pág. 45
Joan Madurell-Malapeira, Manel Llenas, Ivette Susanna, Miquel Nebot i Teresa Hernández-Ruiz. Els jaciments paleontològics del complex càrstic de Lachambre (Rià i Cornellà de Conflent, Pirineus Orientals). <i>Los yacimientos paleontológicos del complejo cárstico de Lachambre (Rià y Cornellà de Conflent, Pirineos Orientales). Paleontology sites in the karstic Complex of Lachambre (Rià and Cornellà de Conflent, West-Pyrenees)</i>	Pág. 49
Pedro Gómez Doménech. <i>Rompiendo nudos. Trencant nusos. Breaking knots</i>	Pág. 55
Pedro Gómez Doménech. <i>Técnica de instalación Trirapid. Tècnica d'instal·lació Trirapid. Trirapid rigging technique</i>	Pág. 57
Marco Corvi. Cave surveying with TopoDroid. <i>Topografia de cova amb TopoDroid. Topografía de cueva con TopoDroid</i>	Pág. 59
Diego Dulanto Zabala. ¿Qué habilidades o conocimientos médicos debería tener todo espeleólogo? ¿Y si fuese médico? <i>Quines habilitats o coneixements mèdics hauria de tenir tot espeleòleg? I si fos metge? What medical skills or knowledge should any caver have? And what if they were a doctor?</i>	Pág. 63
Octavio Fernández, Manuel Naranjo y Sonia Martín. Cueva de Aslobas: hallazgo del tubo volcánico más antiguo de las Islas Canarias. <i>Cueva de Aslobas: troballa del tub volcànic més antic de les Illes Canàries. Aslobas cave: discovery of the oldest volcanic tube in the Canary Islands</i>	Pág. 75
Fernando Gázquez y José María Calaforra. Yeso y cavidades: Espeleogénesis y espeleotemas. <i>Guix i cavitats: Espeleogènesis i espeleotemes. Gypsum and cavities: speleogenesis and speleothems</i>	Pág. 83

índex

Índice

Index

Antoni Freixes, Manel Monterde, Joan Ramoneda i Josep M. Cervelló. El sistema càrstic dels Uelhs deth Joeu (val d'Aran): origen de la Garona. <i>El sistema kárstico de los Uelhs deth Joeu (Valle de Arán): origen del Garona. The karstic system of Uelhs deth Joeu (Aran valley): origin of Garonne</i>	Pág. 95
Octavio Fernández, Daniel Gómez, Manuel Naranjo, Ana Zélia Miller y Valme Jurado. Nuevas galerías en la Cueva de Los Caños (Mazo, La Palma, Islas Canarias). Notas sobre espeleometría, biocenosis y microbiología. <i>Noves galeries a la Cova de Los Caños (Mazo, La Palma, Illes Canàries). Notes sobre espeleometria, biocenosi i microbiologia. Newly discovered passages in Los Caños Cave (Mazo, La Palma, Canary Islands). Notes about speleometry, cave dwelling fauna and microbiology</i>	Pág. 111
Marco Corvi. The InGrigna! project. <i>El projecte InGrigna! El proyecto InGrigna!</i>	Pág. 121
Manu Guerrero Sánchez. El Gigante del Sur, Sistema sima - Gesm sima de la Luz (España). <i>El Gigant del Sur, Sistema sima - Gesm sima de la Luz (Espanya). The Giant of the South, Sima Gesm- sima de la Luz (Spain) system</i>	Pág. 125
Víctor Ferrer i Michel Renda. Imatge per a l'exposició espeleològica Spéléorama al viaducte de Millau (França). <i>Imagen para la exposición espeleológica Spéléorama en el viaducto de Millau (Francia). Special display for the speleological exhibition in the Viaduct of Millau (France)</i>	Pág. 135
Jean-Pierre Baudu. Le spéléo secours Français. <i>La spéléo-plongée. L'espeleosocors francès. L'espeleobusseig. El Espeleosocorro Francés. El Espeleobuceo</i>	Pág. 147
Miquel Àngel Perelló Estelrich. Liquid Caves. Exploració i estudi de les cavitats de les Illes Balears. <i>Cuevas líquidas. Exploración y estudio de las cavidades de las Islas Baleares. Liquid Caves. Exploration and research in the caves in the Balearic Islands</i>	Pág. 149
Laureano Gómez. Protocolo de actuación del GREIM en espeleosocorro (España). <i>Protocol d'actuació del GREIM en espeleosocors (Espanya). GREIM's Action protocol in Cave Rescue (Spain)</i>	Pág. 159
Daniel Chailloux et Michel Renda. Lechuguilla Cave, la plus belle grotte du monde. <i>Lechuguilla Cave, la cova més bella del món. Lechuguilla Cave, la cueva más hermosa del mundo</i>	Pág. 165
Phil Bence. Caving Exploration in Papua New Guinea. <i>Exploració espeleologica a Papua Nova Guinea. Exploración espeleológica en Papúa Nueva Guinea</i>	Pág. 179
José Javier Ruiz Zubikoa, Iñigo Barbarin San Martín. Jinbar, explorando el abismo etíope. <i>Jinbar, explorant l'abisme etiop. Jinbar, exploring the Ethiopian abism</i>	Pág. 185
Jorge Membrado Ferreres. Prevenció, seguretat i rescat vertical. <i>Prevención, seguridad y rescate vertical. Prevention, safety and rescue vertical</i>	Pág. 195

Maite Fandos
Tinenta d'Alcalde de Qualitat de Vida, Igualtat i Esports



Les actes que teniu a les mans són el resultat del treball de la Primera Convenció Internacional d'Espeleologia que ha tingut lloc a la nostra ciutat els dies 1, 2 i 3 de maig de 2015.

Barcelona és capital de l'esport, i ho és no només perquè s'hi allotgen esdeveniments esportius de primera magnitud mundial, sinó també perquè l'esport està present des de tots els àmbits de la ciutat. La xarxa esportiva de Barcelona inclou entitats, empreses esportives, comerços, organitzadors, clubs i federacions, com la d'Espeleologia.

Barcelona, com capital de Catalunya, té una tradició espeleològica centenària, pionera a tot l'estat espanyol. I com a capital de l'espeleologia necessitava allotjar una convenció que pogués consolidar l'avantguarda d'aquest esport, les seves pràctiques i els seus coneixements; tant des de l'àrea científica, com des de la tècnica, i també des del punt de vista social. Amb motiu d'aquesta convenció s'ha organitzat una trobada amb escoles de federacions d'arreu de l'estat espanyol, i una taula rodona amb professionals de l'àmbit de l'espeleosocors, que han pogut oferir informació valuosa pel que fa al seu saber i a la seguretat.

En definitiva, aquesta convenció ha estat un lloc de trobada i d'intercanvi de coneixements de totes les disciplines relacionades amb l'espeleologia, amb ponents procedents de diferents països d'Europa, com Espanya, França, Portugal, Anglaterra i Itàlia, i també d'altres països del món.

Gràcies a aquesta convenció, els millors especialistes catalans i internacionals han aportat i compartit les seves coneixences a la nostra ciutat. Enhorabona per aquesta convenció, i esperem que es repeteixi en un futur.

Maite Fandos

Ivan Tibau i Ragolta
Secretari general de l'Esport
Generalitat de Catalunya



Barcelona es converteix en la capital internacional de l'espeleologia amb la presència d'experts de gran vàlua i trajectòria, procedents de diversos racons del món. La 1a Convenció Internacional d'Espeleologia que té lloc a Catalunya suposa un esdeveniment molt important, un repte organitzatiu per a la Federació Catalana d'aquest esport i una oportunitat per treballar en el progrés d'unes disciplines tan arrelades al nostre país, que va ser pioner a l'Estat en practicar-les fa més de cent anys.

La presència de ponents i especialistes de tot el planeta demostra la transcendència de les jornades, que de ben segur esdevindran un ric intercanvi de coneixements per a tècnics, professionals i practicants interessats en conèixer les noves metodologies de treball i els avenços tècnics i científics en les disciplines que integren l'espeleologia. En un món com el de l'esport, que evoluciona i innova tan ràpidament, és fonamental conèixer les últimes tendències per no quedar-se enrere.

Organitzar aquest esdeveniment representa situar Catalunya en el mapa internacional de l'espeleologia i demostrar la capacitat organitzativa del nostre país i les nostres entitats en aquest tipus d'actes. A més, reafirma la trajectòria esportiva de la Federació Catalana, que fa dos anys ja va mostrar també la seva clara vocació formativa organitzant amb èxit una conferència internacional d'espeleobusseig.

Des del Govern tenim molt clar que a través de l'esport volem i podem projectar amb força la imatge de Catalunya i que l'esport és un motor de recuperació econòmica per al país. Amb iniciatives com aquesta Convenció, ajudem al creixement de l'esport del país, promovem la inversió esportiva i donem una empenta al progrés de l'espeleologia catalana.

Confio plenament en l'èxit d'unes jornades tan ambicioses, i estic convençut que serà una oportunitat per als assistents per millorar aquest esport i contribuir al seu coneixement i promoció. Acabo agraïnt el suport i col·laboració de les institucions i organismes que les fan possible, i convido tots els amants d'aquesta ciència, a la vegada que pràctica esportiva, a participar-hi activament durant els tres dies.

Ivan Tibau i Ragolta

Sr. Gerard Esteva i Viladecans
President de la Unió de Federacions Esportives de Catalunya



En acceptar de fer una salutació per a la 1a Convenció Internacional d'Espeleologia, vull saludar ben cordialment a tot l'equip tècnic i humà que ha fet possible la celebració d'aquesta convenció, del 1 al 3 de maig de 2015 a la ciutat de Barcelona, una iniciativa pionera a Catalunya, la resta de l'estat i a Europa.

La convenció serà un lloc de trobada i intercanvi entre totes les possibles disciplines de l'espeleologia, amb ponents provinents de països d'Europa com Espanya, França, Portugal, Anglaterra, Itàlia i també de Canadà i altres països del món. Per a l'esport català en general, i l'espeleologia en particular, és una necessitat de primer ordre poder disposar en el calendari català d'esdeveniments com aquest, que posicionen Catalunya com a referent en l'àmbit de la discussió esportiva en el món.

I aquesta convenció és un d'aquests esdeveniments perquè els millors especialistes de Catalunya (reconeguts a nivell internacional) i els internacionals coincidiran per aportar les seves ponències i coneixements. A l'hora d'escollir-los, se li dóna especial importància no només a l'excel·lència de les seves ponències i trajectòries sinó també a estar en el millor moment de les seves investigacions i ser molt innovadors en la seva disciplina.

D'aquesta manera, en el marc d'aquest congrés, es comptarà amb l'explicació dels últims avenços tècnics en l'exploració subterrània; es posaran al dia les tècniques i materials d'espeleobusseig a nivell internacional; es determinaran els protocols a seguir en els estudis de biologia, arqueologia i paleontologia; i s'organitzarà una taula rodona, tant a nivell nacional com internacional, dels professionals en rescat d'accidents, on participin tècnics d'espeleosocors, els cossos de seguretat, Mossos d'Esquadra, Bombers i Guàrdia Civil.

Només em queda agrair a la Federació Catalana d'Espeleologia i a la resta d'entitats implicades en aquesta convenció, la seva tasca per a què l'espeleologia continuï creixent a casa nostra i a nivell internacional.

Junts, més ràpids, més lluny, més forts!

Gerard Esteva i Viladecans

Sr. Hilari Moreno i Castelló
President de la Federació Catalana d'Espeleologia



L'espeleologia és un combinat d'esports que ens obre noves portes en el descobriment d'espais subterranis que tenim a prop nostre, però, que ens resulten del tot incògnits, i és aquest vessant d'exploració i de recerca el que el converteix també en una ciència.

Amb les seves tècniques de progressió, així com les científiques, s'ha avançat molt i avui en dia s'està explorant a molta profunditat i això ens ha plantejat l'organització de la 1a Convenció Internacional d'Espeleologia a Catalunya en tots els seus vessants.

No és fàcil l'organització d'aquests tipus d'esdeveniments amb participants arribats de diversos països, per això, vull agrair especialment la feina feta per l'equip organitzador que s'ha encarregat que tot estigués a punt en el moment de la seva inauguració. Estic segur que, superats els nervis inicials i amb l'ajut de tots, serà tot un èxit.

Per acabar, vull donar la benvinguda a tots aquells que han arribat de fora de Barcelona i Catalunya i que tenen l'oportunitat de gaudir del nostre país durant uns dies i els serveixi per conèixer millor la realitat cultural, social i esportiva del nostre país.

Hilari Moreno i Castelló

Diversification within the subterranean environment: molecular biology techniques

Rizzo Valeria. & Ribera

*Animal Biodiversity and Evolution, IBE (CSIC-UPF), Barcelona, Spain.
rizzo80@gmail.com*

Abstract

The fauna of caves has merited the attention of biologists since the description of the first troglobites in the early 19th century (e.g. Romero, 2009, and Culver & Pipan, 2009). The subterranean environment seems well suited for evolutionary and biogeographical studies, as it has extreme but very homogeneous conditions, facilitating the identification of morphological and physiological adaptations of the organisms living in it. Species adapted to this environment usually have very poor dispersal abilities and are confined to well-defined geological or geographical units and the general stability and homogeneity of the habitat has permitted the long-term persistence of some lineages (Culver & Pipan, 2009; Juan et al., 2010). Some groups are also taxonomically very diverse, allowing the study of multiple replicates of the same evolutionary processes. Despite all these advantages, the study of the subterranean fauna has lagged behind that of other systems that could be considered similar, such as islands, probably because of the difficulties in access and the taxonomy of many of the groups. Recently, the application of molecular methods has allowed for the first time tests of some of the traditional hypotheses on the origin and distribution of the subterranean fauna (Juan et al., 2010). There are, however, many questions that remain open, especially regarding the possibility of geographical expansion and diversification of species adapted to the subterranean environment (Culver et al., 2009; Ribera et al., 2010, Rizzo et al., 2013). Although well grounded in phylogenetic results, these hypotheses face the difficulty of explaining how species that are assumed to have reduced dispersal abilities (they are all blind and apterous), and a limited tolerance to high temperature and low humidity, could disperse to areas far from the karstic system in which they originated. We aim to explain how molecular methods can test on traditional hypothesis.

Keywords. Hypogean fauna, evolution, biogeography, subterranean environment, molecular techniques.

Diversificació del medi subterrani: tècniques de biologia molecular

Resum

La fauna de les cavitats ha merescut l'atenció de biòlegs des de la descripció dels primers troglobis a principi del segle XIX (veg. Romero, 2009, i Culver & Pipan, 2009). El medi subterrani sembla adequat per a estudis evolutius i biogeogràfics ja que les seves extremes condicions són homogènies, la qual cosa facilita la identificació de les adaptacions morfològiques i fisiològiques dels organismes que hi viuen en ell. Les espècies adaptades a aquest ambient disposen normalment de poca capacitat de dispersió i estan limitades a àrees geològiques o unitats geogràfiques ben definides. L'estabilitat general i l'homogeneïtat de l'hàbitat ha permès la llarga persistència d'alguns llinatges (Culver & Pipan, 2009; Juan et al. 2010) alguns grups són també taxonòmicament molt diversos, i permeten l'estudi de múltiples rèpliques dels mateixos processos evolutius. Malgrat tots aquests avantatges, l'estudi de la fauna subterrània s'ha quedat enrere respecte d'altres considerats similars, com les illes, probablement per la dificultat a l'accés i per la taxonomia de molts grups. Recentment, l'aplicació de mètodes moleculars ha permès per primera vegada revisar algunes de les hipòtesis tradicionals sobre l'origen i distribució de la fauna subterrània (Juan et al. 2010). Queden, no obstant això,

moltes preguntes obertes, especialment pel que fa a la possibilitat de l'expansió geogràfica i diversificació de les espècies adaptades al medi subterrani (Culver et al., 2009; Ribera et al., 2010; Rizzo et al., 2013). Encara que amb resultats filogenètics ben fonamentats, aquestes teories s'enfronten a la dificultat d'explicar com espècies per a les quals s'assumeix una reduïda capacitat de dispersió (són tots cecs i àpters) i una limitada tolerància a les altes temperatures i baixa humitat, van poder dispersar-se en àrees allunyades del sistema càrstic on es van originar. La nostra intenció és explicar com els mètodes moleculars poden comprovar les hipòtesis tradicionals.

Paraules clau. Fauna hipogea, evolució, biogeografia, medi subterrani, tècniques moleculars.

Diversificación del medio subterráneo: técnicas de biología molecular

Resumen

La fauna de las cavidades ha merecido la atención de biólogos desde la descripción de los primeros troglodios al principio del siglo XIX (e.g. Romero, 2009, y Culver & Pipan, 2009). El medio subterráneo parece ser adecuado para estudios evolutivos y biogeográficos ya que sus extremas condiciones son homogéneas, lo que facilita la identificación de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de los organismos que viven en él. Las especies adaptadas a este ambiente disponen normalmente de poca capacidad de dispersión y están limitadas a áreas geológicas o unidades geográficas bien definidas. La estabilidad general y la homogeneidad del hábitat ha permitido la larga persistencia de algunos linajes (Culver & Pipan, 2009; Juan et al. 2010) algunos grupos son también taxonómicamente muy diversos, permitiendo el estudio de múltiples réplicas de los mismos procesos evolutivos. A pesar de todas estas ventajas, el estudio de la fauna subterránea se ha quedado atrás respecto de otros considerados similares, como las islas, probablemente por la dificultad en el acceso y por la taxonomía de muchos grupos. Recientemente, la aplicación de métodos moleculares ha permitido por primera vez revisar algunas de las hipótesis tradicionales sobre el origen y distribución de la fauna subterránea (Juan et al. 2010). Quedan, sin embargo, muchas preguntas abiertas, especialmente en lo que concierne a la posibilidad de la expansión geográfica y diversificación de las especies adaptadas al medio subterráneo (Culver et al., 2009; Ribera et al., 2010; Rizzo et al., 2013). Aunque con resultados filogenéticos bien fundamentados, estas teorías se enfrentan a la dificultad de explicar cómo especies para las que se asume una reducida capacidad de dispersión (son todos ciegos y ápteros) y una limitada tolerancia a las altas temperaturas y baja humedad, pudieron dispersarse en áreas alejadas del sistema kárstico donde se originaron. Nuestra intención es explicar cómo los métodos moleculares pueden comprobar las hipótesis tradicionales.

Palabras clave. Fauna hipogea, evolución, biogeografía, medio subterráneo, técnicas moleculares.

Introduction

The fauna of caves has merited the attention of biologists since the description of the first troglodites in the early 19th century (e.g. Romero, 2009, and Culver & Pipan, 2009). The subterranean environment seems well suited for evolutionary and biogeographical studies, as it has extreme but very homogeneous conditions, facilitating the identification of morphological and physiological adaptations of the organisms living in it.

Species adapted to this environment usually have very poor dispersal abilities and are confined to well-defined geological or geographical units and the general stability and homogeneity of the habitat has permitted the long-term persistence of some lineages (Culver & Pipan, 2009; Juan et al., 2010).

Some groups are also taxonomically very diverse, allowing the study of multiple replicates of the same evolutionary processes. Despite all these advantages, the study of the subterranean fauna has lagged behind that of other systems that could be considered similar, such as islands, probably because of the difficulties in access and the taxonomy of many of the groups. Recently, the application of molecular methods has allowed for the first time tests of some of the traditional hypotheses on the origin and distribution of the subterranean fauna (Juan et al., 2010).

The delineation of hypotheses on the origin of troglobites is provided with assessments of evolutionary relationships among species through phylogenetic reconstructions.

Phylogenetic reconstruction

Phylogenetics focuses on understanding the relationships between species (or populations) using observable characters from the organisms and analyzing them with a variety of methodologies. Phylogenetic systematists employ a series of heritable characters to formulate their hypotheses and the form in which a character appears in every organism is called state.

Characters that can be ascribed to common ancestry are homologous and their comparison is used for the phylogenetic inference. Systematists usually focus on characters whose states vary between species (but not too much) and are fairly constant within species (but not totally). The characters used in phylogenetic reconstruction (and species delimitation) may come from different sources such as morphology, DNA molecules, proteins, but also ecological or behavioral traits.

In the last decades, DNA data are becoming increasingly available and attractive for phylogenetic reconstruction leading to a great interest in the field of molecular phylogenetics. Different types of DNA data can nowadays be obtained also depending on the level of variation one is seeking to explore: coding or non -coding mitochondrial or nuclear DNA fragments, entire mitochondrial genomes, microsatellites etc.

Sampling and DNA extraction.

As first step, the specimens are collected in the field, preserved in absolute ethanol and prepared for the extraction of DNA in the laboratory.

We use a special instrument to sample in the cave: an aspirator made to capture small insects by hand; once captured they are put directly in a plastic or glass bottle filled with not denatured Ethanol at 96%, and then stored in the laboratory freezer to protect DNA.

If not directly captured, we can put bait/food (spicy sausage or rotten cheese) in a corner to come back the next day and to search for insects, or set pitfall traps with propylene glycol that protects the DNA of the beetles and come back every week to review the trap.

In the laboratory each collection coming from the same cave is labeled with the locality, collector and date, and then prepared for the DNA extracion.

Extractions of single specimens is non-destructive, using a standard phenol-chloroform method or DNA extraction commercial kits.

During extraction only the soft tissues are digested (muscles, connective tissue, etc), but the chitin exoskeleton remains intact, so that the specimen once extracted can be recovered and can be used for morphological studies, can be mounted dry in a collection, or may be part of a new type material species.

Amplification and sequencing

The technique used for amplification of the DNA fragments selected is the polymerase chain reaction (PCR), a technology used in molecular biology to amplify a single copy or a few copies of a piece of DNA across several orders of magnitude, generating thousands to millions of copies of a particular DNA sequence.

The amplified DNA by PCR is sent to an outside service to sequence it. What we finally get is a chromatogram with the DNA sequence of the amplified fragment - the sequence of A, C, T and Gs.

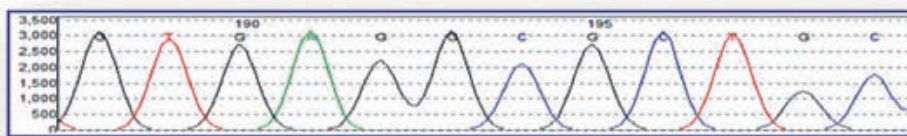


Figura 1. Chromatogram.

Alignment

Once obtained the chromatogram and edited the DNA sequence, the homologous positions of the nucleotide sequences need to be aligned in order to create a data matrix.

Sequence alignments are hypotheses of homology, formulated through the estimation of essentially unobserved processes (transformations, insertions, deletions, etc.).

This process increases vastly in complexity when multiple sequences are compared, requiring the use of heuristic strategies.

These strategies are implemented in numerous multiple alignment methods available nowadays.



Figura 2. Final data matrix.

Phylogenetic trees

DNA data matrices are typically analyzed with character -based methods that undertake a tree search on the basis of an optimality criterion.

A phylogenetic tree or evolutionary tree is a branching diagram or “tree” showing the inferred evolutionary relationships among various biological species other entities with a common ancestor —their phylogeny— based upon similarities and differences in their genetic characteristics.

Recently, the development of newer methods permitted the implementation of explicit mathematical models of character evolution in the reconstruction of the tree, leading to its gradual replacement. These models make several assumptions regarding the probability of substitution of nucleotides and may include from one to nine (Generalized time -reversible, GTR) parameters.

The model-based methods most used nowadays in the reconstruction of phylogenetic relationships are those of maximum likelihood (ML) and Bayesian inference (BI) that, although very different in their approach, they are both based on the use of likelihood calculations.

According to the ML approach, the best tree is the one that has the highest probability of producing the observed data assuming a model/hypothesis that includes the model of DNA evolution, the tree topology and branch lengths.

On the other hand, BI seeks to maximize the posterior probability of the tree given the data and the model.

It uses the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm to search for the area(s) of highest probability density across the posterior distribution space of trees and parameters.

The molecular clock

Tree-based inferences can be made to answer questions related to the evolution of characters, the temporal framework of their diversification or the biogeographic history underlying it. In the study of the evolutionary history of the organisms it may be of special interest to reconstruct the ancestral state of one or more of their traits, like a morphological feature, a nucleotide deletion or insertion or an area of occurrence.

Parametric approaches are able to incorporate branch length information and produce a probability value for the state of a character at an ancestral node. The inference of divergence times is based on the idea of the molecular clock proposed by Zuckerkandl and Pauling (1962) according to which changes occur at an approximately uniform rate in molecules. Nevertheless, during the following decades, concerns over the accuracy and applicability of such a strict model led to the development of more refined models, such as the autocorrelated and uncorrelated relaxed clocks that permit variation of evolutionary rates through time.

Another important aspect of this procedure is the calibration of the tree, performed via the so-called calibration points.

Their application stems from the assumption that the presence of a fossil or the occurrence of an event may be reflected in the node of a phylogenetic tree.

So these points are either dated fossils, preferably of the study ingroup or closely related groups, or paleobiogeographic events, such as island formation continental rifting, etc., and their age is attributed to a node enabling the transformation of the relative temporal framework of an ultrametric tree to an absolute one.

Historical biogeography integrates the evidence obtained within a temporal framework, such as the separation between sister groups or the appearance of a character on a phylogeny, with the geography of the area where they took place, enabling to propose hypotheses over the processes that have generated them. A distinction between ecological and historical biogeography on the basis of the temporal scale of study has been bridged with the realization that both biotic interactions and environmental constraints, and subjects from geology and geography are essential in an integrative framework for exploration of the biogeography.

Processes like dispersal, vicariance, extinction and speciation remain at the epicenter of biogeographic studies, but more recent approaches to biogeography are incorporating statistical methods that are currently shifting the focus from a pattern-based methodology to an event-based one.

Use of molecular data to study subterranean fauna evolution: the case of *Troglocharinus* (Coleoptera, Cholevidae, Leptodirini)

Is well known that among Coleoptera there are multiple examples of endogean groups, in particular in the families Carabidae, Staphylinidae and Leiodidae.

Many of these are a mix of hypogean and epigean species, with different degrees of morphological modifications and ecological specialisation, while the tribe Leptodirini (Coleoptera, Cholevidae) appears to represent an extensive monophyletic radiations of exclusively subterranean species: this tribe includes at present 1,800 species and the highest diversity is found in the Mediterranean basin.

The genus *Troglocharinus* is nested within the pyrenean phyletic series *Speonomus*, and has a disjunct distribution, with a clade in the coastal area near to Barcelona, *Troglocharinus* currently includes 18 species and 19 subspecies, living exclusively in the deepest part of caves with total darkness and very constant temperature and humidity (Salgado et al., 2008), all species are considered to be highly adapted to the subterranean environment.

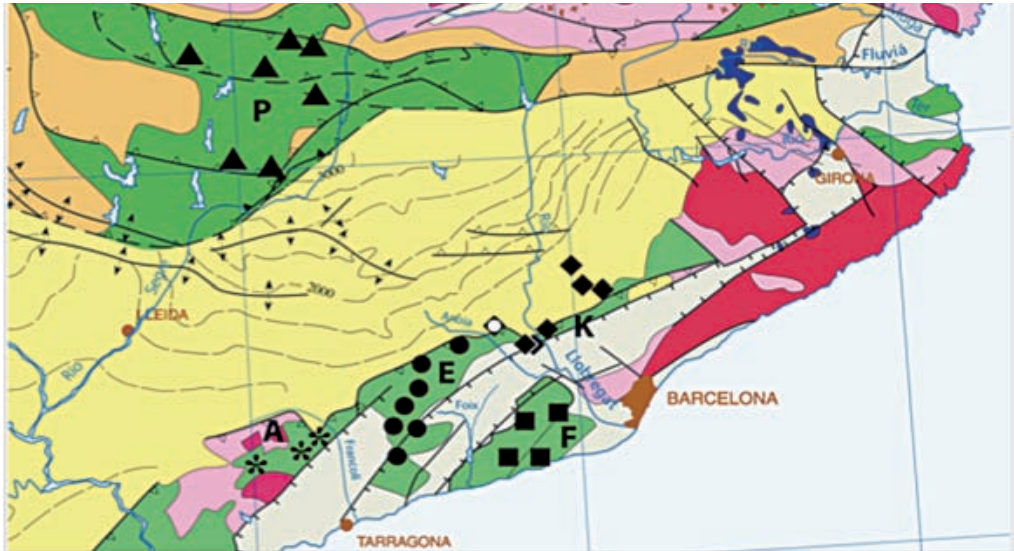


Figura 3. Distribution map of the genus *Troglocharinus*.

Disjunct distributions like that of the genus *Troglocharinus* are very rare among the strictly subterranean genera, that are usually confined into a karstic isolated area. With a molecular phylogeny of the genus we have shown that the ancestor of the extant coastal *Troglocharinus* expanded its range from the central Pyrenees to the coastal area of Catalonia in the Early Pliocene, where it subsequently diversified during the late Pliocene and the Pleistocene with the possibility of diversification once fully adapted to the subterranean environment (Rizzo et al 2013).

Within the coastal group we have 4 clade distributed across different mountain massifs, separated by rivers on Quaternary sediments; the first split separated the species *T. ferrerii*, distributed in the Garraf massif close to Barcelona, isolated by the Llobregat river in the northeast, the Anoia river in the north, and the Foix river. So we gradually focused on a smaller geographical scale, at level of coalescence and population genetics, and we employed a hypothesis-driven approach to assess the impact of potential geological barriers on the *Troglocharinus ferrerii* complex within the Garraf Massif.

Geological and geomorphological processes are thought to have significantly influenced the distribution and diversity of subterranean invertebrates, shaping patterns of genetic variation in subterranean fauna.

However, determining the factors promoting divergence and speciation or genetic connectivity among populations is often difficult in many groups because of our limited understanding of potential vicariant barriers and connectivity between populations, so we used a landscape genetics approach to evaluate hypotheses regarding the correlation between the genetic structure of the species we study and the geomorphology of the massif they inhabit.

To examine whether a geologic layers has been a significant barrier to dispersal among populations, we measured the genetic diversity and distance between and among population.

We also used a new class of ecological connectivity model based in electrical circuit theory where the basic concepts of resistance, conductance, current and voltage all apply: landscape resistance reflects how difficult it is for genes to move across an area with different geologic layers as in the Garraf Massif.

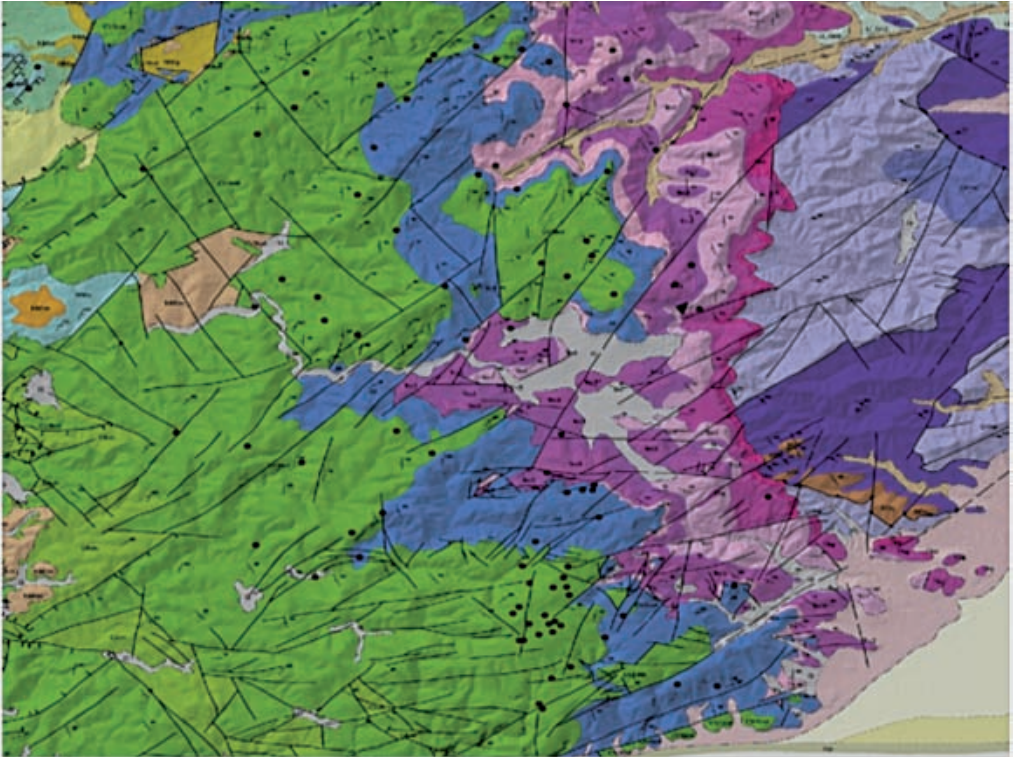


Figura 4. Geological map of Garraf Massif with sampled caves.
Green: limestone. Blu and violet: limestone with dolomite.

Acknowledgements

Thanks to Ignacio Ribera for comments on this manuscript.

References

- Culver, D.C. & Pipan, T. (2009) The biology of caves and other subterranean habitats. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Juan, C., Guzik, M.T., Jaume, D. & Cooper, S.J.B. (2010) Evolution in caves: Darwin's 'wrecks of ancient life' in the molecular era. *Molecular Ecology*, 19, 3865–3880.
- Rizzo V, Comas J, Fadrique F, Fresneda J, Ribera I. (2013) Early Pliocene range expansion of a clade of subterranean Pyrenean beetles. *J. Biogeogr.* 40, 1861–1873.

Romero, A. (2009) Cave biology: life in darkness. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Salgado, J.M., Blas, M. & Fresneda, J. (2008) Fauna Iberica. Vol. 31: Coleoptera: Cholevidae. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spain.

Zuckerkindl, E., & Pauling, L. (1965). Molecules as documents of evolutionary history. *Journal of theoretical biology*, 8(2), 357-366.

Espeleologia i ratpenats.

De la prohibició a la col·laboració?

Carles Flaquer⁽¹⁾, Josep Parera⁽²⁾ i Emilie Barthe-Pla⁽²⁾

(1) Museu de Ciències Naturals de Granollers (MCNG). C. Francesc Macià n° 51 Granollers C. P. 08402 (Spain)

(2) Réserve Naturelle Régionale de Nyer. Conseil Général des Pyrénées-Orientales. Maison de la réserve, carrer de la font n° 6 Nyer C. P. 66360

Resum

La presència d'humans a cavitats que són refugi de grans colònies de ratpenats ha estat centre d'atenció de diversos estudis i font de conflicte entre diferents gremis. Recol·lectors de minerals, turistes i espeleòlegs s'han vist confrontats amb gestors d'espais naturals, conservacionistes i investigadors en la manera d'afrontar la convivència entre humans i ratpenats en cavitats. El present treball recull informació sobre els efectes de la presència dels humans en cavitats refugi de ratpenats i en base a aquesta informació valora les diferents maneres de resoldre els conflictes, des de la prohibició a la col·laboració. S'exposa com a exemple l'actuació a la "Grotte de Fuilla", un dels llocs més importants de l'espeleologia del departament dels Pirineus-orientals (França), on tots els actors del territori han hagut d'intervenir i col·laborar acceptant un grau de prohibició. S'han establert diferents períodes de tancament i els espeleòlegs locals, molt implicats en la preservació dels medis subterranis, han estat els precursors de la protecció de la cova. Després del primer any de l'aplicació del conveni, el retorn de totes les parts ha estat molt positiu. Aquest fet i altres experiències portades a terme en el territori francès, inciten a la reflexió sobre el tancament d'altres espais sensibles.

Paraules clau. Grotte de Fuilla, Conveni de Protecció, ratpenats.

Espeleología y murciélagos.

¿De la prohibición a la colaboración?

Resumen

La presencia de humanos en cavidades que son refugio de grandes colonias de murciélagos ha sido centro de atención de varios estudios y fuente de conflicto entre diferentes gremios. Recolectores de minerales, turistas y espeleólogos se han visto confrontados con gestores de espacios naturales, conservacionistas e investigadores en la manera de afrontar la convivencia entre humanos y murciélagos en cavidades. El presente trabajo recoge información sobre los efectos de la presencia de los humanos en cavidades refugio de murciélagos y en base a esta información valora las diferentes formas de resolver los conflictos, desde la prohibición a la colaboración. Se expone como ejemplo la actuación en la "Grotte de Fuilla", uno de los lugares más importantes de la espeleología del departamento de los Pirineos orientales (Francia), donde todos los implicados del territorio han tenido que intervenir y colaborar aceptando un grado de prohibición. Se han establecido diferentes periodos de cierre y los espeleólogos locales, muy implicados en la preservación de los medios subterráneos, han sido los precursores de la protección de la cueva. Después del primer año de la aplicación del convenio, el retorno de todas las partes ha sido muy positivo. Este hecho y otras experiencias llevadas a cabo en el territorio francés, incitan a la reflexión sobre el cierre de otros espacios sensibles.

Palabras clave. Grotte de Fuilla, Convenio de Protección, murciélagos.

Caving and bats. From prohibition to cooperation?

Abstract

The human presence in caves that are a shelter to many great colonies of bats has been the centre of attention for several researches and a source of conflict between different professionals. Mineral collectors, tourists and cavers have been brought face to face against natural environment managers, conservationists and researchers on how the co-existence between humans and bats should be handled.

The current paper gathers information on the effects of the human presence in shelter caves for bats and recognizes the different ways of solving the conflicts, from prohibition to cooperation.

One example is "Grotte de Fuilla", one of the most important caving spots in the Oriental-Pyrenees department (France), where all the social actors had to intervene and cooperate accepting a certain degree of prohibition. Different closure periods have been established and the local cavers, deeply involved in the preservation of the subterranean environment have been the precursors to the protection of the cave.

After the first year of the agreement application, the feedback of all parts has been very positive. This fact and other experiences carried out in French territory urge us to reconsider the closure of other sensitive areas.

Keywords. *Grotte de Fuilla, Convention for the Protection, bats.*

Introducció

La importància del refugi

No es pot conservar els ratpenats sense conservar els seus refugis, els quals són fins i tot més importants que els hàbitats de caça. Cal tenir en compte que els ratpenats passen la major part de la seva vida (que pot ser de fins a 40 anys) en refugis. Per tant la distribució, abundància, vida social, migracions, fisiologia, etc. dels ratpenats està directament relacionada amb la quantitat i qualitat de refugi del territori. Tenir o no tenir un refugi adequat implica tenir o no tenir uns beneficis que poden ser claus per la supervivència (Altringham 2011), com per exemple poder:

1. protegir-se del clima extrem;
2. protegir-se dels depredadors;
3. estalviar energia en la termoregulació de la temperatura corporal;
4. reduir la despesa energètica per arribar als refugis de cacera;
5. millorar les opcions d'aparellament;
6. millorar la cura envers les cries;
7. traspasar informació dins el grup social;
8. evitar la competència per refugi amb altres vertebrats.

La importància de la cavitat

Els ratpenats són els únics vertebrats que fan servir les cavitats (mines, coves, avencs, etc.) com a refugi permanent (amb algunes excepcions de peixos i amfibis). Les característiques més rellevants que fan que una cavitat sigui interessant com a refugi de ratpenats són: 1) la mida (preferiblement gran i complexa), 2) la temperatura i 3) la humitat. A Europa els ratpenats fan servir les cavitats bàsicament per: 1) hivernar; 2) descansar i recuperar-se durant la migració i 3) per criar (Altringham 2011).

Hivernar

La vida és un balanç energètic, compensar sortides amb entrades per tal de poder arribar al dia següent i tenir èxit a traspassar els nostres gens a les següents generacions. Els ratpenats són animals endotèrmics que han de fer servir part de l'energia d'entrada (obtinguda caçant molts insectes) en escalfar el cos sense dependre de l'escalfor de l'ambient. Tanmateix els ratpenats també són hectotèrmics, o sigui que regulen activament la temperatura del seu cos depenent de les seves necessitats. Podem dir que els ratpenats tenen un termosta que permet adaptar la temperatura del cos a la temperatura ambient i així evitar un desgast massa gran d'energia en escalfar o refredar el cos.

Hivernar és baixar de forma controlada la temperatura del cos però dins uns límits en els quals el cos pot utilitzar energia (greix) per activar-se si l'entorn es torna excessivament fred. La hivernada pot durar dies, setmanes o mesos. Els ratpenats es preparen per hivernar emmagatzemant greix i per tant menjant molts insectes a la tardor. Quan la temperatura és massa freda com per poder trobar insectes els ratpenats es refugien i hivernen.

Un ratpenat hivernant baixa la seva freqüència cardíaca de 800 pulsacions/minut en vol o 450 p/m en repòs i a 15 p/m durant l'hivernada (Studier and O'Farrell 1976). Només el cervell i el cor mantenen una irrigació sanguínia normal. Un ratpenat hivernant pot estar 90 minuts sense respirar i reduir 140 vegades el seu consum normal d'oxigen. En un entorn estable sense variacions de temperatura ni destorbs el ratpenat pot sobreviure en una cavitat gastant 4mgr de greix al dia (podria viure del greix acumulat durant 2 anys). Malauradament qualsevol canvi de temperatura o variació de l'entorn provoca que la demanda de greix es dispari (Thomas, Cloutier et al. 1990).



Figura 1. Ratpenat de ferradura petit (*Rhinolophus hipposideros*) en una posició típica penjat cap per avall dins una cavitat (fotografia d'Oriol Massana).

Criar

Pels ratpenats és essencial poder sincronitzar l'inici del desenvolupament del fetus amb l'inici del bon temps. En climes temperats els ratpenats tenen el temps just per néixer, créixer i preparar-se per hivernar. En aquest sentit els ratpenats s'aparellen a la tardor i d'aquesta manera les femelles controlen la fertilització i l'ovulació quan l'hivernada s'ha acabat (la gestació pot ser d'uns a cinc mesos). La temperatura i les condicions del refugi són bàsiques per tal que el fetus pugi créixer més ràpid. En cavitats complexes hi ha habitacles amb temperatures diferents i per tant més possibilitat d'escollir llocs adequats.

Què passa quan entrem a un refugi amb una colònia de ratpenats?

Els humans entren a cavitats per diferents motius (a buscar minerals, explorar la cavitat, lleure o espeleoturisme, etc.) però molt rarament hi ha vandalisme dirigit als ratpenats. Tanmateix en poques ocasions les persones que entren al refugi són conscients del destorb que provoquen als ratpenats. Per exemple al fer una foto a una colònia els ratpenats no es mouen immediatament però, com s'ha explicat anteriorment, durant l'hivernada els ratpenats depenen de la seva reserva de greix i davant la presència d'humans s'activen i consumeixen energia que els pot ser imprescindible per poder passar tot el període de fred (Speakman and Thomas 2003). Per altra banda a la primavera/estiu els ratpenats estan criant a les cavitats i malgrat les cries tenen una esperança de supervivència molt alta, la mortalitat incrementa molt degut a l'estrès al que pot sotmetre la presència d'humans al refugi (Frick, Reynolds et al. 2010).



Figura 2. Colònia de ratpenats de cova (*Miniopterus schreibersii*), una espècie que es refugia en cavitats i és cavernícola estricta.

Un exemple de conflicte i resolució: “Grotte de Fuilla” als Pirineus-Orientals

La “Grotte de Fuilla” (cova de fulla) forma part de la xarxa subterrània Fuilla-Canaletes, que constitueix un dels llocs més importants de l'espeleologia del departament dels Pirineus-Orientals (Catalunya Nord) i és coneguda a escala internacional. L'entrada de la cova, visible des de la carretera és de molt fàcil accés fet que posa en perill la colònia de ratpenats que hi refugia, sobretot en període hivernal. Des de l'any 2006 la Cova de Fuilla forma part de la xarxa Natura 2000. En aquest marc el Consell General dels Pirineus-Orientals, gestor de Natura 2000, ha fet un treball de concertació amb tots els actors del territori, entre els quals hi ha els propietaris i sobretot els espeleòlegs del departament, per tal de protegir l'espai.

Els espeleòlegs locals, molt implicats en la preservació dels medis subterranis, han estat els precursors de la protecció de la cova. A partir del deteriorament observat a la cavitat (escombraries, pintades, etc.) es va decidir posar un primer reixat en el perímetre de l'entrada. Tot i això, aquest primer arranament, lleuger, va ser destruït diverses vegades.



Figura 3. Primer tancament (a la dreta) i segon tancament (esquerra) proposats a la Grotte de Fuilla per tal d'evitar l'excés de visites a la cavitat.

Veient la situació precària de la cavitat s'ha acabat signant un conveni entre el gestor Natura 2000, els propietaris i els professionals de l'espeleologia que té per objectius:

1. Assegurar la tranquil·litat de les poblacions de ratpenats que utilitzen la cova, especialment durant els períodes d'hibernació i de transit.
2. Assegurar la protecció i el respecte de la Cova de Fuilla.
3. Assegurar la protecció de l'equilibri ecològic de l'indret.

El conveni estableix 3 períodes de tancament diferents. Un primer període de tancament estricte, quan hi ha màxima sensibilitat de les poblacions de ratpenats; un segon període de tancament parcial, en el que les visites es poden fer prèvia constatació de l'absència de poblacions hivernants i finalment un tercer període en que la cova està accessible. Davant l'entrada de la cova uns panells presenten aquest calendari i més informacions sobre la cova i els ratpenats que hi viuen. La informació i la divulgació és un punt important del projecte.

Després del primer any de l'aplicació del conveni, el retorn de totes les parts ha estat molt positiu. Aquest fet i altres experiències portades a terme en el territori francès, ens porten a la reflexió del tancament d'altres espais sensibles, amb la conseqüent adaptació al propi indret així com a les espècies de ratpenats que es volen protegir.



Figura 4. Panells informatius sobre la biologia dels ratpenats i sobre el tancament davant la cova de la Fulla

Discussió i conclusions

Els humans exploren el seu entorn i les cavitats no són una excepció. Aquesta exploració sovint no té ànim destructiu però té efectes col·laterals greus en un ecosistema tan delicat com el subterrani, on els animals viuen al límit. Un increment de temperatura, de soroll, de lluminositat, etc. pot suposar el ser o no ser en algunes poblacions d'animals adaptades a viure a les cavitats.

Els espeleòlegs són un col·lectiu apassionat i que, per tant, estima i vol conservar els sistemes cavernícoles que va descobrint. A diferència de l'espeleoturisme i del buscador de minerals, l'espeleòleg no té un interès econòmic ni vol profanar l'interior de la cavitat. Així, l'espeleòleg pot ser el millor aliat del biòleg i/o gestor. Tradicionalment la conservació de la fauna de les cavitats, sobretot ratpenats, s'ha ignorat o enfocat des de les administracions i/o grups conservacionistes amb la visió generalitzada de la prohibició com a primera eina d'actuació. Com s'observa a l'exemple aportat en el present treball la col·laboració entre espeleòlegs i gestors no és que sigui possible, és que és necessària. La única manera de preservar les cavitats és a partir de l'educació i la informació. Cal que els col·lectius que sovint entren a les cavitats siguin conscients que hi ha manuals de bones pràctiques essencials per conservar aquests delicats ecosistemes. Per exemple, hi ha poca consciència que una estada de minuts en una galeria d'hivernada de ratpenats pot suposar la fi de gran part dels membres de la colònia. Igualment es desconeix que les femelles poden abandonar les cries si hi ha visites continuades al refugi.

En tot cas cal tenir en compte que la legislació empara la conservació dels ratpenats cavernícoles (Mitchell-Jones, Bihari et al. 2007) i davant la profanació d'aquests espais l'administració ha d'actuar de forma coordi-

nada amb els experts en cavitats (espeleòlegs) i els experts en fauna i flora (biòlegs). En molts casos l'interès personal, per treure minerals d'una cavitat o per portar grups a visitar-la, s'imposa davant l'interès general de preservar el nostre entorn natural.

Entre l'any 2004 i el 2008 al sud de França es va dur a terme un programa de tancament de cavitats per tal d'evitar la desaparició dels ratpenats d'aquests refugis (Némoz, Urcun et al. 2008). Aquestes pràctiques amb la col·laboració entre administració gestora, biòlegs i espeleòlegs són les més recomanables en casos d'evident deteriorament de la cavitat i haurien de servir d'exemple a Catalunya, on encara manca consciència de la importància de preservar aquests refugis.

Preservar els ratpenats cavernícoles no és només preservar la natura, també és conservar un servei que els ratpenats fan als humans en forma de depredació de tones d'insectes transmissors de malalties i perjudicials pels nostres conreus (McCracken, Westbrook et al. 2012). Per altra banda la interacció massa directa entre humans i ratpenats, tal com passa amb altres animals salvatges, s'ha d'evitar per reduir les probabilitats de proliferació de malalties (zoonosis). Accedir a cavitats amb molt guano o manipular ratpenats incrementa el risc de contraure alguna malaltia que en cap cas existiria per atac de ratpenat (Amengual, Bourhy et al. 2007; García, García et al. 2008).

Conclusions

- Els ratpenats cavernícoles són vulnerables, estan protegits i cal actuar en els cassos que s'observi un deteriorament degut a l'activitat humana;
- És necessària la col·laboració entre gestors, biòlegs i espeleòlegs alhora de coordinar les mesures a prendre per protegir les colònies de ratpenats;
- Cal centrar esforços en educar, al públic en general i sobretot als col·lectius que visiten més les cavitats, respecte la rellevància de preservar els ratpenats;
- S'han d'aplicar manuals de bones pràctiques per visitar cavitats amb colònies de ratpenats.



Figura 5. Ratpenat de cova (*Miniopterus schreibersii*) en vol (Fotografia d'Oriol Massana i Adrià López-Baucells).

Bibliografia

- Altringham, J. (2011). *Bats. From Evolution to Conservation*. New York, Oxford University Press.
- Amengual, B., H. Bourhy, et al. (2007). "Temporal Dynamics of European Bat Lyssavirus Type 1 and Survival of *Myotis myotis* Bats in Natural Colonies." *PLoS ONE* 2(6): e566.
- Frick, W. F., D. S. Reynolds, et al. (2010). "Influence of climate and reproductive timing on demography of little brown myotis *Myotis lucifugus*." *J. Anim. Ecol.* 79: 128-136.
- García, C. A., M. G. García, et al. (2008). *La zoonosis rábica en quirópteros: Manual de buenas prácticas y manejo de los murciélagos*.
- McCracken, G. F., J. K. Westbrook, et al. (2012). "Bats Track and Exploit Changes in Insect Pest Populations." *PLoS ONE* 7(8).
- Mitchell-Jones, T., Z. Bihari, et al. (2007). *Protecting and managing underground sites for bats*. Bonn, Germany, UNEP/EUROBATS Secretariat.
- Némoz, M., J. P. Urcun, et al. (2008). *CATALOGUE DES PROTECTIONS PHYSIQUES mises en oeuvre dans le programme LIFE-Nature « Conservation de 3 Chiroptères cavernicoles dans le Sud de la France » (2004 – 2008)*. SFEPM: 28.
- Speakman, J. and D. W. Thomas (2003). *Physiological ecology and energetics of bats*. *Bat Ecology*. K. T. H. a. F. M. B. eds. Chicago,, University of Chicago Press: 430-490.
- Studier, E. H. and M. J. O'Farrell (1976). "Biology of *Myotis thysanodes* and *M. lucifugus*. III. Metabolism, heart rate, breathing rate, evaporative water loss and general energetics. ." *Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology* 54A: 423-432.
- Thomas, D. W., D. Cloutier, et al. (1990). "ARRHYTHMIC BREATHING, APNEA AND NON-STEADYSTATE OXYGEN UPTAKE IN HIBERNATING LITTLE BROWN BATS (*MYOTIS LUCIFUGUS*). " *J. Exp. Biol.* 149: 395-406.

Biospéologie: diversité, distribution et intérêt des biotes cavernicoles

Arnaud Faille

*Bavarian State Collection of Zoology
Münchhausenstrasse 21
81247 Munich, Germany
arnaud1140@yahoo.fr*

Résumé

Contrairement à la faune de surface, la faune souterraine est assez pauvre en raison des spécificités de l'environnement souterrain. Quelques groupes se sont néanmoins particulièrement diversifiés dans ces milieux particuliers, pour donner dans certains cas de très importantes radiations évolutives. Nous présenterons rapidement les particularités des environnements souterrains, la diversité et les caractéristiques des organismes qui les ont colonisés, les méthodes d'échantillonnage et de préservation des spécimens à des fins d'étude génétique et l'intérêt particulier de ces groupes pour aborder les questions d'évolution et de biogéographie.

Mots-clés. Adaptation, biodiversité, biogéographie, évolution, faune souterraine.

Bioespeleologia: diversitat, distribució i interès de las biotas cavernícoles

Resum

A diferència de la fauna de superfície, la fauna subterrània és molt pobre a causa de les característiques específiques del medi subterrani. Tanmateix, alguns grups estan particularment diversificats en aquest medi en particular, i donen en alguns casos importants radiacions evolutives. Presentem ràpidament les característiques dels ambients subterranis, la diversitat i les característiques dels organismes que els han colonitzats, els mètodes de mostreig i de preservació dels espècimens per a l'estudi genètic i els interessos particulars d'aquests grups per abordar les qüestions d'evolució i biogeografia.

Paraules clau. Adaptació, biodiversitat, biogeografia, evolució, fauna subterrània.

Bioespeleología: diversidad, distribución e interés de las biotas cavernícolas

Resumen

A diferencia de la fauna de superficie, la fauna subterránea es muy pobre debido a las características específicas del medio subterráneo. Algunos grupos están, sin embargo, particularmente diversificados en este medio en particular, y dan en algunos casos importantes radiaciones evolutivas. Presentamos rápidamente las características de los ambientes subterráneos, la diversidad y las características de los organismos que las han colonizado, los métodos de muestreo y de preservación de los especímenes para el estudio genético y los intereses particulares de estos grupos para abordar las cuestiones de evolución y biogeografía.

Palabras clave. Adaptación, biodiversidad, biogeografía, evolución, fauna subterránea.

Biospeology: diversity, distribution and interest of cave biota

Abstract

Contrary to the epigean fauna, the subterranean fauna is rather poor in species because of the specificities of the underground environment. Some groups nevertheless are particularly diversified in these particular circles, leading sometimes to very important evolutionary radiations. We present the peculiarities of the terrestrial subterranean environments, the diversity and the characteristics of the zoological groups which colonized them, the methods of sampling and conservation of specimens for purposes of genetic study and the particular interest of these groups to approach the questions of evolution and biogeography.

Keywords: *Adaptation, biodiversity, biogeography, evolution, subterranean fauna.*

Avant-propos : La Biospéologie est un sujet très vaste, et la littérature y ayant trait est innombrable. Il a donc été nécessaire -mais pas toujours facile...- de choisir des références pour illustrer les différents aspects du sujet, mais ce choix ne représente qu'une infime partie des études et articles portant sur ce thème. La plupart des exemples présentés et les techniques d'échantillonnage illustrent la faune terrestre.

Particularités des environnements souterrains terrestres

Les environnements souterrains sont présents sur l'ensemble de la planète. Ils sont caractérisés par l'absence de lumière, une hygrométrie très élevée souvent proche de la saturation, une température quasi-constante au cours de l'année et une grande stabilité de ces paramètres microclimatiques. Si l'on connaît des exemples d'espèces troglobies (=cavernicoles) en milieu non calcaire (tubes de laves, réseaux creusés dans la latérite, Milieu Souterrain Superficiel), l'immense majorité de ces organismes est associée aux régions karstiques de la planète. Les particularités physiques des karsts assurent des conditions de vie auxquelles n'ont pu s'adapter que de rares animaux, les plantes supérieures n'y étant représentées pratiquement que par ... leurs racines. La fracturation et la karstification des massifs offrent cependant aux organismes qui y vivent l'espace et les conditions nécessaires à une remarquable diversification. Tous les vides du massif, de la moindre fissure à la grotte, ainsi que les éboulis ou lits de rivières asséchées offrent potentiellement refuge aux organismes souterrains (Giachino & Vailati 2006 ; Ortuño et al 2013).

Diversité, caractéristiques et distribution des organismes souterrains

On rencontre en milieu souterrain des organismes dont la présence est accidentelle (espèces troglonées), des espèces récurrentes qui effectuent une partie de leur cycle en grottes (espèces troglaphiles) et des espèces effectuant tout leur cycle sous terre. Cette dernière catégorie, les organismes strictement inféodés aux milieux souterrains, sont qualifiés de cavernicoles, hypogés ou troglobies (stygobies pour les espèces aquatiques) suivant la terminologie employée par différents auteurs. Ils ont en commun un certain nombre d'adaptations morphologiques remarquables plus ou moins accentuées: la dépigmentation, l'aptérisme et la perte des organes de la vision auxquelles s'ajoutent souvent des modifications profondes des cycles vitaux et une très forte hygrophilie (Racovitza 1907, Jeannel 1926, Deleurance, 1958, Vandel, 1964, Barr 1968, Voituron et al 2011, Cieslak et al 2014).

Rares sont donc les groupes zoologiques à avoir colonisé avec succès l'environnement souterrain. Les espèces de vertébrés les plus modifiées en termes d'adaptation à la vie souterraine sont des poissons et des amphibiens. Ces groupes bien représentés en zone tropicale et en Amérique sont absents d'Europe à

l'exception remarquable du Protée (*Proteus anguineus* Laurenti, 1768), un amphibien endémique des Alpes Dinariques, qui est de loin le plus grand cavernicole connu en Europe (de 20 à 40 cm). Les invertébrés se sont par contre particulièrement diversifiés dans ces milieux, pour donner dans certains cas de très importantes radiations évolutives, c'est à dire des pulvérisations de certaines lignées en de nombreuses espèces souvent ressemblantes mais différant par des caractères variés, y compris leur degré d'adaptation à la vie souterraine. Il s'agit principalement de Mollusques, Crustacés, Myriapodes, Isopodes, Arachnides, Diploures, Collembolles et Insectes. Parmi les Insectes ce sont quelques groupes de Coléoptères qui se sont majoritairement diversifiés, avec trois radiations remarquables, les Dytiscidae dans les eaux souterraines d'Australie, les Carabidae Trechini et les Leiodidae Leptodirini en zone Paléarctique (Jeannel 1924, 1928 ; Casale et al 1998 ; Giachino et al 1998 ; Leys et al 2003 ; Salgado et al 2008 ; Faille et al 2010 ; Ribera et al 2010)



Figure 1. Cavernicoles familiers des spéléologues pyrénéens, les Coléoptères du genre *Aphaenops* (*Aphaenops orionis*, cliché C. Vanderbergh)

Méthodes d'échantillonnage et de préservation des Invertébrés souterrains terrestres à des fins d'étude génétique

La principale méthode de récolte de la faune terrestre souterraine est la collecte à vue. Il s'agit de prospecter les zones humides, concrétions, sous les pierres, le guano de chauve-souris et les dépôts de matière organique offrant gîte et couvert aux espèces saprophages et à leurs prédateurs. Les spécimens sont prélevés au moyen d'un aspirateur à bouche, d'un pinceau ou d'une pince souple et placés dans des tubes contenant de l'alcool 95°, qui préserve l'ADN pour d'éventuelles études génétiques ultérieures. La localité, la date et le nom du collecteur doivent être notées, et placées dans le tube (une inscription au crayon notée sur un bout de papier et placé dans le tube fait très bien l'affaire). Les différentes espèces collectées peuvent être placées dans le même tube pour une localité donnée, limitant ainsi le nombre de tubes à transporter. Lorsque c'est possible, il est utile d'apporter de la matière organique sous terre préalablement à la visite (bois mort, buis,...) qui aura pour effet d'attirer et de concentrer la faune pour les prochaines visites. Le piégeage au moyen de piège Barber (=pitfalls) peut également permettre de récolter une partie de la faune, notamment des espèces difficilement observables autrement. On privilégiera du liquide qui préserve l'ADN, comme le propylène glycol (à ne pas confondre avec l'éthylène glycol, toxique !). Cette méthode est à utiliser de manière ponctuelle et uniquement si on est sûr de pouvoir revenir, car elle peut parfois s'avérer destructrice. Elle est également utile pour la

prospection en MSS (Giachino & Vailati 2010).

La collaboration des spéléologues est très précieuse aux biologistes étudiant la faune souterraine, et un grand nombre des espèces récemment décrites portent le nom des spéléologues qui les ont découvertes (Deharveng & Quéinnec 2005).

Intérêt particulier des groupes souterrains pour aborder les questions d'évolution et de biogéographie

Plusieurs caractéristiques uniques des organismes souterrains en font un modèle de choix pour l'étude de l'évolution et de la spéciation: les populations d'espèces hautement modifiées sont confinées à un espace bien défini, l'unité karstique. La couverture calcaire d'une zone donnée est rarement homogène et continue; à cette fragmentation de l'habitat correspond un isolement des populations de troglobies, semblable à ce que l'on peut observer pour les faunes insulaires (Vandel 1964, Culver 1970, Caccone 1985, Crouau-Roy 1989). Ce phénomène est souvent considéré comme responsable de la grande diversification des lignées cavernicoles par spéciation allopatrique (Jeannel 1941, Gibert & Deharveng 2002).

Endémisme

Les caractéristiques morphologiques et physiologiques des organismes souterrains rendent la dispersion et le flux génique entre populations très peu fréquent, voire impossible dans les conditions actuelles. On peut donc facilement cartographier les aires de distribution des populations/espèces à l'aide de cartes géologiques, identifier et parfois dater les barrières. La fragmentation géologique entraîne également un haut degré d'endémisme chez les groupes souterrains, ce qui permet d'étudier les processus de spéciation et d'évolution populationnels dans un cadre temporel: en raison de la mobilité réduite des organismes souterrains et de leur confinement à une unité géologique persistante dans les temps géologiques, il est possible de retracer l'évolution des relations géographiques au cours du temps, et d'identifier les fenêtres temporelles qui ont pu avoir un impact dans la dispersion des groupes (Trontelj et al 2009).

Adaptations

Le système est également idéal pour tester l'évolution de l'adaptation: l'environnement souterrain est contraignant, les individus sont donc soumis à une sélection forte, mais il est aussi simple et homogène, ce qui limite les facteurs physiques à prendre en compte. La température constante, l'humidité, l'obscurité, le petit nombre d'espèces et les densités faibles rendent plus simple la comparaison des populations afin de détecter les adaptations locales à différents paramètres environnementaux comme la température, l'hygrométrie, la structure physique de l'habitat,... à la fois à court (génétique des populations) ou à long terme (étude de la convergence et du parallélisme chez différentes espèces). L'apport des données moléculaires permet dorénavant de préciser les liens de parentés entre espèces et d'établir des phylogénies, et de voir si les scénarios d'évolution émis sur la base de proximités morphologiques correspondent bien à la réalité de l'évolution (Juan et al 2010). Les phylogénies moléculaires permettent par exemple d'identifier le nombre d'évolutions parallèles de certaines particularités morphologiques, comme le nombre de pertes indépendantes de l'œil au cours de l'évolution dans un groupe donné. On peut ainsi mettre au jour les voies ayant mené à la convergence observée chez les animaux souterrains, et évaluer la part respective de cette convergence et de l'héritage dans la présence de caractères communs. Les outils moléculaires permettent enfin de travailler sur les bases génétiques de l'adaptation et sur les modalités évolutives menant à la disparition de l'œil ou du pigment par exemple (Leijts et al 2005, Protas et al 2007, Bilandija et al 2013).

Biogéographie et caractère relictuel des groupes souterrains

Les capacités dispersives des organismes souterrains étant très limitées, il est possible d'identifier l'âge des colonisations souterraines et de les relier à des événements paléogéographiques ou paléoclimatiques (Foulquier et al 2008, Zhang & Li 2013, Faille et al 2014). De nombreux organismes souterrains ont longtemps été considérés comme des « fossiles vivants », en raison de leur morphologie très particulière et de leurs distributions géographiques disjointes leur donnant toute l'apparence de reliques de faunes passées, bien que l'âge relatif des groupes souterrains et les modalités de colonisation souterraine soit l'objet de débat (Jeannel 1943, Beier 1969, Howarth 1980, 1987, Desutter-Grandcolas & Grandcolas 1996, Assmann et al 2010, Hoch et al 2012).

En datant l'âge des colonisations des groupes souterrains et leurs liens de parentés, on peut enfin mettre en évidence ou réfuter le caractère relictuel de ces espèces (Rivera et al 2002, Ribera et al 2005 ; Arnedo et al 2008 ; Wessel et al 2013,...).

Hot-spots et conservation de la faune souterraine

Dans le cadre du recensement des « points chauds » de diversité biologique de la planète, la biodiversité souterraine a un rôle particulier à jouer (Cyranoski 2006 ; Culver et al. 2006, Culver & Sket 2000) (Fig.2). Les groupes souterrains se rencontrent dans la plupart des zones karstiques de la planète (Gibert J & Deharveng L. 2002 ; White & Culver 2012), mais l'essentiel des points chauds de biodiversité souterraine se trouve à l'heure actuelle en Europe, avec quelques exceptions en Amérique du Nord, Australie et Indonésie (Culver & Sket 2000). Cela dit, les très importantes découvertes récentes de faune cavernicole très modifiée dans les immenses karsts chinois notamment laissent présager une évolution de ce classement.

En Europe occidentale, les karsts pyrénéens, sud-alpins, dinariques comptent les plus importantes radiations de Coléoptères souterrains, bien que de nombreuses espèces troglobies (=cavernicoles) se rencontrent dans d'autres zones. La faune souterraine de la Péninsule Ibérique offre chaque année de nouvelles découvertes et est particulièrement riche (Español 1969, Bellés 1987, Sendra et al 2011).



Figure 2. Hotspots de biodiversité souterraine. Point : localité recelant plus de 20 troglobies, le nombre indique le nombre de localités si supérieur à 1 (modifié de Culver & Sket, 2000)

La difficulté d'accès au milieu de vie de ces organismes couplée au très fort taux d'endémisme des groupes souterrains en font en effet un des fronts les plus importants d'accroissement des connaissances sur la

biodiversité, en particulier dans les zones où la faune de surface est déjà très bien inventoriée comme en Europe. Les distributions très restreintes de la plupart des espèces troglobies leur confèrent enfin une très forte valeur patrimoniale.

En résumé, l'étude de la faune souterraine offre un champ d'investigation très vaste tant pour l'inventaire du monde vivant que pour l'étude de l'évolution animale et de l'origine des patrons de distribution actuels que pour la compréhension des mécanismes conduisant à la colonisation du milieu souterrain.

Remerciements

Merci à Louis Deharveng (MNHN) et Ignacio Ribera (IBE-CSIC) pour les nombreuses discussions concernant ce vaste sujet, et Christian Vanderbergh pour la photo d'*Aphaenops orionis*.

Références

- Arnedo M.A., Oromi P., Múrria C., Macías-Hernández N., Ribera C. 2010. The dark side of an island radiation: systematics and evolution of troglotic spiders of the genus *Dysdera* Latreille (Araneae: Dysderidae) in the Canary Islands. *Invertebrate Systematics* 21(6): 623-660.
- Assmann T, Casale A, Drees C, Habel JC, Matern A, Schuldt A. 2010. Review: The dark side of relict species biology: cave animals as ancient lineages. In *Relict species: phylogeography and conservation biology*. Edited by Habel JC, Assmann T. Heidelberg: Springer; 91–103.
- Barr, T.C. 1968. Cave ecology and the evolution of troglotes. In : Dobzhansky T., M.K. Hecht & W.C. Steere. (eds). *Evolutionary Biology*. Plenum Press, New York. 35-102.
- Beier, M. 1969. Reliktformen in der Pseudoscorpioniden-Fauna Europas. *Memorie della Società Entomologica Italiana*, 48: 317-323.
- Bellés, X. 1987. Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i les illes Balears. *Monografies Científiques* 4. Consell Superior d'Investigacions Científiques – Editorial Moll, Mallorca. 207p.
- Bilandija, H., Ma, L., Parkhurst, A., Jeffery, W.R. 2013. A potential benefit of albinism in *Astyanax* cavefish: downregulation of the *oca2* gene increases tyrosine and catecholamine levels as an alternative to melanin synthesis. *PLoS One*. 8(11):e80823
- Caccone, A. 1985. Gene flow in cave arthropods: a qualitative and quantitative approach. *Evolution*. 39: 1223-1234.
- Casale, A., Vigna Taglianti, A., Juberthie, C. 1998. Coleoptera Carabidae. In *Encyclopaedia Biospeologica*. Vol. 2. Juberthie C, Decu V. (eds). Moulis-Bucarest: Société Internationale de Biospéologie. Pp 1047-1081.
- Crouau-Roy, B. 1989. Population Studies on an Endemic Troglotic Beetle: Geographical Patterns of Genetic Variation, Gene Flow and Genetic Structure Compared With Morphometric Data. *Genetics*. 121: 571-582.
- Cieslak, A., Fresneda, J. Ribera, I. 2014. Developmental constraints in cave beetles. *Biology Letters*. 10: 20140712.
- Culver, D.C. 1970. Analysis of simple cave communities. I. Caves as islands. *Evolution*. 24: 463-474.
- Culver, D. C. & Sket, B. 2000. Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies*. 62: 11-17.
- Culver, D.C., Deharveng, L., Bedos, A., Lewis, J.J., Madden, M., Reddell, J.R., Sket, B., Trontelj, P., White, D.

2006. The mid-latitude biodiversity ridge in terrestrial cave fauna. *Ecography*. 29 : 120-128.
- Cyranski, D. 2006. Calls to conserve biodiversity hotspots. *Nature*. 439 : 774.
- Deharveng, L. Quéinnec, E. 2005. La contribution des spéléologues à la connaissance et à la conservation de la biodiversité souterraine. In: Moutet C. (eds.). *Spéléologie et Société*, Spelunca Mémoires, 29: 185-187.
- Deleurance, S. 1958. La contraction du cycle évolutif des Coléoptères Bathysciinae et Trechinae en milieu souterrain. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*. 247: 752-753.
- Desutter-Grandcolas, L. Grandcolas, P. 1996. The evolution toward troglotic life: a phylogenetic reappraisal of climatic relict and local habitat shift hypotheses. *Mémoires de Biospéologie*. 23 : 57-63.
- Español, F. 1969. Fauna cavernicola de España. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. 39(9) : 309-322.
- Faille, A., Ribera, I., Deharveng, L., Bourdeau, C., Garnery, L., Queinnec, 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: 97-105.
- Faille, A., Andújar, C., Fadrique, F., Ribera, I. 2014. Late Miocene origin of a Ibero- Maghrebian clade of ground beetles with multiple colonisations of the subterranean environment. *Journal of Biogeography*. 41: 1979-1990.
- Foulquier, A., Malard, F., Lefébure, T., Douady, C.J., Gibert, J., 2008 – The imprint of quaternary glaciers on the present-day distribution of the obligate groundwater amphipod *Niphargus virei* (Niphargidae). *Journal of Biogeography*. 35: 552-564.
- Giachino, P. M., Decu, V., Juberthie, C. 1998. Coleoptera Cholevidae. In *Encyclopaedia Biospeologica*. Vol. 2. Juberthie C, Decu V. (eds). Moulis-Bucarest: Société Internationale de Biospéologie. Pp 1083-1122.
- Giachino, P.M., Vailati, D. 2010. The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques. *WBA Handbooks - Vol. 3*. Verona: World Biodiversity Association onlus.
- Gibert, J., Deharveng, L. 2002. Subterranean Ecosystems: A truncated Functional Biodiversity. *Bioscience*. 52 (6): 473-481.
- Hoch, H., Naranjo, M., Oromí, P. 2012. Witness of a lost world: *Meenoplus roddenberryi* sp. n., a new cavernicolous planthopper species (Hemiptera, Fulgoromorpha, Meenoplidae) from Gran Canaria. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 59(2): 207-215.
- Howarth, F.G. 1980. The zoogeography of specialized cave animals: a bioclimatic model. *Evolution*. 34(2): 394-406.
- Howarth, F. G. 1987. The evolution of non-relictual troglotites. *International Journal of Speleology* (1987), 1-16.
- Jeannel, R. 1924. Monographie des Bathysciinae. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale* 63: 1-436.
- Jeannel, R. 1926. Faune cavernicole de la France avec une étude des conditions d'existence dans le domaine souterrain. Lechevalier, Paris. 334p.
- Jeannel, R. 1928. Monographie des Trechinae. Morphologie comparée et distribution d'un groupe de Coléoptères. Troisième Livraison: les Trechini cavernicoles. *L'Abeille*, 35:1-808.
- Jeannel, R. 1941. L'isolement, facteur de l'Evolution. *Revue française d'Entomologie*. VIII (3) : 101-110.
- Jeannel, R. 1943. Les fossiles vivants des cavernes. Gallimard, Paris. 321p.

- Juan, C., Guzik, M.T., Jaume, D., Cooper, S.J. 2010. Evolution in caves: Darwin's 'wrecks of ancient life' in the molecular era. *Molecular Ecology*. 19(18):3865-80.
- Leys, R., Watts, C.H.S., Cooper, S.J.B., Humphreys, W.F. 2003. Evolution of subterranean diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae: Hydroporini, Bidessini) in the arid zone of Australia. *Evolution*. 57: 2819–2834.
- Leijts, R., Cooper, S.J.B., Strecker, U., Wilkens, H. 2005. Regressive evolution of an eye pigment gene in independently evolved eyeless subterranean diving beetles. *Biology Letters*, 1(4) pp. 496-499.
- Ortuño, V.M., Gilgado, J.D., Jiménez-Valverde, A., Sendra, A., Pérez-Suárez, G., Herrero-Borgoñón, J.J. 2013. The "Alluvial Mesovoid Shallow Substratum", a New Subterranean Habitat. *PLoS ONE*. 8(10):e76311.
- Protas M, Conrad M, Gross JB, Tabin C, Borowsky R. 2007. Regressive evolution in the Mexican cave tetra, *Astyanax mexicanus*. *Current Biology*, 17:452-454.
- Racovitza E.G. 1907. Essai sur les problèmes biospéologiques. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*. 4ème série, VI: 371-488.
- Ribera, I., Mateu, J., Bellés, X. 2005. Phylogenetic relationships of *Dalys mirabilis* Mateu, 2002, with a revised molecular phylogeny of ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 43(4): 284-296.
- Ribera, I., Fresneda, J., Bucur, R., Izquierdo, A., Vogler, A.P., Salgado, J.M., Cieslak, A. 2010. Ancient origin of a western Mediterranean radiation of subterranean beetles. *BMC Evolutionary Biology*. 10(29):1–14.
- Rivera, M.A.J., Howarth, F.G., Taiti, S., Roderick, G.K. 2002. Evolution in Hawaiian cave-adapted isopods (Oniscidea : Philosciidae) : vicariant speciation or adaptive shifts? *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 25 : 1-9.
- Salgado, J.M., Blas, M., Fresneda, J. 2008. *Fauna Iberica*. Vol. 31: Coleoptera: Cholevidae. Madrid: CSIC.
- Sendra, A., Achurra, A., Barranco, P., Beruete, E., Borges, P.A.V., Herrero-Borgoñón, J.J., Camacho, A.I., Galán, C., García, L.I., Jaume, D., Jordana, R., Modesto, J., Monsalve, M.A., Oromí, P., Ortuño, V.M., Prieto, C., Reboleira, A.S., Rodríguez, P., Salgado, J.M., Teruel, S., Tinaut, A., Zaragoza, J.A. 2011. Biodiversidad, regiones biogeográficas y conservación de la fauna subterránea hispano-lusa. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 49: 365-400.
- Trontelj, P., Douady, C.J., Fiser, C., Gibert, J., Goricki, S., Lefébure, T., Sket, B., Zaksek, V. 2009. A molecular test for cryptic diversity in ground water: how large are the ranges of macro-stygobionts? *Freshwater Biology*. 54:727-744
- Vandel, A. 1964. *Biospéologie. La Biologie des Animaux Cavernicoles*. Gauthier-Villars, Paris. 619p.
- Voituron, Y., de Fraipont, M., Issartel, J., Guillaume, O., Clobert, J. 2011. Extreme lifespan of the human fish (*Proteus anguinus*): a challenge for ageing mechanisms. *Biology Letters*. 7(1):105-7.
- Wessel, A., Hoch, H., Asche, M., von Rintelen, T., Stelbrink, B., Heck, V., Stone, F. D., Howarth, F. G. 2013. Founder effects initiated rapid species radiation in Hawaiian cave planthoppers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(23): 9391-9396.
- White, W.B., Culver, D.C. [eds.]. 2012. *Encyclopedia of Caves*. Academic/Elsevier, Amsterdam.
- Zhang, Y., Li, S. 2013. Ancient lineage, young troglobites: recent colonization of caves by *Nesticella* spiders. *BMC Evolutionary Biology*. 13:183 doi:10.1186/1471-2148-13-183

La investigación cronométrica del arte prehistórico: metodologías y problemáticas

Ramón Viñas

IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social⁽¹⁾.

Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV)⁽²⁾. Director del Museu Comarcal de la Conca de Barberà i Centre d'Interpretació de l'Art Rupestre de les Muntanyes de Prades⁽³⁾. rvinas@iphes.cat, rupestrologia@yahoo.es

(1) C. Marcel·li Domingo sn (edifici W3 - Campus Sescelades) Tarragona C.P. 43007 (Spain)

(2) Avda de Catalunya n° 35 Tarragona C.P. 43002 (Spain)

(3) C. de la Pedrera Montblanc C.P. 43400 Tarragona (Spain)

Resumen

La llegada de Homo Sapiens a tierras euroasiáticas constituyó una detonación en los comportamientos simbólicos de los homínidos, como un medio de comunicación y transferencia de ideas y creencias. La evidencia de manifestaciones gráficas "arte rupestre" (en cavidades subterráneas, abrigos y rocas al aire libre) y expresiones sobre piezas portátiles "arte mueble" (descubiertas en yacimientos arqueológicos, generalmente en cavidades), configuran un material excepcional para el estudio del arte prehistórico y el conocimiento de nuestra especie. La investigación sobre el origen cultural y temporal de estas manifestaciones avanza por diferentes vías, por una parte, se centra en la relación estilística o morfológica que se establece entre el arte rupestre y los objetos de arte mueble- con representaciones de figuras gravadas o pintadas -localizados en capas arqueológicas fechadas por C¹⁴, y por otra, con otros métodos radiactivos, directos e indirectos, como C¹⁴ AMS (radiocarbono, espectrometría de aceleración de masas) y ratio de cationes (isótopos de las series del uranio), que mediante alguna sustancia orgánica o componente mineral, permiten una aproximación cronométrica. En este trabajo hacemos una revisión reflexiva de algunas de las problemáticas y críticas que suscitan estos métodos de datación.

Palabras clave. Arte Prehistórico, manifestaciones rupestres, Cronometría, métodos de datación, C¹⁴ AMS.

La investigació cronomètrica de l'art prehistòric: metodologies i problemàtiques

Resum

L'arribada de Homo Sapiens a terres eurasiàtiques va constituir una detonació en els comportaments simbòlics dels homínids, com un medi de comunicació i transferència d'idees i creences. evidència de manifestacions gràfiques "art rupestre" (en cavitats subterrànies, abrics i roques a l'aire lliure) i expressions sobre peces portàtils "art moble" (descobertes en jaciments arqueològics, generalment en cavitats), configuren un material excepcional per a l'estudi de l'art prehistòric i el coneixement de la nostra espècie. La recerca sobre l'origen cultural i temporal d'aquestes manifestacions avança per diferents camins, per una part, és centra en la relació estilística o morfològica que s'estableix entre l'art rupestre i els objectes d'art moble- amb representacions de figures gabades o pintades, localitzats en capes arqueològiques datades per C¹⁴, i per l'altra, des de diversos mètodes radioactius, directes i indirectes, com C¹⁴ AMS (radio carboni, espectrometria d'acceleració de masses) i ràtio de cations (isòtops de les sèries de l'urani), que mitjançant alguna substància orgànica o mineral, permeten una aproximació cronomètrica. En aquest treball fem una revisió reflexiva d'algunes de les problemàtiques i crítiques que han generat aquests mètodes de datació.

Paraules clau. Art Prehistòric, manifestacions rupestres, Cronometria, mètodes de datació, C¹⁴ AMS.

Chronometric research Prehistoric Art: Methodologies and problems

Abstract

The arrival of Homo Sapiens to Eurasian lands was a detonation of symbolic behavior of the hominids, as means of communication and transfer of ideas and beliefs. The evidence of graphic manifestations, "rock art" (in underground caves, rock shelters and open air rocks), and engraved or painted expressions on portable artifacts, "mobile art" (discovered at archaeological sites), form an essential and exceptional material for study the symbolic behavior and knowledge of our species. The study on the cultural and temporal origins of these "prehistoric" expressions advances by two lines of research. On the one hand, focuses on an indirect relationship, from stylistic or morphological concept established from the analogy between rock art and mobile objects with graphical representations - dated on archaeological layers by C^{14} -. On the other hand, a direct or indirect relationship, through various methods such as Electron Paramagnetic Resonance (EPR), the Thermoluminescence (TL), the Uranium-Thorium, the series of Cation Ratio (CR), the Radiocarbon (C^{14}) and C^{14} AMS (Radiocarbon Accelerator Mass Spectrometry). In this paper we conducted a bibliographic review of these methods to present some of the problems and criticisms that have raised these dating systems applied to rock art.

Keywords. Prehistoric art, rock art manifestations, Chronometry, dating methods, C^{14} AMS.

Introducción

En diversas ocasiones hemos señalado que: "La percepción que hemos adquirido acerca del Homo sapiens y de la "Prehistoria" en general, se la debemos en gran medida a la Espeleología, las exploraciones subterráneas y a los inesperados hallazgos arqueológicos, en particular de "arte rupestre y arte mueble", los cuales han transformado los viejos conceptos y han erradicado las ideas iniciales, un tanto ingenuas, que negaban la capacidad intelectual, espiritual y artística de las sociedades cazadoras recolectoras del Paleolítico Superior. El final de estas nociones permitió que el llamado "hombre de las cavernas" dejara de ser un personaje grotesco y sin inquietudes, para convertirse en el genio que colocó la primera piedra de nuestro mundo "moderno". (Viñas, 2013)

Sin embargo y durante décadas, el estudio del "Arte Prehistórico" o Rupestrología¹ permaneció al desamparo de las instituciones, organismos culturales, académicos y científicos. Los investigadores, dedicados a esta parcela de la "Prehistoria", eran escasos. Cabe recordar que en las Universidades se ofrecía la asignatura de Historia del Arte a partir de los egipcios y griegos del Mundo Antiguo. No obstante, las manifestaciones "prehistóricas", artísticas y simbólicas, representan el testimonio gráfico más significativo para enfrentar el estudio del pasado de la humanidad, el origen del "Arte" y la emergencia de Homo sapiens durante el Paleolítico Superior.

Infinidad de expresiones gráficas, pintadas, grabadas y esculpidas, se encuentran distribuidas por todo el Planeta, desde las profundas cuevas, hasta abrigos y rocas al aire libre tanto de regiones desérticas como selváticas. Asimismo la vasta iconografía se extiende sobre estructuras, megalitos y soportes transportables, estos últimos objetos que los especialistas designan como arte mueble. Según los datos recopilados por la UNESCO, estas manifestaciones abarcan más de 700 mil lugares de 160 países.

1. El término Arte Rupestre suscita reacciones controvertidas entre los especialistas, en particular, en América latina, ya que el concepto "arte" es extremadamente amplio, confuso y excesivamente general. Hace algunos años, en un artículo que presentamos en torno a la interpretación de las manifestaciones rupestres (Viñas, Martínez y Déciga, 2000), exprese que se podría emplear el término "Rupestrología" para el estudio del Arte Rupestre.

lugares de 160 países y acumula más de 20 millones de imágenes, por lo tanto un acervo documental insustituible para la investigación arqueológica.

Las piezas de arte mueble se localizan, habitualmente, en las excavaciones arqueológicas y comprenden objetos de adorno personal y de prestigio, piezas de carácter simbólico e instrumentos para la caza. Sobre estas piezas se expresaron representaciones abstractas y figurativas, pintadas, grabadas o con ambas técnicas, y elaboradas en soportes de piedra, hueso, asta, marfil y concha. No obstante, y acerca de los orígenes del pensamiento simbólico y el inicio del "Arte", hay que observar que determinados artefactos líticos, como la forma simétrica y lanceolada de los bifaces "achelenses" ya demuestran una clara capacidad cognitiva, estética, conceptual y "artística" de los homínidos desde el Paleolítico inferior (funcionalidad y simbolismo de los útiles). El hallazgo de un bífaz entre los restos óseos de los heidelbergensis, en la Sima de los Huesos (sierra de Atapuerca, Burgos), desvela una intencionalidad y una conexión de comportamientos simbólicos, en este caso, asociados al tema de la muerte en torno a los 400.000 años de antigüedad.

Como cualquier manifestación cultural, definir la edad de los materiales arqueológicos y las expresiones gráficas "prehistóricas" es uno de los objetivos primordiales de toda investigación arqueológica que aborde estos contenidos, ya que les permite establecer un nexo entre el objeto o documento gráfico de estudio y la cultura arqueológica que los produjo.

Datos historiográficos

Las primeras referencias sobre la existencia del arte rupestre aparecen a partir de mediados del siglo XVIII en distintas partes del mundo. Sin embargo, la polémica en torno a su autenticidad—originada por el hallazgo de las pinturas rupestres de la Cueva de Altamira en 1879— se prolongó a lo largo de dos décadas defendida por su descubridor Marcelino Sanz de Sautuola en contra de los escépticos investigadores encabezados por G. Mortillet, E. Harlé y E. Cartailhac, que consideraban totalmente falsas las pinturas y señalaban a Sautuola como un verdadero impostor.

Sin embargo, entre 1890 y 1896, algunos investigadores franceses H. Breuil, J.L. Capitan y D. Peyrony exploraron varias cuevas y descubrieron algunos conjuntos de arte rupestre en: Figuer, La Mouthe y Pair-non-Pair este último con grabados recubiertos por niveles arqueológicos de edad paleolítica y que venían a confirmar su antigüedad. Poco después, y también en Francia, se hallaron otras dos cuevas importantes conocidas como Les Combarelles y Font de Gáume en la Dordogne (Breuil y Capitan 1901). Estos hallazgos fueron expuestos en el Congreso de la Asociación Française pour l'Avancement des Sciences, en 1902, y donde los más escépticos tuvieron que admitir la legitimidad del "Arte Prehistórico" (Cartailhac, 1902; Cartailhac y Breuil, 1906). Con ello se puso punto final a un dilatado periodo de discusiones académicas y científicas, y quedó inaugurado el siglo XX con los grandes descubrimientos del arte rupestre mundial.

En 1978, y tras cien años transcurridos desde el sorprendente hallazgo de las pinturas de la Cueva de Altamira, el profesor C. W. Meighan de la Universidad de California en Los Ángeles (EE.UU) hacía una crítica a los investigadores señalando que:

"[...] el estudio del arte rupestre por parte de los arqueólogos aún está en su infancia. En general, aquellos no han desarrollado una metodología eficaz para describir o interpretar el arte rupestre y han dejado esta área de la arqueología principalmente a los historiadores del arte, divulgadores y periodistas, por lo que la colectividad de especialistas que excavan en sitios arqueológicos y que ha desarrollado técnicas eficaces para estudiar los restos de las sociedades pasadas engloba a muy pocos que hayan contribuido al análisis de las producciones artísticas. En el Nuevo Mundo, particularmente, los arqueólogos que han descrito o presentado arte rupestre, tienden a tratarlo aparte de los restos arqueológicos y del contexto cultural de los pueblos que lo produjeron, es decir, lo considera como objeto aislado. La reconstrucción y las descripciones de las culturas arqueológicas presentadas por dichos estudiosos rara vez incluyen alguna mención, sólo proporcionan descripciones del arte rupestre como una parte de la cultura antigua."

Esto es cierto, aun cuando el arte rupestre es conocido por ser abundante, diverso y probablemente la mayor fuente de información sobre las actitudes religiosas y filosóficas de los pueblos que están siendo estudiados. El arte rupestre, por lo tanto, presenta un real desafío a los arqueólogos y una de las oportunidades importantes para la expresión de futuras directrices analíticas en la interpretación del pasado.”(Meighan, 1978).

Desde entonces y hasta la actualidad se ha manifestado un creciente interés por el conocimiento de las expresiones rupestres en todo el Planeta y algunos de los conjuntos rupestres figuran en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. Año tras año se amplía el estudio con nuevos registros, a nivel internacional, tanto de evidencias muebles como de arte parietal (dibujo, pintura, grabado y bajo relieve). Además, se han desarrollado y perfeccionado métodos para su datación, aportando resultados inesperados que han permitido modificar los esquemas mentales y crono-culturales acerca de los orígenes de la creatividad “artística”.

A pesar de las discusiones y problemáticas, que plantean las técnicas de datación, tradicionales y radiométricas, éstas nos proporcionan un conocimiento más amplio y objetivo del “Arte Prehistórico”, el cual no se circunscribe solo a Homo sapiens sino que retrocede en el tiempo, con diversos tipos de expresiones gráficas, muchas de ellas controvertidas, pero que indican la evidencia de un “paleoarte” que podemos empezar a rastrear a través de otros homínidos más antiguos como “erectus, heidelbergensis y neandertales”.

Las fechas del “Arte Prehistórico”

En el siglo pasado, las fechas directas sobre el arte rupestre prehistórico eran escasas, para el arte paleolítico europeo solo se había empleado la datación indirecta aportada por la analogía estilística establecida con materiales muebles, hallados y fechados en depósitos arqueológicos. H. Breuil fue el primero en presentar un esquema crono-cultural del Arte Paleolítico dividido en dos grandes ciclos artísticos, que comprendían los periodos: Auriniaco-perigordense y Solútreo-magdalenense. El primero integraba signos simples, trazos digitales y algunos contornos muy simplificados de zoomorfos que se desarrollaban, en su opinión, hasta las figuras con bicromía de la cueva de Lascaux. En el segundo ciclo, el investigador agrupó perfiles de figuras negras que alcanzaban un mayor realismo con el empleo de relieves naturales y la técnica de los raspados y trazos estriados que culminaba con la policromía de los magníficos ejemplares faunísticos de la cueva de Altamira (Breuil, 1952).

Años más tarde, Leroi-Gourhan en base al esquema propuesto por Breuil, y teniendo en cuenta el contexto arqueológico del Paleolítico superior, el arte mueble y la analogía con las representaciones parietales, estableció cuatro grandes periodos con el siguiente esquema: a) Primitivo, con dos estilos I y II, el primero: Auriñaciense (32.000-25.000 años), y el segundo Solutrense Antiguo/Gravetiense (25.000-20.000 años); b) Arcaico, con el estilo III: Magdaleniense Inferior/Solutrense Superior (20.000-16.000 años); c) Clásico, con el estilo IV Antiguo: Magdaleniense Medio (16.000-13.000 años); y el último definido como Tardío, con el estilo IV: Magdaleniense Superior (13.000-11.000 años).

Leroi-Gourhan incluyó en el estilo I animales de diseño simple prefigurativos y esquematizados, vulvas, cazoletas y grabados profundos. En el estilo II, situó contornos de animales desproporcionados con una marcada curva cérvico-dorsal, extremidades escasamente insinuadas, cuernas en perspectivas torcidas o biangulares y sin detalles internos, a excepción del detalle del ojo. En el estilo III dispuso ejemplares faunísticos también desproporcionados pero con menor curva cérvico-dorsal y un relleno corporal a tinta plana en la parte delantera y detalles en el interior del cuerpo. En el estilo IV Antiguo reunió a las figuras más proporcionadas y detalladas, con referencias al pelaje, y aplicación de colores y matices que permiten resaltar el volumen del animal con una característica “M” que delimita la zona abdominal en los cuadrúpedos, muy evidente en cuevas como Altamira, Ekain, Tito Bustillo, Font de Gaume y Niaux. En el último estilo, IV Reciente situó a las figuras más realistas, incluyendo animales con movimiento, con ello, el Arte del Paleolítico superior alcanzaba su final y su máximo esplendor (Leroi-Gourhan, 1965).

Estos esquemas propuestos para ordenar y clasificar el Arte Paleolítico pecaban de simplicidad ya que atendían, primordialmente, al aspecto formal de las figuras —recordemos que la temporalidad de estas manifestaciones paleolíticas abarca unos 25.000 años y se distribuyen en un territorio sumamente extenso—, por consiguiente, y a pesar de que Breuil y Leroi-Gourhan consiguieron ensamblar una primera clasificación, los nuevos hallazgos y dataciones de fines del siglo XX como Cosquer y Chauvet, con cifras de 32.410 y 28.370 años respectivamente (Auriñaciense y Gravetiense) contradecían los esquemas expuestos. Desde el punto de vista estilístico, los ejemplos fechados (un signo abstracto y algunos animales en negro), se hubieran enmarcado en el estilo IV del Magdaleniense (Antiguo y Reciente) de Leroi-Gourhan. O sea, unos miles de años después.

Por otro lado, el final de aquella tradición paleolítica, milenaria y extraordinaria, se precipitaba a un vacío colosal, prácticamente desaparecía sin dejar rastro. El registro arqueológico solo revelaba algunas evidencias de arte mueble (Epipaleolítico y Mesolítico). No obstante, a principios del siglo XXI, algunos trabajos vinieron a reivindicar la continuidad del Arte Paleolítico con la propuesta de un estilo V que, además, venía a establecer una conexión con otras tradiciones post-paleolíticas. La propuesta partía de las evidencias halladas entre los conjuntos de Foz Coa y Fariseu (Portugal) y Siega Verde, la Griega, Ojo Guareña, y Estebanvela (España), con pinturas en cuevas, grabados al aire libre y arte mueble con cronologías de entre 11.500 y 9.000 años que respaldaban la continuidad del Arte Paleolítico. Una etapa con figuras más sencillas y pequeñas que expresan signos abstractos, animales y algunas figuras humanas esquematizadas realizadas con pintura y grabado de trazo fino y estriado (Bueno, et al. 2007, Viñas, et al. 2012).

Durante el Paleolítico superior las fechas entre 35.000 y 10.000 años son abundantes en toda Europa, citemos, a modo de ejemplo, algunas de las cuevas peninsulares como: Altamira con las primeras dataciones situadas entre 16.480 y 13.130 años; El Castillo 13.570 y 12.910; Las Monedas 11.950 y 11.630; Las Chimeneas 15.070; Ojo Guareña 11.540 y 10.950; Covaciella 14.260 y 14.060; La Pileta 20.130; y Nerja 19.900 años. Actualmente se poseen nuevas dataciones para la península ibérica que trataremos más adelante.

Sin embargo, entre los ejemplos más arcaicos del Paleolítico —algunos de ellos cuestionables— hay que destacar el fragmento de hueso con incisiones de semicírculos del yacimiento de Pech de l'Aze (Francia) con una datación de 300.000 años; las cazoletas sobre roca cubiertas por depósitos achelenses del abrigo del Auditorium (India) fechado en 290.000 años y la debatida figurilla femenina en tufo volcánico que aparenta el cuerpo de una Venus paleolítica en Berekhan Ram (Israel) con una fecha de 230.000 años. (Lorblanchet, 1999, Bednarik, Kumar, Watchman, 2005).

Entre el arte mueble, y en cronologías más recientes, cabe señalar el bloque de ocre con líneas incisas, que configuran una cenefa con motivos geométricos de la cueva de Blombos o los fragmentos de cascara de huevo de avestruz grabada en Diepkloof (Sudáfrica) situados entre los 100.000 y 40.000 años (Henshilwood, Errico y Watts., 2009); la placa de sílex con arcos concéntricos y líneas grabadas de Quneitra (Israel) datado en 54.000 años (aunque en el próximo oriente ya convivían, en estas fechas, neandertales y sapiens); un esquisto con trazos paralelos en la cueva de Temnata (Bulgaria) datado en 50.000 años; además de los huesos con trazos incisos, marcas, líneas paralelas y elementos geométricos en los abrigos y cuevas de La Ferrassie (Francia), Tagliente (Italia), BachoKiro (Bulgaria), Molodova (Ucrania), Kebara (Israel), Morín (España), datados entre 40.000 y 47.000 mil años (Collado, 2012); o las conchas marinas perforadas de la cueva de los Aviones en Murcia, con una datación de 45.000-50.000 años (Zilhao, et al. 2010). Otra fecha de interés, ha sido obtenida de las pinturas rupestres del abrigo de Garbarmmung en Jaweoyrn, en el norte de Australia, a partir de representaciones de aves extintas en torno a los 46.000 años en particular las "Genyornis" (en Australia la presencia de Homo sapiens antecede, por el momento, a las de Europa) (Gum, Ogleby, Lee y Whear, 2010).

Recientemente se ha propuesto la posible atribución neandertal de las figuras de focas del “Camarín de los pisciformes” pintadas sobre unas coladas estalagmíticas de la cueva de Nerja (Málaga, España), con una fecha de entre 43.500 y 42.300, obtenidas de materia orgánica descubierta al pie de las imágenes (restos de carbón de las luminarias o lámparas fijas). Esta datación indirecta pone en duda la filiación neandertal de estos pisciformes de Nerja. Sin embargo, se ha dado a conocer un signo abstracto, grabado a base de líneas entrecruzadas que forman un esquema de aspecto cuadrangular, hallado en la cueva de Gorham en Gibraltar y recubierto por un depósito fechado en 39.000 años que indica una ejecución precedente, posiblemente neandertal (Rodríguez, *et al.*, 2014).

Asimismo se han conocido nuevas fechas para determinadas figuras de las cuevas de El Castillo y de Altamira, en la cornisa cantábrica. Para El Castillo se ha calculado un mínimo de 40.800 años a partir de un “disco o círculo rojo” y 37.300 para algunas manos en negativo, mientras que para una representación abstracta “signo claviforme” de Altamira se ha obtenido un mínimo de 36.500 años.

Por otra parte, los recientes resultados cronométricos, proporcionados por los investigadores indonesios y australianos, demuestran que algunas pinturas rupestres de las cuevas del karst de Maros en la isla de Sulawesi en Indonesia arrojan fechas de 39.900 (manos en negativo) y 35.400 años (cuadrúpedos) (Aubert, *et al.*, 2014).

Desde hace algunas décadas también se investiga la temporalidad del arte rupestre postpaleolítico (Epipaleolítico y Mesolítico), neolítico y bronce, tanto en la península Ibérica y Europa como en otros continentes con fechas más recientes.

Métodos de datación

Los métodos, para obtener la temporalidad de una manifestación rupestre, se dividen en directos e indirectos.

Indirectos:

Los métodos indirectos, son los más antiguos y tradicionales, y se fundamentan en: el contexto arqueológico; los depósitos arqueológicos, in situ, fechados, que cubren parcial o totalmente alguna figura, o que contenga restos de superficies pintadas o grabadas; la analogía que se establece entre los estilos de grafismos muebles (datados en depósitos arqueológicos) y las formas representadas en el arte rupestre; y la estratigrafía cromática: figuras superpuestas y correspondientes a distintas etapas, con el fin de lograr cronologías relativas (Fig. 1).

Sin embargo, y desde hace décadas, se han utilizado otros métodos de datación indirecta, mediante isótopos de las series de Uranio-Torio, que fechan la periodicidad del crecimiento de las formaciones subterráneas “espeleotemas” constituidos por calcita y aragonito (carbonato cálcico) y yeso (sulfato cálcico). Con este método, se logran parámetros cronométricos que indican rangos temporales previos y posteriores a la realización del arte rupestre sobre estas formaciones. (Bischoff *et al.* 1988, 1995, y 2003, Ivanovich, *et al.* 1992)

En 1983 Dorn propuso la datación de los “barnices” de las rocas al aire libre por medio de Ratio de Cationes (isótopos radioactivos) para fechar indirectamente los grabados rupestres realizados sobre rocas al aire libre. Estos “barnices” están formados por la deposición secuencial de componentes inorgánicos que constituyen microcapas con: arcilla, cuarzo, óxidos, hidróxidos de hierro, y manganeso. (Dorn y Nobbs 1992, Russ, *et al.*, 1999, Watchman 2000, Sanchidrian, 2001).

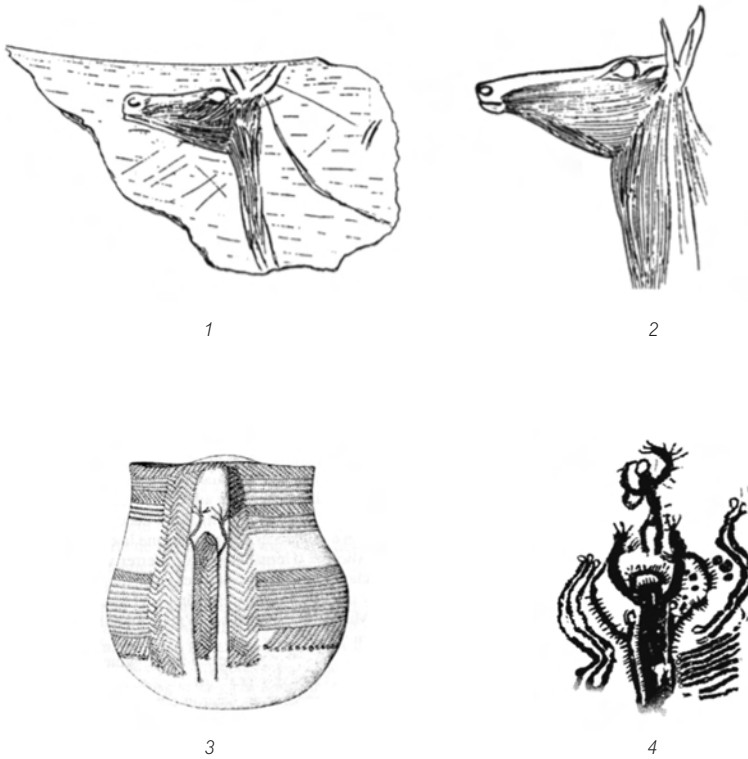


Fig. 1. Método de datación indirecto: Analogía estilística, técnica y temática entre objetos de arte mueble y arte rupestre.

1 y 2.- Escapula del Magdaleniense inferior cantábrico con cabeza de cierva (cueva de Altamira) y detalle de un grabado rupestre (cueva de El Castillo).

3-4.- Vasija del Neolítico cardial de la (Cova de l'Or, Beniarrés, Alicante) con una figura humana en posición de orante y pintura rupestre con antropomorfos orantes (abrigo de Pla de Petracos, Castell de Castells, Alicante) (dibujos según Sanchidrián, 2001, y Hernández y Martí, 1988).

Más recientemente, los procedimientos radiométricos indirectos han buscado la manera de fechar el carbón contenido en las capas y recubrimientos, con presencia de oxalato cálcico producido por microorganismos (bacterias, líquenes, hongos, algas, etc.), e interrelacionados con el arte rupestre con el fin de obtener fechas más precisas en base al C14 AMS. (Watchman, 1996; Rowe, 2001; Ruiz, et al. 2006). (Fig. 2).

Otros métodos empleados han sido la resonancia paramagnética electrónica (ESR) y la termoluminiscencia (TL) aplicada a concreciones de calcita y en relación con grabados y pinturas rupestres.

Directos:

Por otro lado, los métodos directos se centran en la datación de las propias figuras pintadas, con radiocarbono C14 AMS (espectrometría de aceleración de masas). Para ello, es necesario que las representaciones tengan incorporado algún material orgánico, susceptible de ser fechado y el cual deberá ser extraído sin contaminaciones de otras procedencias, por ejemplo carbón vegetal de una pintura negra o aglutinantes de origen orgánico. Algunos investigadores han señalado la presencia de resinas y aceites vegetales, huevo, sangre, miel, leche, grasas animales y orina.

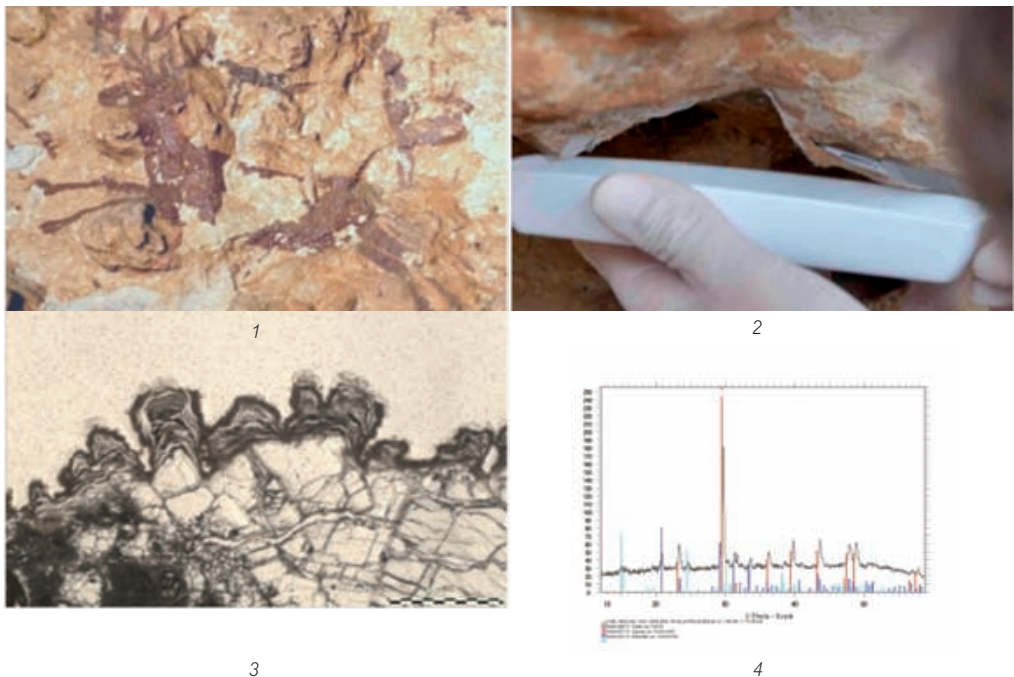


Fig. 2. Método de datación indirecto por C^{14} AMS: Conjunto rupestre de Ulldecona (Tarragona).

1.- Detalle de la figura de un ciervo del abrigo I d'Ermites. 2.- Toma de una muestra de soporte con recubrimiento del citado abrigo. La muestra se obtiene mediante un bisturí estéril y se guarda en papel de estaño y en tubos estériles. 3.- Vista al microscopio óptico de una lamina delgada de una muestra del conjunto d'Ulldecona, en la fotografía se distingue la roca caliza de base recubierta, en la parte superior, por una capa compuesta de: calcita, yeso y Whewellite (Oxalato cálcico) vinculada a la pintura rupestre. 4.- Difracción de rayos X. En el gráfico se observan los picos de los distintos componentes: calcita (rojo), yeso (Azul fuerte), Whewellite (azul claro). Este último susceptible de ser fechado por el método C^{14} AMS. (Fotos: Viñas, Rubio y Vallverdú).

Este método fue aplicado inicialmente por Russ, Hyman, Shafer y Rowe, a unas pinturas rupestres de Rio Pecos en Texas, que demostraron la viabilidad de esta técnica. Actualmente se viene aplicando al arte rupestre mundial. (Russ, et al., 1999).

Problemáticas

Tal como indica Bednarik en su crítica sobre los fechamientos que se realizan en torno al Arte Rupestre, los métodos indirectos, centrados en las relaciones temáticas, estilísticas o iconográficas son a menudo incorrectas, es decir, que ni el estilo ni la técnica son criterios para determinar la edad de una pintura o grabado (Bednarik, 2002).

Sobre los métodos de datación indirecta, el citado autor comenta que en el método de ratio de cationes (CR): “Se han detectado anomalías en todos los niveles de análisis, y por tanto ha sido descartado para el estudio del arte rupestre” (Bednarik, 2002). Por otra parte, investigadores como Watchman también consideran que el método es poco fiable y ha quedado relegado por el desarrollo de otros sistemas de datación más precisos, principalmente por radiocarbono con espectrometría de aceleración de masas (C^{14} AMS). En su opinión:

“La datación por radiocarbono de sustancias incrustadas en los barnices o patinas del desierto también es problemática cuando no se identifican los componentes y fuentes del carbono. Se explica la incompatibilidad de la coexistencia de diferentes componentes carbonosos, un tema de controversia reciente, en relación con diferentes ambientes de formación. [...] El futuro desarrollo de la datación de las superficies con barnices rupestres podrían incluir mejores innovaciones del método del isótopo cosmogénico de las series de uranio y del método de luminiscencia”. (Watchman, 2000).

La datación por ratio de cationes ha demostrado los problemas a la hora de calibrar los resultados, la curva de lixiviación de ratio de cationes no es fiable; los grabados que tendrían que ser más jóvenes que la roca circundante, a veces, demuestran lo contrario, son tres veces más antiguos que el barniz que ha sido grabado en la misma roca. Todo ello indica que el proceso de formación de los barnices y su modificación subsiguiente no son coherentes con la teoría de la datación por ratio de cationes. Watchman anota que la datación de los barnices rupestres por el método CR ha sido cambiado: “... el uso de cationes por el uso del carbono, y ha dejado una cantidad enorme de literatura y datos que tendrán que volverse a evaluar. Este trabajo imponente pone al investigador en dilema: o bien acepta todos los resultados anteriores de las dataciones por ratio de cationes y ignora las críticas, o bien revisa críticamente la literatura relativa a este ámbito aceptando la probabilidad y la dimensión de los problemas y las incertidumbres a las cuales se enfrenta”. No obstante el autor concluye que el proceso “...ha creado un optimismo cauteloso y un escepticismo muy sano. No cabe la menor duda, que la búsqueda rigurosa, fundamentada en enfoques innovadores y en investigaciones sobre las variables físico-químicas [...] de las superficies rocosas obtendremos los dispositivos esenciales de los futuros estudios de datación para los grabados rupestres”. (Watchman, 2000).

En cuanto a las fechas por ESR y TL, Steelman y el equipo de químicos de la Universidad de Texas consideran la posibilidad de contaminaciones con partículas más viejas que se adhieren a las capas fechadas y desvían las dataciones, como sucede en el caso de la acreción de calcita analizada sobre la pintura de un antropomorfo, con pintura roja, de Toca do Serrote de Bastiana (Brasil), que aportó una fecha de entre 30.000 y 40.000 años. El trabajo, dirigido por Niéde Guidon i la Fundação Museu do Homen Americano, se sometió posteriormente al método C14 AMS, para verificar los resultados obtenidos. Las muestras se tomaron de cuatro figuras del conjunto brasileño y los resultados oscilaron entre los 3.320 y 1.880 años mientras; el recubrimiento de calcita de la figura roja dio una fecha de 2.490 años A.P. Todas las fechas resultaron coherentes. Sin embargo, la gran diferencia cronométrica entre ambos métodos pone de relieve los problemas y las dudas sobre la fiabilidad de los datos obtenidos por ESR y TL. (Steelman, et al. 2002).

Por otro lado, Bednarick advierte que el método radiométrico de datación directa precisa de algunas aclaraciones técnicas importantes:

“Pocos métodos resultan en fechas absolutas que pueden ser expresadas en años calendáricos, tiempo sideral o histórico, independientemente de cualquier “calibración”. Las fechas obtenidas “[...]” resultan en información estadística supuestamente relacionada con la muestra, pero no en edades siderales o calendáricas. La edad verdadera de la muestra está, en el mejor de los casos, dentro de la tolerancia de una o varias desviaciones estándar.

En la técnica del radiocarbono es necesario, primero, saber la concentración inicial de carbono 12, 13 y 14, la velocidad de descomposición radioactiva y que el proceso no esté influido por otros factores. Estas tres condiciones son problemáticas. Las concentraciones atmosféricas de C13 y C14 son desconocidas para el pasado. La velocidad de descomposición radioactiva ha sido corregida desde su descubrimiento y varias de las premisas en que el método está basado no son completamente válidas, además que los niveles de radiocarbono no pueden medirse con total exactitud.” (Bednarick, 2002).

El citado investigador considera que: “[...] los arqueólogos parecen ignorar estas dificultades y es preocupante el mal uso de tales resultados en la construcción de modelos arqueológicos. Especialmente el

fechamiento de carbón se ha asumido que produce fechas seguras, sin tomar en cuenta posibles problemas de deposición, contaminación, reutilización, etc.” En su opinión “[...] las dataciones arqueométricas dependen de muchísimas variables que los arqueólogos no siempre se toman en serio [...] y, salvando algunas excepciones, las dataciones no aportan resultados realmente absolutos. A pesar de ello, muchos investigadores continúan ignorando las verdaderas problemáticas de los fechamientos y es preocupante el mal uso que se hace de los resultados” (Bednarik, 2002).

Conclusiones

Los métodos de datación indirectos y directos del Arte Rupestre plantean todavía controversias y discusiones entre los investigadores. No obstante, es evidente que cualquier datación indirecta es insuficiente para fechar objetivamente y científicamente una manifestación rupestre pues ésta, aparte de conducir a errores cronoculturales, debe que ser contrastada con una datación directa, a pesar de los problemas. Por el momento, el método directo más fiable resulta ser el C¹⁴ AMS ya que elimina los contaminantes y aporta edades más precisas.

Es necesario que los investigadores del arte rupestre elaboren estudios previos y exhaustivos de las muestras que mandan a fechar, para saber la identidad del elemento o sustancia que se data en relación al arte rupestre. Las publicaciones con resultados cronométricos, deben exponer también el método de obtención de las muestras, el estudio de las mismas, el sistema de datación y el proceso seguido, para que los interesados puedan comprender y evaluar los resultados. El mismo Watchman, al referirse al tema de los barnices, insiste en que: “... uno de los problemas principales es la falta de información detallada de los autores sobre el proceso de muestreo y los pre-tratamientos previos de la grafitización [...]. Es preciso una documentación detallada: arqueológica, geomorfológica y geológica de las muestras, para que podamos valorar si la fecha obtenida está vinculada o no al material rupestre (Watchman, 2000).

A pesar de las dificultades, para fechar el arte rupestre, los métodos de datación actuales nos han permitido obtener un conocimiento extraordinario sobre la relativa “temporalidad” de las manifestaciones rupestres. No obstante, queda un largo camino por recorrer, tanto para los investigadores del arte rupestre, como para los técnicos, ingenieros, físicos y químicos, en el desarrollo de métodos encaminados a perfeccionar los sistemas de datación para el arte prehistórico.

Referencias

- Aubert, M., Brumm, A., Ramlı, M., Sutikna, T., Saptomo, E.W., Hakim, B., Morwood, M. J., van den Bergh, G. D., Kinsley, L., y Dosseto, A. 2014. «Pleistocene cave art from Sudawesi, Indonesia», *Nature*, 514, pp. 223-227.
- Bednarik, R.G. 2002. «The Dating of Rock Art: a Critique», *Journal of Archaeological Science*, 29, 1213-1233.
- Bednarik, R.G., Kumar, G., Watchman, A. 2005. «Preliminary results of the EIP Project», *Rock Art Research*, 22(2): 14-97.
- Bischoff, J., Garcia, M., González, M.R., y Warren, W. 2003. «Aplicación del método de series de Uranio al grafismo rupestre», *Vileia* núm. 20, pp. 43-150.
- Bischoff, J.L., Rosenbauer, R.J., De Lumley, H., Tavoso, A. 1988. «A test of Uranium-series dating of fossil tooth enamel: results from Tournal Cave, France», *Applied Geochemistry* 3, 145-151.
- Bischoff, J.L., Rosenbauer, R.J., Moench, A.F., Ku T.L. 1995. «U-series age equation for uranium assimilation by fossil bones», *Radiochimica Acta* 69, 127-135.

- Bueno, P., Balbín, R., y Alcolea, J. 2007. «Style V dans le bassin du Douro. Tradition et changement dans les graphies des chasseurs du Paléolithique Supérieur européen». *L'Anthropologie*, T. 111, pp. 549-589.
- Breuil, H., y Capitan, L. 1901. «Reproduction de dessins paléolithiques gravés sur les parois de la grotte des Combarelles (Dordogne)». *Académie des Sciences, Compte rendu* 133 pp.1038–1043.
- Breuil, H. 1952. 400 Siècles d'Art Prietal, Centre d'études et de documentation préhistoriques, Montignac, 413 p.
- Cartailhac, E. 1902. «La grotte d'Altamira, Espagne. Mea culpa d'un sceptique». *L'Anthropologie*. T. 13, pp. 348–354.
- Cartailhac, E y Breuil, H. 1906. La Caverne d'Altamira à Santillanepprès Santander. Imprimiere de Monaco. Monaco.
- Collado, H., 2012. «Primeras manifestaciones de arte rupestre paleolítico: el final de las certidumbres». http://www.academia.edu/2221952/PRIMERAS_MANIFESTACIONES_DE_ARTE_RUPESTRE_PALEOL%C3%8DTCO_EL_FINAL_DE_LAS_CERTIDUMBRES
- Dorn, R.I., y Nobbs, .1992.«Further support for the antiquity of South Australian rock engravings, Austr. Arbor. Studies, pp.56-60.
- Gum, RG., Ogleby, C.L., Lee, D., y Whear. R.L. 2010.«A method to visually rationalize superimposed pigment motifs». *Rock Art Research*, 27 (2): 131-6
- Henshilwood CS., D'Errico F., Watts I. 2009. «Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos cave, South Africa», *Journal of Human Evolution* 57, (1): 27-47.
- Ivanovich, M., Latham, A.G., Ku, T.L. 1992. «Uranium-series disequilibrium applications in geochronology», *Uranium Series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine and Environmental Sciences*, Oxford. England. (M. Ivanovich and R.S. Harmon eds.): 62-89.
- Meighan, C.W., 1978. «Seven Rock Art Sites in Baja California», Ballena Press, Publications on North American Rock Art n° 2, Socorro, Nuevo México, pp. 1-18.
- Leroi-Gourhan, A. 1965. *Préhistoire de l'art occidental*. Luzien Mazenod, Paris
- Lorblanchet, M. 1999. *La naissance de l'art. Genèse de l'art préhistòrique dans le monde*. Paris.
- Rodríguez-Vidal, J., de Errico, F., Giles, F., Blasco, R., Rosell, J., Jennings, R., Qeffelec, A., Finlayson, G., Fa, DA, Gutierrez López , JM, Carrión, JS, Negro, JJ, Finlayson, S., Cáceres, LM, Bernal, MA, Fernández Jiménez, S. And Finlayson, C. 2014. «A rock Engraving made by Neanderthales in Gibraltar». *PNAS* 111 (37), 13.301 -13.306.
- Rowe, M.W. 2001. «Dating by AMS radiocarbon analysis». In D.S. Whitley (ed.). *Handbook of Rock Art Research*. New York, Altamira Press, p. 139-166
- Ruiz, J.F., Mas, M., Hernanz, A., Rowe,W, Steelman, K.I., Gavira, j.m., y Dupriest, J. 2006. «Primeras dataciones radiocarbónicas de patinas de oxalates relacionadas con pinturas rupestres al aire libre en España», *INORA*, n° 46, pp. 1-5.

Russ, J., Hyman, M., Shafer, H. J., Rowe, M.W. 1999. «Radiocarbon Dating of Prehistoric Rock Paintings by Selective Oxidation of Organic Carbon». *Nature* 348:710-11.

Sanchidrián, J. L. 2001. *Manual de Arte Prehistórico*, Ariel Prehistoria, Ariel, Barcelona, 549 p.

Stelmman K.R. Rickman, R., Rowe, M.W. y Boutton T.W. 2002. «Archeological Chemistry», American Chemical Society, Washington, DC., pp.22-35.

Viñas, R., Martínez, R., i Deciga, E. 2000. «L' interpretació de l'Art Rupestre». *Cota Zero* (Víc, Barcelona) núm. 16, pp.133-146. (Traducción en castellano: 2001. Millars, Espai i Història, Universitat Jaume I, vol. XXIV, Castellón, pp.199-222).

Viñas, R., Rubio, A., y Ruíz, F. 2012. «La técnica paleolítica del trazo fino y estriado entre los orígenes del estilo levantino de la Península Ibérica. Evidencias para una reflexión». *L'art pléistocène dans le monde/ Pleistocene art of the world/Arte pleistoceno en el mundo*, Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, 2010, Symposium «Art pléistocène en Europe». Núm. spécial de Préhistoire, Art et Sociétés, Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, LXV-LXVI, 2010-2011, p.165-178.

Viñas, R. 2013. *La Cueva Pintada. Proceso evolutivo de un centro ceremonial*, Sierra de San Francisco, Baja California Sur, México, Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques, Monografies 9, SERP, Universitat de Barcelona, 481 p.

Zilhao, J., Angelucci, D.E., Badal-Garcia, E., d'Erico, F., Daniel, F., Dayet, L., Douka, K., Higham, T.f.g., Marín-Sánchez, M.J., Montes-Bernárdez, R., Murcia-Mascarós, S., Perez-Sirvent, C., Roldan-Garcia, C., Vanhaeren, M., Villaverde, V., Wood, R., y Zapata, J. 2010. «Symbolic Use of Marine Shells and Mineral Pigments by Iberian Neanderthals». *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, 1023-1028.

Watchman, A. 1996. «A review of the theory and assumptions in the AMS dating of the Foz Coa petroglyphs, Portugal». *Rock Art Res.* 13, 21-30.

Watchman, A. 2000. «A review of the history of dating rock varnish», *Earth-Science Reviews* 49, p. 261-277.

L'activitat arqueològica en cavitats. Les Coves del Toll i Teixoneres (Moià, Catalunya)

Jordi Rosell Ardèvol⁽¹⁾ i Isidre Pastor Batalla⁽¹⁾

(1) Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social
Institut català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES)
Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili (URV)
C/ Marcel·lí Domingo s/n (Edifici W3), Campus Sescelades
43007 Tarragona - jrosell@iphes.cat

(2) Associació d'Arqueòlegs de Catalunya (Ad'AC)
C/ València 25, àtic, 3a
08035 Barcelona - adac@associacioarqueologs.cat

Resum

En aquesta ponència es vol destacar la importància dels treballs i estudis arqueològics duts a terme a les coves i cavitats. El mètode aplicat pels arqueòlegs permet extreure dades molt importants per al coneixement històric. Com a exemple significatiu es presenten les coves del Toll i de les Teixoneres de Moià (Bages). El relatiu aïllament i les condicions de temperatura i d'humitat estables que solen oferir les coves, són qualitats que sempre han estat aprofitades per moltes entitats biològiques, incloent-hi els grups humans. Així, es freqüent que, des de la Prehistòria més llunyana, aquests espais fossin utilitzades per cercar-hi refugi, hibernar o criar-hi cadells. Per tant, no és estrany que a les coves més importants d'Euràsia s'hi recuperin restes de les activitats de molts animals, la qual cosa ha fet que molts d'ells incloguin l'epítet "de les caveres" en la seva descripció científica. Així, molts carnívors prehistòrics, com l'ós (*Ursus spelaeus*), la hiena (*Crocuta crocuta spelaea*), el lleó (*Panthera leo spelaea*), el linx (*Lynx spelaeus*) i fins i tot l'home de les caveres (*Homo neanderthalensis*), s'associen freqüentment a aquests hàbitats. Però això també està relacionat amb les propietats de preservació que mantenen les coves degut, precisament, a aquestes estabilitat de les seves condicions ambientals. Per tant, ara mateix, aquests espais continuen essent el millor lloc per estudiar no solament l'evolució de molts vertebrats a través de les seves restes esquelètiques, sinó també del seu comportament i modes de vida. Un dels millors exemples que tenim a Catalunya són les Coves del Toll i de les Teixoneres (Moià, Bages). Ambdues coves, descobertes com a jaciments arqueològics durant la dècada dels anys 50 del passat segle, ofereixen una oportunitat única per introduir-nos en un dels temes més discutits per l'Arqueologia prehistòrica, que és la relació establerta entre carnívors i homínids i els fenòmens de competència generats entre ells. Els estudis que s'estan duent a terme en aquestes coves estan contribuint a donar una nova perspectiva al debat, aportant idees bàsiques per la modelització del seu comportament i possibles relacions de co-evolució entre ells.

Paraules clau. Arqueologia prehistòrica, grans carnívors, Neandertals, projecte de recerca, interacció arqueòlegs-espeleòlegs, Coves del Toll i de les Teixoneres

La actividad arqueológica en cavidades. Las Cuevas del Toll y Teixoneres (Moià, Cataluña)

Resumen

En esta ponencia se quiere destacar la importancia de los trabajos y estudios arqueológicos llevados a cabo en las cuevas y cavidades. El método aplicado por los arqueólogos permite extraer datos muy importantes para el conocimiento histórico. Como ejemplo significativo se presentan las cuevas del Toll y de las Teixoneres de Moià

(Bages). El relativo aislamiento y las condiciones de temperatura y de humedad estables que suelen ofrecer las cuevas, son cualidades que siempre han sido aprovechadas por muchas entidades biológicas, incluyendo los grupos humanos. Así, es frecuente que, desde la Prehistoria más lejana, estos espacios fueran utilizados para buscar refugio, hibernar o criar cachorros. Por tanto, no es extraño que en las cuevas más importantes de Eurasia se recuperen restos de las actividades de muchos animales, lo que ha hecho que muchos de ellos incluyan el epíteto "de las cavernas" en su descripción científica. Así, muchos carnívoros prehistóricos, como el oso (*Ursus spelaeus*), la hiena (*Crocota crocuta spelaea*), el león (*Panthera leo spelaea*), el lince (*Lynx spelaeus*) e incluso el hombre de las cavernas (*Homo neanderthalensis*), se asocian frecuentemente a estos hábitats. Pero esto también está relacionado con las propiedades de preservación que mantienen las cuevas debido, precisamente, a esta estabilidad de sus condiciones ambientales. Por tanto, ahora mismo, estos espacios siguen siendo el mejor lugar para estudiar no sólo la evolución de muchos vertebrados a través de sus restos esqueléticos, sino también de su comportamiento y modos de vida. Uno de los mejores ejemplos que tenemos en Cataluña son las Cuevas del Toll y de las Teixoneres (Moià, Barcelona). Ambas cuevas, descubiertas como yacimientos arqueológicos durante la década de los años 50 del pasado siglo, ofrecen una oportunidad única para introducirnos en uno de los temas más discutidos por la Arqueología prehistórica, que es la relación establecida entre carnívoros y homínidos y los fenómenos de competencia generados entre ellos. Los estudios que se están llevando a cabo en estas cuevas están contribuyendo a dar una nueva perspectiva al debate, aportando ideas básicas para la modelización de su comportamiento y posibles relaciones de co-evolución entre ellos.

Palabras clave. Arqueología prehistórica, grandes carnívoros, Neandertales, proyecto de investigación, interacción arqueólogos-espeleólogos, Cuevas del Toll y de las Teixoneres.

The archaeological activity in cavities. The Caves of Teixoneres and El Toll (Moià, Catalonia)

Abstract

*This paper seeks to highlight the importance of work and archaeological studies conducted in the caves and cavities. The method applied by archaeologists allow to extract important data to historical knowledge. A significant example are the Toll and Teixoneres caves from Moià. The relative isolation and stability of the temperature and humidity conditions offered by the caves are qualities usually used by several biologic identities, including human groups. So, from the Prehistory, these spaces were frequently used as shelter and dens. Therefore, it is not rare to recover remains of different animals in the most significant caves from Eurasia, which it is the reason of including the nickname of "from the caves" in their scientific description. Several prehistoric carnivores, such as bear (*Ursus spelaeus*), hyena (*Crocota crocuta spelaea*), lion (*Panthera leo spelaea*), lynx (*Lynx spelaeus*) and also cave man (*Homo neanderthalensis*), can be associated to these habitats. However, it is also related to the properties of preservation of the caves, just due to the stability of environmental conditions. From this point of view, the caves are currently the best site in order to study the evolution of the vertebrates from their skeletal remains, but also their behaviour and lifestyles. One of the best examples in Catalonia are the Toll and Teixoneres caves (Moià, Bages). Both caves, discovered as a archaeological sites during the 50's of the last century, offer a great opportunity in order to introduce us in one of the main issues discussed from the Prehistoric Archaeology: the relationship established between hominids and carnivores and the phenomena of competition between them. The studies carried out until now in these cavities are contributing to open a new perspective in the debate, generating significant ideas for modelling the behaviour of both biological entities and the existence of possible phenomena of co-evolution during the Pleistocene.*

Keywords. Prehistoric Archaeology, large carnivores, Neanderthals, research project, archaeologist-speleologist interactions, Toll and Teixoneres Caves.

La pràctica arqueològica

El fet que des dels seus orígens l'activitat humana hagi estat vinculada a abrics i cavitats naturals ha estat un factor determinant per que la pràctica arqueològica estigués relacionada, ja des dels seus inicis, amb aquestes formacions geològiques.

L'arqueologia, com a disciplina es fonamenta en uns paràmetres científics que estableixen unes pautes metodològiques susceptibles de ser aplicades en qualsevol medi; bé sigui terrestre o subaquàtic. Amb tot, és evident que l'exercici de la pràctica arqueològica resta condicionada, en cada supòsit, per les pròpies característiques que ofereix el medi, que determina tant les tècniques de treball a emprar per l'aplicació de la metodologia arqueològica, com les condicions en què es porten a terme. Aquests requeriments tècnics s'han d'ajustar a les particularitats específiques de l'àmbit concret de la intervenció i s'han de realitzar, d'acord amb la legislació vigent al respecte i atenent al que estableix el marc normatiu perceptiu.

Aquesta idiosincràsia de la disciplina arqueològica fa que les intervencions que es porten a terme en espais confinats esdevinguin un clar exponent de com l'entorn del medi condiciona l'aplicació de les tècniques pròpies del treball arqueològic. Així, en funció a les pròpies característiques físiques d'aquest àmbit d'actuació les tasques d'excavació, de registre i de documentació arqueològica estan supeditades a una especificitat concreta. Particularitat que, en alguns casos requereix d'una col·laboració interdisciplinària de suport, tant pel que fa als mitjans tècnics com de personal, per poder-ne garantir la seva execució.

Amb tot, l'ampli ventall tipològic d'aquests tipus d'espais i àmbits, que abasta des de les formacions naturals com coves, cavitats i avencs a les més diverses estructures de caràcter antròpic com són les galeries, dipòsits o pous, condicionarà en cada cas les especificacions a tenir en consideració.

En qualsevol dels casos, en termes generals, es pot considerar que hi ha uns paràmetres i aspectes propis a l'exercici de la pràctica arqueològica en aquests espais. La especificitat d'aquests indicadors ha de ser avaluada prèviament a l'execució de les actuacions que s'heguin de portar a terme.

Com en tota intervenció, la planificació i programació de les actuacions a realitzar és bàsica i essencial per tal d'assolir amb èxit els objectius de l'empresa. En relació als casos que ens ocupen, és especialment rellevant que tant la projecció de les tasques arqueològiques com la definició del programa de treball, contempli una exhaustiu coneixement del medi. Entenent que aquest és un factor concloent que pot condicionar, en alguns supòsits, la correcta aplicació dels mètodes de treball. El coneixement específic de la geomorfologia del medi és cabdal, tant per aportar dades a la recerca sobre l'origen i evolució humana com pel correcte plantejament de les dinàmiques de treball arqueològic que s'han d'aplicar per aconseguir-ho.

És en funció del nivell de confinament d'aquests espais que l'aplicació de mitjans auxiliars es fa imprescindible per a garantir la correcta execució dels processos de treball; tant d'accessibilitat, de registre com de documentació.

En els casos d'espais confinats extrems, afrontar necessitats bàsiques i que són fàcilment abastables en la majoria d'excavacions arqueològiques, pot arribar a esdevenir tot un repte. Així, pràctiques tant elementals per als processos d'excavació com la il·luminació o la retirada i l'evacuació de sediments són aspectes que han de ser especialment plantejats per facilitar i garantir les pròpies dinàmiques d'excavació.

Igualment requereixen d'una atenció especial totes aquelles altres practiques relacionades amb l'obtenció de dades per a mostres i anàlisis. La complexitat de molts dels processos de recerca de disciplines auxiliars a l'arqueologia com l'antropologia, la bioarqueologia, paleocarpologia, antracologia, entre moltes d'altres, assolixen un cert grau de dificultat a l'hora de ser realitzades en entorns singulars com coves i avencs. A més, si es té present que moltes d'aquestes intervencions s'emmarquen en relació a horitzons cronològics d'època prehistòrica, encara s'accentua més aquesta multiplicitat disciplinària. La sistematització d'aquest

tipus d'estudis es essencial per a l'obtenció de resultats. Factor que, atenent al propi mètode de registre que s'aplica en les processos d'excavació d'aquestes períodes, accentua la complexitat de les dinàmiques de treball.

No obstant, malgrat el que s'ha exposat, la sistematització d'unes pràctiques metodològiques concretes, definides a partir d'un coneixement del medi i en base a una especialització centrada en la formació específica així com en la solvència tècnica i pràctica, possibiliten disposar dels coneixements que permeten assolir, amb escreix, els objectius de la recerca arqueològica en aquests contextos.

Ha estat a partir del desenvolupament que ha experimentat l'exercici de l'activitat arqueològica el que ha comportat que, en el decurs de les últimes dècades, es generalitzessin tant l'ús i l'increment dels mitjans tecnològics com la regularització i consolidació de la pràctica professional. Així, en el context de l'arqueologia actual, l'aplicació de les noves tecnologies ha estat un notori avenç científic per la disciplina, fent-se aquestes imprescindibles, ja sigui en relació al marc del treball de camp com al processament de les dades o la presentació de resultats. De la mateixa manera, aquestes dinàmiques també han estat fonamentals per regular la pràctica professional en aspectes menys prosaics i on hi participen altres disciplines, com en el casos a l'hora de tractar temes relacionats amb la seguretat i prevenció de riscos o com en relació a la salubritat i condicions dels centres de treball.

El ressò d'aquesta realitat de l'activitat arqueològica és especialment rellevant en relació a tots els treballs de recerca que es porten a terme en qualsevol tipus d'espais confinat o que ofereixi unes condicions geomorfològiques poc propícies a la mobilitat de les persones. És en el marc d'aquestes intervencions on més s'evidencia la importància de la interdisciplinarietat dels equips i de l'eficiència de les tècniques auxiliars aplicades al processos d'excavació. Garants aquests que són imprescindibles, tant dels resultats de la recerca arqueològica com de la seva pràctica i execució.

Els jaciments paleontològics del complex càrstic de Lachambre (Rià i Cornellà de Conflent, Pirineus Orientals)

Joan Madurell-Malapeira^(1,3), Manel Llenas^(1,4), Ivette Susanna^(1,5), Miquel Nebot^(2,6) i Teresa Hernández-Ruiz^(2,7)

(1) Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. Universitat Autònoma de Barcelona. C. de les columnes sn Cerdanyola del Vallès. C. P. 08193 Província de Barcelona (Spain)

(2) Secció Villalta de la Federació Catalana d'Espeleologia

(3) joan.madurell@icp.cat

(4) manel.llenas@icp.cat

(5) ivette.susanna@icp.cat

(6) nebot.miquel@gmail.com

(7) teresa.thr@gmail.com

Resum

La muntanya d'Embullà situada entre les poblacions de Rià i Cornellà de Conflent i delimitada pels rius Tet, Cadí i Merder posseeix un sistema càrstic de grans dimensions amb nombroses cavitats d'on sobresurt la Cova de Lachambre que amb 26,8 Km és la cova més gran de Catalunya Nord. Aquest sistema càrstic però està desenvolupat en diversos nivells, tenint la Cova de Lachambre tota una sèrie de cavitats accessòries que molt probablement en el passat formaven un únic sistema de grans dimensions. Els treballs de prospecció iniciats el 2011 pels paleontòlegs i espeleòlegs de l'Institut Català de Paleontologia i la Secció Villalta de la Federació Catalana d'Espeleologia han permès descobrir tota una sèrie de jaciments paleontològics molt probablement corresponents al Pleistocè mitjà i superior en les cavitats accessòries de la Cova de Lachambre. Els treballs realitzats han permès la localització de restes fòssils a les coves de Vidatripà, la Pedrera, Bergès, Sylvie 1 i 2, els Ancestres, la Ceràmica i Cirac totes elles pertanyents al sistema estudiat. D'entre totes les cavitats estudiades destaquen les troballes realitzades a les coves de Vidatripà i la Pedrera que amb una cronologia aproximada de 0.6-0.5 Ma (Pleistocè mitjà) molt probablement contenen els jaciments més antics del sistema. En aquestes cavitats s'ha pogut identificar una gran varietat d'espècies entre les que destaquen: *ursus deningeri*, *panthera fossilis*, *panthera pardus*, *crocuta crocuta* i *canis mosbachensis*. L'inici dels treballs d'excavació a principis de 2015 ens permetrà proporcionar molta més informació sobre els ecosistemes del Pirineu oriental francès durant un període de temps marcat per intenses fluctuacions climàtiques.

Paraules clau. Pleistocè, Ursidae, Felidae, Espeleologia, Conflent, França.

Los yacimientos paleontológicos del complejo cárstico de Lachambre (Rià y Cornellà de Conflent, Pirineos Orientales)

Resumen

La montaña d'Embullà situada entre las poblaciones de Rià y Cornellà de Conflent y delimitada por los ríos Tet, Cadí y Merder posee un sistema kárstico de gran tamaño con numerosas cavidades de donde sobresale la Cueva de Lachambre que con 26,8 Km es la cueva más grande de Catalunya Nord. Este sistema kárstico está desarrollado en varios niveles, y la Cueva de Lachambre tiene toda una serie de cavidades accesorias que muy probablemente en el pasado formaban un único sistema de gran tamaño. Los trabajos de prospección iniciados en 2011 por los paleontólogos y espeleólogos del Instituto Catalán de Paleontología y la Sección Villalta de la Federación Catalana de Espeleología han permitido descubrir una serie de yacimientos paleontológicos muy probablemente correspondientes al Pleistoceno medio y superior en las cavidades accesorias de la Cueva de

*Lachambre. Los trabajos realizados han permitido la localización de restos fósiles en las cuevas de Vidatripà, la Pedrera, Bergès, Sylvie 1 y 2, els Ancestres, la Ceràmica y Cirac todas ellas pertenecientes al sistema estudiado. De entre todas las cavidades estudiadas destacan los hallazgos realizados en las cuevas de Vidatripà y La Pedrera con una cronología aproximada de 0.6-0.5 Ma (Pleistoceno medio) muy probablemente contienen los yacimientos más antiguos del sistema. En estas cavidades se ha podido identificar una gran variedad de especies entre las que destacan: *ursus deningeri*, *panthera fossilis*, *panthera pardus*, *crocota crocuta* y *canis mosbachensis*. El inicio de los trabajos de excavación a principios de 2015 nos permitirá proporcionar mucha más información sobre los ecosistemas del Pirineo oriental francés durante un periodo de tiempo marcado por intensas fluctuaciones climáticas.*

Palabras clave. *Pleistoceno, Ursidae, Felidae, Espeleología, Conflent, Francia.*

Paleontology sites in the karstic Complex of Lachambre (Rià and Cornellà de Conflent, West-Pyrenees)

Abstract

*The mountain of Embullà, located between the municipalities of Rià and Cornellà de Conflent and geographically limited by the rivers Tet, Cadí and Merder possesses a great karstic complex with many caves, in particular the Lachambre Cave stands out with its 26,8 km, being therefore the largest cave in Catalunya Nord. This karstic complex runs through different levels, where many secondary caves were probably part of one sole large system in the past. The research carried out since 2011 by paleontologists and Espeleologists will be better from the Catalan Institute of Paleontology and the Villalta Section of the Catalan Spelology Federation has permitted the discovery of several paleontology sites, dating probably from the Middle and Late Pleistocene period in the adjacent caverns in Lachambre. The works carried out have brought fossil remains to light at the Cave of Vidatripà, la Pedrera, Bergès, Sylvie 1 & 2, els Ancestres, la Ceràmica and Cirac, all of them belonging to the researched system. Among all the studied caverns, the findings at the caves of Vidatripà and La Pedrera stand out. These caves date back to 0.6-0.5 million years (Middle Pleistocene) and they may contain the most ancient sites in the complex. A great variety of species could be identified, namely: *ursus deningeri*, *panthera fossilis*, *panthera pardus*, *crocota crocuta* and *canis mosbachensis*. The start of the works at the beginning of 2015 will allow us to obtain more information about the West French Pyrenees ecosystems during a period marked by intense climatic fluctuations.*

Keywords. *Pleistocene, Ursidae, Felidae, Caving, Conflent, France.*

INTRODUCCIÓ. A inicis de l'any 2011 els paleontòlegs i espeleòlegs de l'Institut Català de Paleontologia i la Secció Villalta de la Federació Catalana d'Espeleologia, visiten per primera vegada el complex càrstic de la muntanya d'Embullà (Rià i Cornellà de Conflent, Pirineus Orientals) gràcies a l'avis realitzat pels espeleòlegs del Col·lectiu Conflent Subterrani i l'Espeleo Club de Prada sobre la troballa de nombroses restes fòssils en una de les cavitats accessòries del sistema Lachambre, actualment la cavitat amb més desenvolupament de tot Catalunya. L'esmentada cavitat accessòria, coneguda com a cova de Vidatripà, evidencià ja en les primeres visites la seva altra potencialitat paleontològica i patrimonial degut a la gran abundància de restes fòssils en superfície sobretot pertanyents a ossos del llinatge dels ossos de les cavernes, així com restes menys abundants d'altres espècies com petits carnívors, cabres i altres remugants. Durant el transcurs dels següents mesos es seguí treballant i inventariant les restes en superfície de la Cova Vidatripà i visitant les altres cavitats accessòries del sistema Lachambre acompanyats pels espeleòlegs del Col·lectiu Conflent Subterrani que desenvolupaven en aquells moments les topografies i descripcions d'aquestes cavitats. Els resultats obtinguts han estat sorprenents ja que durant el transcurs d'aquests primers treballs de prospecció s'han pogut documentar

restes fòssils en superfície en quasi la totalitat de les coves accessòries del Sistema Lachambre. Deixant de banda la gran acumulació de restes de la Cova Vidatripà, també s'han localitzat restes en bon estat de conservació a les coves de la Pedrera, Bergès, Sylvie 1 i 2, els Ancestres, la Ceràmica i Cirac, totes elles situades topogràficament per damunt de la Cova Lachambre a la muntanya d'Embullà. En el present treball, es realitza una descripció dels primers treballs de prospecció realitzats de l'any 2011 al 2014 detallant els resultats obtinguts a l'espera d'iniciar les excavacions sistemàtiques al complex previstes per al present any 2015.

Situació geogràfica i geològica

A les rodalies de Vilafranca de Conflent (Pirineus Orientals, França) es localitzen una sèrie de sistemes càrstics de grans dimensions, majoritàriament de desenvolupament horitzontal. Aquests sistemes es troben excavats en calcàries d'edat devoniana i es poden agrupar en tres sistemes principals (Figura 1):



Figura 1. Detall dels tres sistemes càrstics estudiats i la seva situació respecte el Riu Tet i Cadí i les poblacions properes. Original de J. Borràs. Extret de Borràs (2014).

- Sistema Lachambre: Situat a la muntanya d'Embullà a l'est del Poble de Vilafranca de Conflent, aquesta muntanya es troba limitada pels rius Tet, Cadí i Merder. La cova Lachambre té un desenvolupament de més de 26 km i nombroses cavitats accessòries igualment de grans dimensions (Borràs, 2014).
- Sistema de Fullà-Canaletes: Situat a la muntanya de Badabany al sud de Vilafranca de Conflent, aquesta muntanya es troba limitada pels rius Tet, Cadí i Rojà. Igual que en el cas anterior el Sistema en conjunt té un desenvolupament superior als 26 km amb diverses entrades i coves accessòries però en aquest cas menys nombroses i de dimensions més reduïdes (Borràs, 2008).
- Sistema de Gornier: Situat sota el Mont-Coronat al nord-est de Vilafranca de Conflent, aquest sistema que compta amb un riu subterrani de grans dimensions i té un desenvolupament horitzontal superior als 20 km amb algunes cavitats accessòries tot i que s'hi estan realitzant treballs per part del Col·lectiu Conflent Subterrani i aquestes dades podrien canviar en un futur proper.

La Cova Lachambre i les seves cavitats accessòries.

A conseqüència de les obres de construcció de diversos canals de rec a la dècada dels 50 del segle passat es descobriren de manera fortuïta les coves de Gorner i Canaletes. Aquest fet provocà una intensa activitat espeleològica a la zona durant prop de dues dècades liderada pel Spéléo Club de Prada. Durant aquests prop de vint anys s'exploraren pràcticament la totalitat d'aquests dos sistemes càrstics i les seves coves accessòries. A finals dels 60 però l'activitat espeleològica va caure de manera significativa portant a la desaparició del Club de Prada que havia descobert i explorat les cavitats. Afortunadament als anys 70 l'activitat es reprengué amb la refundació d'un nou club a Prada el Conflent Spéléo Club que inicià els treballs de prospecció a la muntanya d'Embullà. L'any 1981 es descobrí la Cova Lachambre i els treballs no han cessat des d'aquell moment amb la publicació de diversos treballs entre els que destaquen dues monografies (Borràs, 1987, 2014). Paral·lelament a aquests treballs també s'han explorat tota una sèrie de coves accessòries a la principal dins la muntanya d'Embullà que es situen clarament com a mínim en dos nivells diferents de galeries horitzontals.

Cavitats principals del nivell inferior:

Cova Lachambre: després dels últims treballs realitzats pel Col·lectiu Conflent subterrani té una longitud total de 26,8 Km de galeries bàsicament horitzontals que recorren poc per sobre de l'actual curs del riu Tet. La seva principal boca d'entrada es troba situada propera a l'estació de Ferrocarril de Rià-Cirac a 425m per sobre del nivell del mar. La cavitat s'estructura en dues galeries principals, la galeria Canigó i la galeria del Martell que recorren de manera més o menys paral·lela en direcció NE-SO.

Cova de les Puces: situada molt a prop del cementiri de Vilafranca de Conflent obrint-se a la vall del riu Cadí, la seva boca d'entrada es situa a 472 metres sobre el nivell del mar i 47 metres per damunt de la boca d'entrada de la Cova Lachambre. Aquesta cova que forma part del nivell inferior del complex té 1.475 metres de recorregut i molt probablement serà connectada amb la cova Lachambre en un futur.

Cavitats principals del nivell superior:

Cova Vidatripà: situada a una alçada respecte l'entrada de la Cova Lachambre de 67 metres i penjada a la paret d'un penya-segat sobre el petit embassament de Vilafranca de Conflent. La cova té un recorregut de 2.710 metres amb dues galeries principals més o menys paral·leles, la galeria nord i la galeria dels ossos. Aquestes dues galeries recorren just per sobre de les dues galeries principals de la Cova Lachambre sense que per ara s'hagi trobat una connexió entre les dues coves.

Cova de la Pedrera: es troba situada 75 metres per sobre de l'entrada de la Cova Lachambre i situada a uns 20 metres per sobre del canal de rec de Boera entre els dos túnels d'aquest canal artificial. La cova consta d'una única galeria amb un recorregut de 243 metres de direcció S-SO.

Coves Sylvie 1 i Sylvie 2: s'obren pràcticament a la vertical de la boca d'entrada de la cova Lachambre però uns 50 metres per sobre. La primera d'elles té uns 20 metres escassos de recorregut que acaben en un avenc d'11 metres de fondària i la segona compta amb 400 metres de recorregut i diverses galeries amb direcció preferencial N-NO.

Cova Bergès: es situa a la vall del riu Cadí, penjada en un penya-segat a sobre del Mas Lleó i a 75 metres respecte la boca d'entrada de la cova Lachambre. Consta de diverses galeries estructurades amb dos nivells amb un recorregut total de 170 metres.

Cova de la Ceràmica: es troba situada uns 10 metres per sobre del canal de rec de Boera i uns 50 metres abans de la boca d'entrada de la cova Sylvie 1. Les seves galeries consten de dos nivells ben diferenciats amb un recorregut total de 344 metres.

Cova dels Ancestres: es situa just a sobre de la Cova Sylvie 1 uns 50 metres més amunt en un promontori calcari. Està excavada aproximadament a uns 100 metres per sobre del sistema Lachambre i té un recorregut total de 100 metres.

Cova de Cirac: és de totes les coves accessòries del sistema la que es localitza més allunyada. La boca principal d'entrada es localitza a uns 500 metres al sud del poble de Cirac. Les seves galeries es troben ben diferenciades en dos nivells diferents que assoleixen els 1.350 metres de recorregut total.

Resultats

Durant els transcurso de les campanyes de prospecció i documentació realitzades de 2011 a 2014 s'han visitat la totalitat de les cavitats accessòries conegudes del sistema Lachambre. A les cavitats del nivell inferior del sistema: la Cova Lachambre i la Cova de les Puces no s'hi han localitzat restes paleontològiques en superfície

mentre que a la majoria de cavitats esmentades a l'apartat anterior com a corresponents al nivell superior els resultats han estat positius. D'entre aquestes dues podríem separar els resultats obtinguts en dos categories: les cavitats que probablement continguin jaciments del Pleistocè superior-Holocè i cavitats amb jaciments corresponents al Pleistocè mitjà.

Cavitats principals amb restes del Pleistocè superior.

A les coves de Sylvie-1 i 2, els Ancestres, la Ceràmica, Bergès i Cirac s'hi han pogut documentar restes paleontològiques aïllades i osseres en superfície que en cap cas són comparables a les acumulacions localitzades en les cavitats que es descriuen a l'apartat següent, molt probablement però l'excavació sistemàtica d'aquestes cavitats pugui proporcionar un gran nombre de restes degut a la gran disponibilitat de sediment i d'idoneïtat de les mateixes per ser usades com a lloc d'habitació o descans per ossos i hienes. Les espècies que s'han pogut determinar en aquestes cavitats corresponen totes al Pleistocè superior: *ursus spelaeus*, *ursus arctos* i *crocuta spelea* així com fragments difícilment determinables de caprínids i cèrvids.

Cavitats principals amb restes del Pleistocè mitjà.

Degut a les extenses acumulacions documentades en aquestes cavitats, les detallem per separat.

Cova Vidatripà: Els treballs de documentació i fotografia realitzats durant aquests darrers anys han permès la localització de més de 150 punts diferents amb restes paleontològiques en superfície per les diverses galeries de la Cova Vidatripà. Aquestes evidències consisteixen bàsicament en restes aïllades o en associació indirecta d'Úrsids, osseres, marques d'urpades i en menor mesura restes d'altres carnívors com lleopards i hienes o artiodàctils de mida petita. L'estudi realitzat in situ de les restes d'Úrsids ens permet afirmar que els caràcters primitius observats en aquests exemplars són perfectament compatibles amb la seva assignació a l'espècie *ursus deningeri* i que presenten moltes similituds amb les restes conservades de la propera Cova de l'Aragó a Talteüll que tenen una cronologia aproximada de 0.6-0.5 Ma (Llenas et al., 2011). Els més de dos kilòmetres de galeries de la cova, amb potencialitat de contenir més restes fòssils degut a gran quantitat de sediment disponible, així com la certitud que la cova va ésser lloc d'habitació de ossos i hienes, converteixen aquesta cova amb la que en un futur pot tenir més potencial de totes les estudiades. Ara bé, el seu difícil accés limitarà la seva futura potencialitat paleontològica i patrimonial.

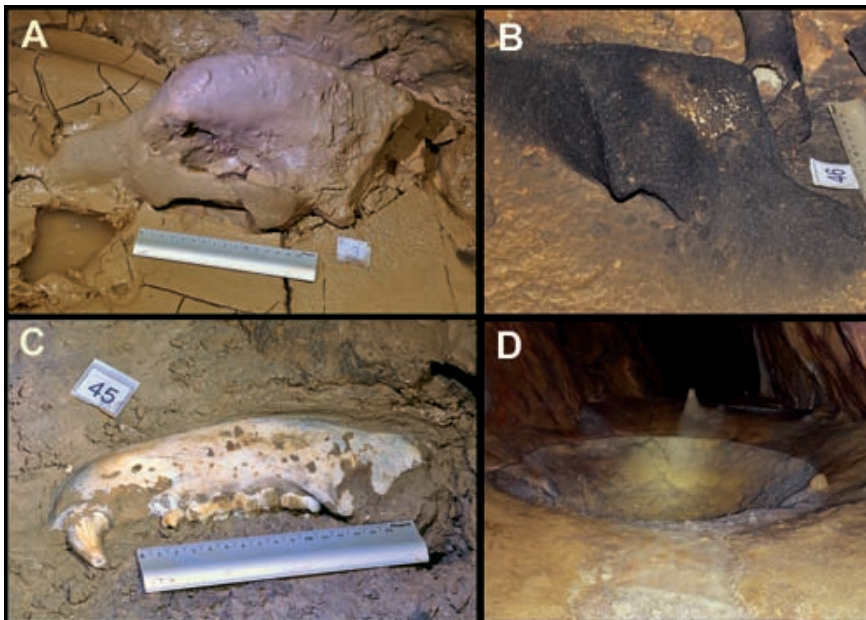


Figura 2. Restes d' *Ursus deningeri* de la cova de Vidatripà. A, crani complet recobert de fang. B, crani recobert per formació. C, Corpus hemimandibular dret. D, ossera de grans dimensions cristal·litzada.

Cova de la Pedrera: Aquesta cavitat té dos sectors ben diferenciats separats per un petit pas estret. Abans de l'esmentat punt sols és localitzen restes d'edat molt recent en superfície. Una vegada a la segona galeria s'han pogut documentar fòssils corresponents al Pleistocè superior en superfície de les espècies *ursus spelaeus* i *crocota spelaea*. Ara bé, el punt més interessant de la cavitat és un petit pou o sífó a la meitat d'aquesta segona galeria on s'ha localitzat una acumulació extraordinària de restes paleontològiques. En aquesta acumulació s'hi han trobat espècimens de *panthera fossilis*, *panthera pardus*, *crocota crocuta*, *ursus deningeri*, *capra sp.* i un cèrvid indeterminat. La similitud dels elements anatòmics d'Úrsids documentats amb els de Vidatripà i la resta de l'associació estudiada in situ ens permet situar aquesta acumulació en cronologies properes a les de Vidatripà.

Conclusions.

Els treballs realitzats els últims quatre anys en les cavitats accessòries de la Cova Lachambre ens han permès la localització de diverses cavitats amb cronologies ben diferenciades i una alta potencialitat paleontològica i patrimonial. La riquesa paleontològica documentada així com la potencialitat futura de les cavitats i les seves diferents cronologies poden convertir el Sistema Lachambre en un futur proper en un conjunt de jaciments de referència per tal d'entendre l'evolució dels ecosistemes Europeus durant el Pleistocè mitjà i superior, època de grans fluctuacions climàtiques.

Agraïments.

Els autors volen expressar el seu agraïment als espeleòlegs del Col·lectiu Conflent Subterrani i el Spéléo Club de Prada per totes les facilitats proporcionades durant aquests anys. Igualment, els responsables de la Direction Régionale des Affaires Culturelles de la regió del Languedoc-Roussillon han posat totes les facilitats possibles a la nostra tasca d'investigació.

Referències.

Borràs, J. (Ed.). 1987. Monogràfic Cova Lachambre. Sota Terra, edició especial.

Borràs, J. (Ed.). 2008. El Conflent subterrani, Cova de Fullà-Canaletes, la cova més gran de Catalunya, 26,5 Km. Ed. Terra Nostra.

Borràs, J. (Ed.). 2014. El Conflent subterrani, Cova Lachambre, la cova més gran de Catalunya, 26.8 Km. Ed. Terra Nostra.

Llenas, M., Madurell-Malapeira, J., Nebot, M., González-Mateos, J., Susanna, I., Hernández-Ruiz, T., Pladevall, C., Ferrandiz-Rovira, M. & Hernández-Martínez, R. 2011. La Grotte de Vida Tripa: A new Middle Pleistocene locality in Southeastern France. In: Marigó, J., Pérez de los Ríos, M., Minwer-Barakat, R., Bolet, A. & DeMiguel, D. (Eds.), XXVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y Simposios de los Proyectos PICG 587 y 596. Paleontología i Evolució, Memòria Especial 5: 197-199.

Rompiendo nudos

Pedro Gómez Doménech

Director de la Escola Valenciana d'Espeleologia

Escola Valenciana d'Espeleologia, Federació d'Espeleologia de la Comunitat Valenciana

C/ Alcañiz, 47 bajo - 46019 Valencia (España) espeleopedro@gmail.com

Resumen

Rompiendo Nudos, es el nombre del libro que ha publicado la Federación de Espeleología de la Comunidad Valenciana con las conclusiones de las pruebas que, durante años, ha estado realizando la Escuela Valenciana de Espeleología (EVE), en relación al comportamiento de las cuerdas y los nudos. Este proyecto nació con el objetivo de ampliar los estudios ya existentes y, sobre todo, servir de guía al usuario a la hora de elegir un nudo u otro en función de su resistencia, características o de la instalación a realizar. Los nudos evaluados han sido los más utilizados y conocidos, tanto en la espeleología y barrancos como en la montaña y los trabajos verticales. En esta presentación describimos todo el proceso, como se realizaron las pruebas, los medios utilizados y sobre todo y más importante, los resultados obtenidos. Desde el nudo más resistente, pasando por el más fácil de deshacer o por el que menos cuerda utiliza para su realización. Todos están recogidos en este trabajo, donde además dispondremos de vídeos de su confección.

Palabras clave. Libro de guía de nudos, Escuela Valenciana de Espeleología, trabajos verticales, Espeleología, barrancos, rescate, instalación.

Trencant nusos

Resum

Rompiendo nudos, és el nom del llibre que ha publicat la Federació d'Espeleologia de la Comunitat Valenciana amb les conclusions de les proves que, durant anys, ha estat realitzant l'Escola Valenciana d'Espeleologia (EVE), en relació al comportament de les cordes i els nusos. Aquest projecte va néixer amb l'objectiu d'ampliar els estudis ja existents i, sobretot, servir de guia a l'usuari, a l'hora de triar un nus o un altre en funció de la seva resistència, característiques o de la instal·lació a realitzar. Els nusos avaluats han estat els més utilitzats i coneguts, tant a l'espeleologia i barrancs com a la muntanya i els treballs verticals. En aquesta presentació descrivim tot el procés, com es van dur a terme les proves, els mitjans utilitzats i sobretot i el més important, els resultats obtinguts. Des del nus més resistent, passant pel més fàcil de desfer o pel que menys corda es necessita al fer-lo. Tots estan recollits en aquest treball, on a més disposarem de vídeos de com es fan.

Paraules clau. Llibre de guia de nusos, Escola Valenciana d'Espeleologia, treballs verticals, Espeleologia, barrancs, rescat, instal·lació.

Breaking knots

Abstract

"Breaking knots" is the name of the book published by the Community of Valencia's Speleological Federation about the conclusions of the tests on the behaviour of ropes and knots carried out by the Valencia's School of Speleology (EVE) along the years. This project was born with the aim of increasing the number of the already existing studies and, above all, of serving as a guide to users when choosing one knot or another according

to their resistance. The most popular knots in caving and canyoning, as well as in mountaineering and vertical works have been tested. In this presentation we describe the whole process: how the tests were carried out, the means used and most importantly, the results obtained. From the most secure knot, to the one most easily released, by way of the one using less rope of all. All of them have been gathered in this book as well as the how-to videos.

Keywords. Knot guide book, Valencia's School of Speleology, vertical works, Speleology, canyoning, rescue, anchors.



*Incluido en CD.
Inclòs en CD.
Included on CD.*

Técnica de instalación Trirapid

Pedro Gómez Doménech

Director de la Escola Valenciana d'Espeleologia

Escola Valenciana d'Espeleologia, Federació d'Espeleologia de la Comunitat Valenciana

C/ Alcañiz, 47 bajo - 46019 Valencia (España) espeleopedro@gmail.com

Resumen

La técnica de triangulación TRIRAPID viene a sustituir a las cintas y cordinos, en su uso como triángulo de fuerzas o equalizadores de carga, como anclajes naturales o alargadores de instalaciones. Su rápida y fácil utilización, la hacen ideal para las instalaciones con dos o más anclajes tanto en espeleología y montaña, como en rescates y trabajos verticales. Su complicada y laboriosa homologación, con cuerda de menos de 10 mm de diámetro, nos hizo plantearnos la utilización de nudos, buscando el más adecuado, resistente y menos voluminoso, que sirviera como unión con el mosquetón. En este caso al tener que realizar un nudo, el mosquetón, no era el elemento más adecuado por lo que se decidió el incorporar una anilla que realizase la función de resultante con lo que se consigue un amplio anclaje donde poder conectar varios mosquetones, aunque el volumen y peso de la triangulación aumenta. Esta técnica permite, cuando realizamos una triangulación con 2 o más puntos, el poder bloquear una o todas las gazas de la misma, para evitar que, en caso de que uno de los anclajes salte, que no corra, para evitar golpes sobre el resto de anclajes. Estas técnicas se pueden aplicar con nudos distintos y mosquetones sobredimensionados, aunque después de probar y valorar, aconsejamos los que pensamos que son más adecuados.

Palabras clave. Trabajos verticales, Espeleología, montaña, rescate, instalación.

Tècnica d'instal·lació Trirapid

Resum

La tècnica de triangulació TRIRAPID ve a substituir tant les cintes i cordinos, en el seu ús com a triangle de forces o equalitzadors de càrrega, com els ancoratges naturals o allargadors d'instal·lacions. La seva ràpida i fàcil utilització, la fan ideal per a les instal·lacions amb dos o més ancoratges tant en espeleologia i muntanya, com en rescats i treballs verticals. La seva complicada i laboriosa homologació, amb corda de menys de 10 mm de diàmetre, ens va fer plantejar-nos la utilització de nusos i buscar el més adequat, resistent i menys voluminós, que servís com a unió amb el mosquetó. En aquest cas en haver de fer un nus, el mosquetó no era l'element més adequat per la qual cosa es va decidir l'incorporar una anella que fes la funció de resultant de manera que s'aconsegueix un ampli ancoratge on poder connectar diversos mosquetons, encara que el volum i pes de la triangulació augmenti. Aquesta tècnica permet, quan fem una triangulació amb dos o més punts, poder bloquejar una o totes les seves bagues, per evitar que, en cas que un dels ancoratges salti, que no corri, per tal d'evitar cops sobre la resta d'ancoratges. Aquestes tècniques es poden aplicar amb nusos diferents i mosquetons sobredimensionats, encara que després de provar i valorar, aconsellem els que creiem que són més adequats.

Paraules clau. Treballs verticals, Espeleologia, muntanya, rescat, instal·lació.

Trirapid rigging technique

Abstract

The TRIRAPID triangulation technique substitutes cords and slings when used as a triangle of forces or as load equalizers, as well as natural anchors or as an anchor extension. It's quick and easy to use, which makes it ideal for rig points with one or more anchors in caving, mountaineering, rescues and vertical works. The complex and arduous homologation with ropes less than 10mm in diameter made us think about the best, most resistant and less bulky knot that could be used as a connection point together with the carabiner. In this case the carabiner was not the best option, so we decided to include a connection ring to fulfil the task, obtaining a wide rig point where multiple carabiners could be rigged to, although the volume and weight of the triangulation increased. When using a triangulation with 2 or more anchor points, this technique allows blocking one or all the loops to prevent them from slipping off its place and knocking the rest of anchors. These techniques may be used with different knots and oversized carabiners, although after some research and tests we recommend the most suitable ones.

Keywords. Vertical works, Caving, Mountaineering, rescue, Rigging.



Incluido en CD.
Inclòs en CD.
Included on CD.

Cave surveying with TopoDroid

Marco Corvi

InGrigna!

Via Borgo Antico n° 7 Recco GE 16036 (Italia) marco.corvi@gmail.com"

Abstract

TopoDroid is a free Android app for cave surveying. It is designed for surveying with the DistoX, but it can also be used with manual input of the survey data. The app works on individual surveying sessions. It does not manage complex cave survey projects, for which good PC programs already exist. The survey data can be exported in the format of several cave survey programs. With TopoDroid the surveyor can draft accurate cave sketches using references such as the midline, the splay shots, a metric grid, and the stations. Each sketch consists of a plan view and an extended profile view. Cross sections can be added independently. The drawing tools include a rich set of speleological iconic symbols, line types, and shaded regions (areas). The set of drawing tools can be enlarged with custom tools. Other actions are erasure and editing of the drawn items. Sketches are saved in Therion format, and can be exported as CSX, DXF, SVG, and PNG files. The 3D viewer of TopoDroid, Cave3D, is distributed separately since it is actually a 3D viewer for Therion projects. TopoDroid includes the DistoX calibration algorithms (both linear and non-linear), a DistoX memory inspection, and a DistoX2 firmware updater. The app has many configuration options, aimed to make the survey task as easy as possible in all situations.

Keywords. Surveying, TopoDroid, DistoX, paperless, Android.

Topografia de cova amb TopoDroid

Resum

TopoDroid és una aplicació gratuïta per Android per a la topografia de cova. Està dissenyat per topografiar amb el DistoX, però també pot usar-se amb l'entrada manual de les dades topogràfiques. L'aplicació funciona en sessions de topografia individuals. No administra projectes d'aixecament de coves complexes, per a les que ja existeixen bons programes de PC. Les dades de la topografia es poden exportar al format de diversos programes de topografia de coves. Amb TopoDroid el topògraf pot elaborar precisos esbossos de cova utilitzant referències com ara la línia mitjana, els trets splay, una reixeta mètrica, i les estacions. Cada dibuix consisteix en una vista en planta i una vista de perfil estesa. Les seccions transversals es poden afegir de forma independent. Les eines de dibuix inclouen un ampli conjunt de símbols icònics espeleològics, tipus de línia, i les regions ombrejades (àrees). El conjunt d'eines de dibuix es pot ampliar amb eines personalitzades. Altres accions són l'esborrat i edició dels elements dibuixats. Els dibuixos es guarden en format de Therion, i poden exportar com CSX, DXF, SVG i PNG. El visor 3D d'TopoDroid, Cave3D, es distribueix separatament, ja que és en realitat un visualitzador en 3D per a projectes de Therion. TopoDroid inclou els algorismes DistoX de calibratge (tant lineals com no lineals), una inspecció de la memòria DistoX, i un actualitzador de firmware DistoX2. L'aplicació té moltes opcions de configuració,

amb l'objectiu de fer la tasca topogràfica tan fàcil com sigui possible en totes les situacions.

Paraules clau. *Topografia, TopoDroid, DistoX, sense paper, Android.*

Topografía de cueva con TopoDroid

Resumen

TopoDroid es una aplicación gratuita para Android para la topografía de cueva. Está diseñado para topografiar con el DistoX, pero también puede usarse con la entrada manual de los datos topográficos. La aplicación funciona en sesiones de topografía individuales. No administra proyectos de levantamiento de cuevas complejas, para las que ya existen buenos programas de PC. Los datos de la topografía se pueden exportar en el formato de varios programas de topografía de cuevas. Con TopoDroid el topógrafo puede elaborar precisos bocetos de cueva utilizando referencias tales como la línea media, los disparos splay, una rejilla métrica, y las estaciones. Cada dibujo consiste en una vista en planta y una vista de perfil extendida. Las secciones transversales se pueden añadir de forma independiente. Las herramientas de dibujo incluyen un amplio conjunto de símbolos icónicos espeleológicos, tipos de línea, y las regiones sombreadas (áreas). El conjunto de herramientas de dibujo se puede ampliar con herramientas personalizadas. Otras acciones son el borrado y edición de los elementos dibujados. Los dibujos se guardan en formato de Therion, y pueden exportarse como CSX, DXF, SVG y PNG. El visor 3D de TopoDroid, Cave3D, se distribuye separadamente, ya que es en realidad un visor 3D para proyectos de Therion. TopoDroid incluye los algoritmos DistoX de calibración (tanto lineales como no lineales), una inspección de la memoria DistoX, y un actualizador de firmware DistoX2. La aplicación tiene muchas opciones de configuración, con el objetivo de hacer la tarea topográfica tan fácil como sea posible en todas las situaciones.

Palabras clave. *Topografía, TopoDroid, DistoX, sin papel, Android.*

TopoDroid, a cave Surveying Android app

TopoDroid is a free open-source Android app for cave surveying. It is translated in Spanish, French, Italian, German, and Russian. TopoDroid is designed to handle individual survey sessions, not to manage complex cave survey projects. There are already good PC programs for that. The survey data can be exported as Compass, Survex, VisualTopo, Therion, Walls, cSurvey and PocketTopo files. Furthermore they can be exported also as DXF or comma-separated value text files. Surveys can be archived in zip files. These include the survey data, sketch files, notes, and photos. So that the survey can later be completely restored in the program. TopoDroid keeps all the data files in the directory "TopoDroid" in the primary external memory. This means the data are not removed by the system if the app is uninstalled. In particular, this directory contains the database "distox14.sqlite" which contains the survey data, Therion sketch files, survey notes and photos, and all the exported files. It also contains the in-app manual pages, drawing tools files, and DistoX2 firmware files. TopoDroid is structured along two lines of work. The first handles shot data and sketches for the surveys. The second handles the calibrations of the DistoX devices and has the DistoX special functions.

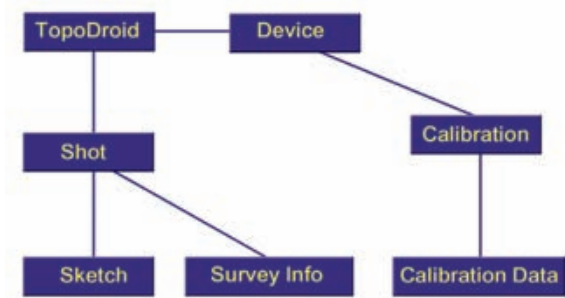


Figure1. TopoDroid workflow

The main TopoDroid Activity displays the list of surveys, and has buttons to create a new survey or import one. Along with the name (that must be unique), a survey has the date, team, magnetic declination, and a brief description. Additional informations can be added as survey notes. Tapping on a survey name in the list opens the Shot Activity, which lists the survey shots. Each shot can have a comment, the direction of “extend” for the extended profile, and flags (“duplicate” or “surface”). TopoDroid differentiates leg shot (with both the FROM and the TO stations), repeated leg shots, splay shots (with only the FROM station), and blank shots (with no station set). All the shots other than leg shots can be hidden from the display. It is also possible to display only the splay shots for a specific station. Text color is used to distinguish the different kinds of shots. Furthermore, the background color is used to highlight the latest shots (blue), or unreliable shots (red). The current station, ie, where the next shot will be attached, is green. If it is not set, the next shot is attached to the last station. The survey data can be downloaded from a DistoX or they can be entered manually. TopoDroid has policies to automatically assign station names to the survey data and to recognize splay shots from leg shots, thus relieving the surveyor from this task or, at least, making it easier. There are two download modes: batch and continuous. In batch mode the data are downloaded on demand when the surveyor is ready. In continuous mode TopoDroid stays connected to the DistoX and the data are downloaded as soon as they are taken. Loop closures can be computed and compensated. However, it is more convenient to leave loops open thus you get a graphical view of the misclosure directly from the sketches. Cave surveying is not just taking shots, but it is also very important making good sketches and annotating the cave details. Accordingly TopoDroid has a sophisticated Sketch Activity with many features to help sketching. Nevertheless the number of active features can be adapted to the surveying conditions so that they can be limited to the basic essential features when surveying in harsh conditions. A survey can have as many sketches as necessary. Each sketch consists of a plan view and an extended profile view. The plan view is always oriented with the North upwards, and the extended profile view with the vertical upwards. Drawing is helped by references: a metric grid, the midline, the splay shots, and the station names. Any of these can be hidden from the display. The most recent shots are colored in blue for easy of identification, and the data reduction can be interrupted at selected stations to limit the shots and stations to those actually contained in the sketch. Drawing is accomplished by tracing lines (eg, walls, pit, slope, etc.) and closed shaded areas (eg, water, sand, debris, etc), and placing iconic symbols. Texts are iconic symbols. The drawing tools (lines, areas and icons) are defined in files that are loaded at start up. Their set can be customized at the app global level loading only the necessary tools, and at the sketch level disabling tools that are not needed. The drawing tools can be extended, by adding custom tool files.

The *Sketch* Activity has four working modes:

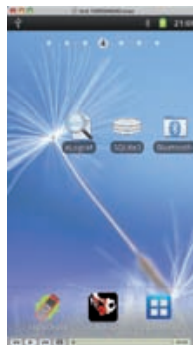
1. "move": pan and zoom
2. "draw": drawing (pan and zoom are available with two-finger)
3. "erase": erasing is pointwise, not itemwise
4. "edit": fine pointwise edit actions and itemwise editing

Cross-section drawing is initiated by tracing a cross-section line. Cross-section can either be taken with a photo, or be drafted by hand. Editing the cross-section line reopens the cross-section sketch. The sketches are saved in Therion format, and can be exported as PNG, DXF, SVG, and cSurvey files. Additional features are the 3D display of the survey, GPS location for cave entrances, photos and sensor measurements (linked to shots), and survey statistics. The second line of activities of TopoDroid concerns the DistoX devices. Pressing the "DistoX" button in the main TopoDroid Activity, the app switches to the Device Activity. This displays the list of paired DistoX devices. TopoDroid works with one device at a time. This is selected by tapping its entry in the list. New DistoX devices can be searched with TopoDroid or the Settings app. Before working with a DistoX this must be paired with the Android. The calibration menu lists the calibrations of the selected DistoX. Just like surveys, calibrations are identified by their unique name. Their attributes are the date, the device, a (optional) description, and the calibration algorithm. When a calibration is opened TopoDroid passes to the Calibration Data Activity, which displays the calibration data. In order to calibrate the DistoX one must toggle the device into calibration mode, take the calibration shots, download the calibration data, distribute them in groups having the same direction, compute the calibration coefficients, and upload them to the DistoX. TopoDroid implements both the linear and the non-linear calibration algorithm. The algorithm is automatically chosen by the program according to the device firmware version, but can be forced by the user. It is possible to inspect the memory of the DistoX, and to upgrade the firmware of a DistoX2. Finally TopoDroid can remotely control the DistoX2 v.2.3 and higher.

References

Heeb, B. 2008. Paperless caving - An electronic cave surveying system. In Proc. Vercoors 2008, Spelunca Memories 33, 130-133

TopoDroid website, <https://sites.google.com/site/speleoapps>



*Test TopoDroid. Included on CD.
Test TopoDroid. Inclòs en CD.
Test TopoDroid en CD adjunto.*

¿Qué habilidades o conocimientos médicos debería tener todo espeleólogo? ¿Y si fuese médico?

Diego Dulanto Zabala

*SEMAC (Societat Espanyola de Medicina y Auxilio en Cavidades).
Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Universitario Basurto. Bilbao*

Resumen

La espeleología, como deporte, tiene sus riesgos específicos. No existe el riesgo cero en ninguna actividad sea deportiva o no. Todo consiste en gestionar el riesgo. El riesgo no es inherente del error, pero sí de la situación. No es lo mismo un accidente en el exterior, que a gran profundidad.

La prevención es siempre la llave de todo, pero a pesar de ello la posibilidad de que pueda ocurrir algún percance no es posible evitarla totalmente. Suponer que si tenemos cualquier incidente/accidente durante la exploración o visita a una cavidad, otras personas siempre nos van a ayudar rápidamente es una falacia. La imposibilidad de enviar información instantánea al exterior hace que la ayuda externa se demore mucho tiempo; incluso días... Por ello es necesario tener presente que en primera instancia la ayuda tiene que llegar de los compañeros, si es que los tenemos. Pero aquí puede haber un problema. ¿Todos los espeleólogos poseen habilidades para poder enfrentarse a un posible incidente y así intentar ofrecer una ayuda eficaz en los primeros momentos? Ante esta cuestión caben solo dos respuestas; ante la respuesta afirmativa que es la ideal, el espeleólogo sopesa los riesgos, se ha entrenado para hacer frente a algunos incidentes mediante una serie de técnicas y lleva un botiquín eficaz siempre revisado que sabe utilizar, y gestiona los riesgos inherentes a cada actividad.

Ante la segunda respuesta, la negativa, más frecuente de lo que debiera. La posibilidad de que cualquier incidente, por nimio que sea, se convierta en un problema importante es mucho más frecuente. Todo esto aunque es de una obviedad aplastante, no por ello es menos real. La prevención es el primer eslabón de una cadena de acontecimientos. Hay que evitar que un incidente leve se convierta en grave y en este caso, se pueda ofrecer una ayuda eficaz hasta que llegue ayuda especializada. Ayuda, que en el caso de los accidentes espeleológicos se suele demorar mucho. Antes de la llegada de los socorristas, los compañeros del accidentado deben ser quienes prodigan los primeros actos de ayuda. Reflexionar, antes de hacer cualquier cosa. Guardar la calma. Pensar en uno mismo (protegerse) antes de intentar salvar a la víctima (agua, caída de piedras, bloques inestables, etc.).

Desplazar a la víctima y protegerla para que no sufra un sobreaccidente que complique aún más la situación. El desplazamiento de cualquier víctima que haya sufrido un accidente debe hacerse con cuidado. Sospechar siempre de una posible lesión vertebral. La espeleología es por lo general un deporte colectivo, la espeleología en solitario, y en el peor de los casos sin informar a nadie a donde se va expone a quien la practica a mayores riesgos. En caso de accidente, las consecuencias pueden ser dramáticas, pues ir solo es arriesgado. Cualquier disciplina deportiva necesita de un aprendizaje previo. Las técnicas que están descritas en medios de comunicación sirven para ello. Para ello se elaboran los manuales. Hay un aspecto interesante que es el caso del médico espeleólogo. Cualquier médico tiene una serie de habilidades y conocimientos que personas legas en la materia no tienen, para eso se han preparado durante años. Pero no es suficiente ser médico para poder atender a cualquier persona en este medio. Las cuevas son un medio muy hostil y hay que prepararse concienzudamente para desenvolverse en estos lugares. Existen a mi juicio ciertas características idóneas para poder ser un buen médico espeleólogo cualificado.

Los desafíos a los cuales puede tener que enfrentarse pueden ser muy complicados.

El propósito de este artículo no es una descripción pormenorizada de las técnicas, materiales y botiquines que utilizan los grupos profesionales, ni tampoco la elaboración de un manual de asistencia al politraumatizado. Se trata de mostrar algunas técnicas que pueden ser útiles para salir de una situación apurada hasta que llegue la solución definitiva. El ser humano se crece ante la adversidad, pero es necesario comprender los peligros que conlleva cualquier actividad y la espeleología los tiene. Hay que saber improvisar cuando, generalmente no vamos a contar con recursos, situación que suele ser generalmente la norma en este deporte.

Palabras clave. Accidentes en Espeleología, prevención, reanimación cardiopulmonar, conocimientos médicos.

Quines habilitats o coneixements mèdics hauria de tenir tot espeleòleg? I si fos metge?

Resum

L'espeleologia, com a esport, té els seus riscos específics. No hi ha el risc zero en cap activitat sigui esportiva o no. Tot consisteix a gestionar el risc. El risc no és inherent de l'error, però sí de la situació. No és el mateix un accident a l'exterior que a gran profunditat. La prevenció és sempre la clau de tot, però malgrat això la possibilitat que pugui ocórrer algun contratemps no és possible evitar-la del tot. Suposar que si tenim qualsevol incident / accident durant l'exploració o visita a una cavitat, altres persones sempre ens ajudaran ràpidament és una fal·làcia. La impossibilitat d'enviar informació instantània a l'exterior fa que l'ajuda externa es demori molt de temps; fins i tot dies... Per això cal tenir present que en primera instància l'ajuda ha d'arribar dels companys, si és que els tenim. Però aquí hi pot haver un problema: tots els espeleòlegs posseeixen habilitats per poder enfrontar-se a un possible incident i així intentar oferir una ajuda eficaç en els primers instants? Davant d'aquesta qüestió hi caben només dues respostes. Davant la resposta afirmativa, que és la ideal, l'espeleòleg sospesa els riscos, s'ha entrenat per fer front a alguns incidents mitjançant una sèrie de tècniques i porta una farmaciola eficaç sempre revisada que sap utilitzar, i gestiona els riscos inherents a cada activitat.

Davant la segona resposta, la negativa, més freqüent del que caldria, la possibilitat que qualsevol incident, per nemi que sigui, es converteixi en un problema important és molt més freqüent. Tot això encara que sigui d'una obvietat indiscutible, no per això és menys real. La prevenció és la primera baula d'una cadena d'esdeveniments. Cal evitar que un incident lleu es converteixi en greu i en aquest cas, que es pugui oferir una ajuda eficaç fins que arribi ajuda especialitzada. Ajuda, que en el cas dels accidents espeleològics se sol demorar molt. Abans de l'arribada dels socorristes, els companys de l'accidentat han de ser els qui prodiguin els primers actes d'ajuda. Reflexionar, abans de fer qualsevol cosa. Guardar la calma. Pensar en un mateix (protegir-se) abans d'intentar salvar la víctima (aigua, caiguda de pedres, blocs inestables, etc.).

Desplaçar la víctima i protegir-la perquè no pateixi un sobreaccident que compliqui encara més la situació. El desplaçament de qualsevol víctima que hagi patit un accident ha de fer-se amb atenció. Sospitar sempre d'una possible lesió vertebral. L'espeleologia és generalment un esport de col·lectivitats, l'espeleologia en solitari, i en el pitjor dels casos sense informar ningú a on es va, exposa a qui ho practica a majors riscos. En cas d'accident, les conseqüències poden ser dramàtiques, perquè anar sol és arriscat. Qualsevol disciplina esportiva necessita un aprenentatge previ. Les tècniques descrites en els mitjans de comunicació serveixen per a això, i per això s'elaboren els manuals. Hi ha un aspecte interessant que és el cas del metge espeleòleg. Qualsevol metge té una sèrie d'habilitats i coneixements que persones llegendes en la matèria no tenen, per a això s'ha preparat durant anys. Però no sols val ser metge per poder atendre qualsevol persona en aquest medi. Les coves són un mitjà molt hostil i cal preparar-se conscienciosament per desenvolupar-se en aquests llocs. Segons el meu parer, hi ha certes característiques idònies per poder ser un metge espeleòleg qualificat.

Els desafiaments als quals pot haver d'enfrontar-se poden ser molt complicats. El propòsit d'aquest article no és una descripció detallada de les tècniques, materials i farmàcies que utilitzen els grups professionals, ni tampoc l'elaboració d'un manual d'assistència al politraumatitzat. Es tracta de mostrar algunes tècniques que poden ser útils per sortir d'una situació preocupant fins que arribi la solució definitiva. L'ésser humà es creix davant l'adversitat, però és necessari comprendre els perills que pot portar qualsevol activitat, i l'espeleologia els té. Cal saber improvisar quan, generalment no comptarem amb gairebé res, situació que sol ser generalment la norma en aquest esport.

Paraules clau. *Accidents en Espeleologia, prevenció, reanimació cardiopulmonar, coneixements mèdics.*

What medical skills or knowledge should any caver have? And what if they were a doctor?

Abstract

Caving, as any other sport, has its own specific risks. All activities, whether sport or not, involve some kind of risk. It is all about managing that risk. It is not part of the error, but of the situation. An accident in the open air or at great depth is not the same. Prevention is the key to everything, but in spite of that, the possibility of an accident is always present. Assuming that someone will help us as soon as we have an accident during exploration or visiting a cave is a lie. The inability to send immediate information outside can delay help for a long time, even days....it is then necessary to understand that the first assistance must come from our fellow cavers, if there are any. But here we may encounter another problem. Are all cavers prepared to face an incident and to offer an efficient assistance at first? There are only two possible answers: in case of an affirmative answer, the ideal one, the caver evaluates the risks and has learned some techniques to deal with some incidents. He carries a well-equipped, revised first-aid kit. He manages the risks inherent to every activity.

In case of a negative answer, unfortunately frequent, the possibility that a small incident turns into an important problem is not uncommon. It is quite obvious, but no less real for that. Prevention is the first step. It must be avoided that a small incident turns into a big one at all costs, and if the latter occurs, the necessary assistance must be provided by the fellow cavers until the rescue team arrives, which can take a long time. Think before doing something and keep calm. Protect yourself before trying to save the victim (from water, stone fall, unstable rocks, etc.)

Move the victim and protect them to avoid further accidents. Moving the victim of an accident must be done very carefully. Think about a possible spinal column injury. Speleology is usually a collective sport and practicing it by oneself and in the worst case scenario without informing anyone, means assuming a high risk. In case of an accident, the consequences may be dramatic. All sports need some learning. The techniques found in the Media and the manuals written might be of help. There is an interesting aspect to a qualified speleo-doctor. Any doctor has skills and knowledge that no one else has, but this is not enough to treat any person in this environment. Caves are a hostile environment and one must be thoroughly prepared. In my opinion, there are ideal characteristics to become a qualified speleo-doctor. He might be strongly challenged.

The aim of this article is not making a detailed description of the techniques, materials and first-aid kits used by professionals. Neither is it an instructions manual for the poli injured person. It just aims to explain how to deal with a complicated situation until help arrives. Adversity makes us grow, but it is necessary to understand the danger involved in any activity, as in Speleology. Improvisation is important, especially when we don't have all the necessary means near us, as it often happens in this sport.

Keywords. *Accidents in Speleology, prevention, cardiopulmonary resuscitation, medical knowledge.*

LA PREVENCIÓN ES EL PRIMER ESLABÓN DE LA CADENA ASISTENCIA

ACCIDENTES EN ESPELEOLOGÍA

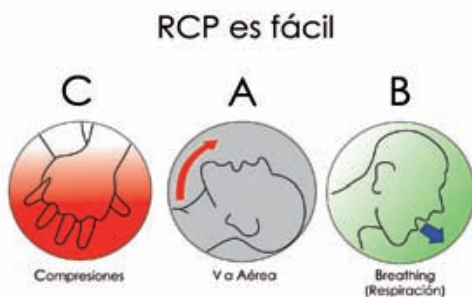
La principal causa de muerte en los espeleólogos es el ahogamiento y los traumatismos producidos por precipitación en cabeceras de verticales y durante la exploración.

El ahogamiento

El espeleobuceo es una disciplina practicada por un número muy reducido de espeleólogos y ostenta la mayor cifra de accidentes mortales. Las causas son obvias, cualquier mínimo error se paga caro y la ayuda puede ser en muchos casos inexistente si se realiza en solitario. No siempre podremos salvar a un compañero en apuros que se esté ahogando, pero es necesario que todo espeleólogo conozca las maniobras de resucitación básicas ante una eventual parada cardíaca por este motivo u otro.

¡LA REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR RÁPIDA PUEDE SALVAR LA VIDA!

En 2010 se publicaron las últimas guías de resucitación cardiopulmonar (RCP) que son revisadas cada 5 años. Se espera que en 2015 sean publicadas las nuevas recomendaciones. La principal modificación de la RCP básica de 2010, respecto a la publicada en 2005 es la insistencia en hacer énfasis en las compresiones torácicas respecto a la respiración. La secuencia actualmente recomendada es C-A-B en vez de A-B-C (secuencia de RCP); donde A (Airway) es vía aérea; B (Breathing) es respiración y C (Circulation) son compresiones cardíacas (Figura 1). Pero hay ciertas modificaciones comentadas en la última reunión europea de 2014 (Bilbao) respecto a la parada cardíaca por ahogamiento.



RCP: Reanimación Cardio Pulmonar

Figura 1.

La parada cardíaca por ahogamiento se produce por asfixia, por ello los expertos recomiendan en primera instancia realizar dos insuflaciones previas antes de comenzar con ritmo remendado de 30:2 (30 compresiones, 2 insuflaciones). (Figura 2) Se trata de un aspecto muy importante que puede ser llevado a cabo por el compañero del accidentado antes incluso de haberlo sacado del agua.

Traumatismos fatales

Para evitar la precipitación desde la cabecera de pozos de verticales es necesario seguir insistiendo en la preparación minuciosa de todo antes de efectuar un descenso. Asegurarse en las cabeceras de forma exhaustiva es algo que no debemos olvidar. Todos los años se producen accidentes por errores nimios, algunos de consecuencias catastróficas. Las normas son siempre las mismas: revisar las instalaciones de

Soporte Vital Básico

(RECOMENDACIONES 2010 DEL EUROPEAN RESUSCITATION COUNCIL)

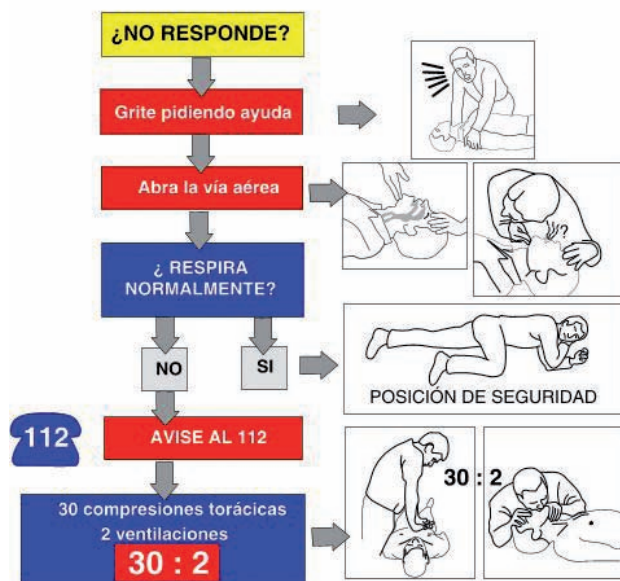


Figura 2.

descenso (naturales o artificiales), el material (arnés, cabos de anclaje, casco, descendedor, luces, navaja dispuesta...) y prevenir a los compañeros antes de comenzar el descenso.

Enfermedades

El agravamiento de enfermedades preexistentes es otra de las causas de accidente o de muerte entre los espeleólogos. El relevo generacional se produce de forma lenta y hay muchos espeleólogos experimentados que siguen practicando este deporte, pero la edad es un factor a tener en cuenta. A más años, más achaques y peor salud. Esta sencilla ecuación hace que la forma física no siempre es la más adecuada. El exceso de sollicitación física puede producir descompensaciones cardiovasculares que pueden ser fatales. Ser consciente de las propias limitaciones, tanto físicas como técnicas, es ya un buen comienzo para evitar problemas.

Hipotermia

Todo accidente en un medio en el que la temperatura es baja, como son muchas de las cavidades que hay en nuestro país conlleva el riesgo de hipotermia. La hipotermia es un factor agravante en cualquier accidente. La elección de la vestimenta apropiada a cada situación es muy importante.

Traumatismos

La mayor parte de los accidentes no mortales se producen por caídas entre bloques, caídas desde poca altura o simplemente por traumatismos producidos por piedras caídas desde cierta altura que pueden haber sido movilizadas por alguno de los compañeros. ¿Qué puede suceder? Pues puede ocurrir de todo. Las

estadísticas demuestran que la mayoría de los accidentes son traumatismos y estos se producen sobre todo en las extremidades inferiores (fracturas de fémur, tibia, peroné, esguinces...) y en menor medida, en las extremidades superiores (luxaciones de hombro, codo, dedos de las manos, fracturas de brazo, antebrazo y dedos de las manos). Los traumatismos craneofaciales, de columna vertebral, pelvis, abdomen y torácicos son menos frecuentes. ¡por fortuna! Su manejo extrahospitalario supone un desafío, incluso para gente especializada. Ante este tipo de traumatismos lo único que podremos hacer, hasta la llegada de medios especializados, es no empeorar la situación, ¡que no es poco! Inmovilizar de forma correcta con medios de fortuna a estos accidentados y protegerlos del frío ambiente es una medida excelente. La lucha contra la hipotermia debe ser constante.

Desfallecimientos

El agotamiento extremo por un entrenamiento inadecuado, no haber comido o sobre todo, no haber bebido suficiente, son problemas relativamente frecuentes en la práctica espeleológica. La deshidratación en los espeleólogos es común, siendo más frecuente en personas poco entrenadas. La actividad es un medio saturado, como son las cuevas, hace que la sensación de sed aparezca tarde al estar las mucosas húmedas. Es conveniente beber de forma frecuente durante toda la actividad, aunque hay que tener en cuenta que no siempre es fácil. La aparición de sed intensa indica que estamos deshidratados. No tener ganas de orinar durante mucho tiempo es un aviso que nuestras reservas de agua se están agotando. La emisión de orina oscura (concentrada) es un signo inequívoco de deshidratación. Ante una situación de agotamiento de alguno de los espeleólogos se impone la parada. Es demasiado peligroso incitar a seguir a toda costa a quien está extenuado. Lo prudente es parar, rehidratar (ante todo), comer algo y descansar antes de reemprender la marcha. El cansancio extremo expone a cometer errores, que en este medio pueden salirnos caros.

Otras patologías

Podemos hacernos heridas, rozaduras, lesiones oculares, etc. La zona más sensible del cuerpo humano es la córnea. Es muy frecuente que caigan en nuestros ojos motas de polvo, barro, etc. Que pueden lesionar nuestros ojos. Quedar tuerto y dolorido en un medio en que la visión es esencial para poder progresar con seguridad expone a grandes riesgos.

¿QUÉ HACER ANTE UN ACCIDENTADO?

1. Alertar y pedir ayuda. Avisar a los compañeros ante la posibilidad de alguien en apuros. El grupo ideal de espeleólogos lo formarían cuatro personas.
2. Establecer medidas de seguridad. Asegurar y asegurarse en la zona del accidente. Las prisas y los nervios del momento pueden ser causantes de otro accidente, que agrave sobremanera la situación, ya de por sí comprometida.
3. Rescatar. El rescate debe ser rápido ante situaciones de peligro inminente como son los bloqueos en una vertical o la caída en una zona acuática. Quedar bloqueado bajo una cascada conlleva peligro de ahogamiento, hipotermia y el desencadenamiento del llamado "síndrome del arnés", que puede por sí mismo provocar la muerte. Ante un accidentado inconsciente hay que aplicar medidas en pocos segundos.
4. Evaluación inicial del accidentado.
 - Objetivos clave
 - Oxigenación y mantenimiento de la vía aérea permeable.
 - Control de la ventilación.
 - Manejo adecuado de la columna vertebral cervical.
 - Mantenimiento de la circulación.

En determinadas circunstancias será necesario recurrir a medidas de soporte vital de diferente complejidad, incluyendo maniobras de RCP, incluso durante el rescate y eventual evacuación.

Ante una víctima inconsciente/traumatizada y tras realizar las medidas descritas anteriormente (petición de ayuda y establecer medidas de seguridad), se procederá de la siguiente forma:

1. Apertura de la vía aérea con inmovilización cervical (estricto control de la columna cervical) mediante maniobra de tracción mandibular. Desobstruir la vía aérea de cuerpos extraños accesibles. Por ejemplo, restos de comida, vómito, etc.
2. Comprobar la respiración: aproximar la mejilla a la boca de la víctima y ver (cómo se eleva el tórax), oír (la salida del aire de la boca de la víctima) y sentir (en la mejilla el aire exhalado) durante no más de 10 segundos si la víctima no respira adecuadamente. No confundir respiraciones agónicas o bocanadas con respiración normal. Ante la duda actuar como si "NO respira".

Si respira, colocar a la víctima en posición lateral de seguridad con la columna alineada. En caso negativo (NO respira), iniciar maniobras de RCP con el masaje cardíaco con la secuencia 30:2 (30 compresiones – 2 insuflaciones)

En una actividad como es la espeleología no vamos a disponer de medios extraordinarios. Habrá que saber improvisar de forma eficaz. Con medios de fortuna podemos solventar situaciones complicadas si sabemos mantener la calma.

Si tenemos dudas razonables sobre las lesiones del herido, lo que hay que hacer, y muchas veces es lo único que podremos hacer es, protegerlo del frío, evitar nuevas lesiones y buscar ayuda especializada.

Pero hay situaciones que pueden ser resueltas con algo de ingenio y con pocos medios y que pueden evitar un rescate, a veces complicado y que puede tardar mucho en llegar.

Tratamiento "in situ"

1. Ante todo politraumatizado se debe seguir una secuencia de tratamiento tras el rescate inicial.
2. Constantes vitales: RCP. Estado de conciencia / capacidad de expresarse: claramente, somnoliento, ininteligible, reacciona solo al dolor, inconsciente.
3. Control de la ventilación
4. Tratamiento de las hemorragias/heridas.
5. Evaluación.
6. Protección ambiental (aislamiento).
7. Anotación de datos. Fotografiar o grabar al accidentado y su entorno para informar a los equipos de socorro es muy importante (casi todo el mundo posee una cámara digital o móvil). No se trata de grabar un reality, sino proporcionar a los profesionales datos objetivos con la información obtenida. (Tabla 1)

¿Capacidad de comunicación?	Hablar con él e intentar despertarle
¿Liberar vías respiratorias?	Observar
¿Necesita ayuda para respirar?	Hablar con él e intentar despertarle
Observar si respira (si no: boca a boca)	Buscar pulso de la arteria carótida

Tabla 1. Estimación estado del accidentado

Posición lateral de seguridad

En el caso que el herido haya perdido la conciencia y conserva los signos vitales (tiene pulso y respira), hay que colocarlo en una posición en que la vía aérea quede libre. La movilización del herido siempre debe hacerse con cuidado, evitando movilizar bruscamente el cuello (es mucho más peligrosa la flexión, que la extensión). Hasta que llegue la ayuda especializada hay que seguir vigilando las constantes vitales.

Hipotensión

Se define hipotensión la disminución de la presión arterial por debajo de la normalidad. En general la presión arterial (TA) sistólica-diastólica es de alrededor de 120/70 mm de Hg.

La hipotensión suele ser frecuente en los Politraumatizados. El dolor, pérdidas de sangre y el propio traumatismo pueden ser causantes de un descenso de la presión por debajo de cifras normales.

Sin necesidad de un aparato para medir la presión arterial podemos realizar una estimación de la presión sistólica, tomando el pulso en diferentes partes del cuerpo. La ventaja de este método es doble: rapidez y valor de la información obtenida.

La usencia de pulso radial (muñeca) (TA <80 mm Hg) determina el valor a partir del cual podemos comenzar un shock hipovolémico. La ausencia de pulso en la arteria carótida indica una TA <40 mm Hg. Es un signo de parada cardíaca que impone la instauración de maniobras d RCP. (Tabla 2)

Presencia de pulso en la arteria radial (muñeca)	TA > 80 mm Hg
Presencia de pulso en la arteria femoral	TA > 60 mm Hg
Presencia de pulso en la arteria carótida	TA > 40 mm HG

Tabla 2. Estimación manual de la presión arterial

Ante una hipotensión se impone colocar al accidentado en posición de Trendelenburg. Esta posición mejora el retorno venoso y puede hacer que la presión arterial suba. (Figura 3)

Posición de Trendelenburg (tratamiento de la hipotensión)

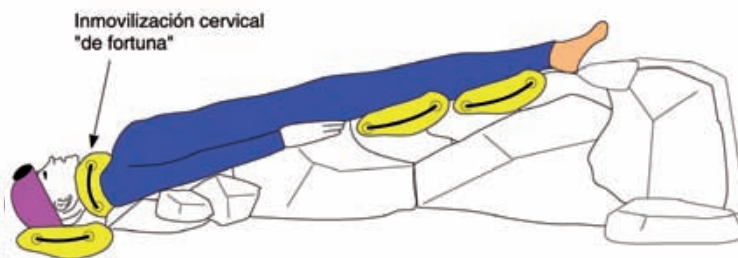


Figura 3.

Si el accidentado está inconsciente debemos asegurar que no haya problemas con su vía aérea al colocarlo

Luchar contra la hipotermia

La hipotermia va a estar presente en cualquier accidente. Las mantas de supervivencia pueden evitar la pérdida de calor, aunque no generen calor per se. Como en la mayoría de las ocasiones la ayuda va a tardar mucho en llegar, las mantas de supervivencia servirán para la realización de un vivac de fortuna para poder resistir en las mejores condiciones.

Existen en el mercado latas de etanol (alcohol etílico) en forma de gel. El etanol posee un gran poder calorífico. Estos recipientes son muy versátiles, sirven tanto para calentar la comida como también fuente de calor suplementario. Su peso 225 g, unido a su bajo precio hace de este producto, algo muy interesante. (Fig.4)



Figura 4.

Para tratar la hipotermia podemos calentar botellas de agua y colocarlas en puntos estratégicos que lleven el calor a los órganos internos, que son los que realmente los necesitan realizando un "saco envoltante". (Figura 5)

Realización de un saco envoltante para evitar la hipotermia

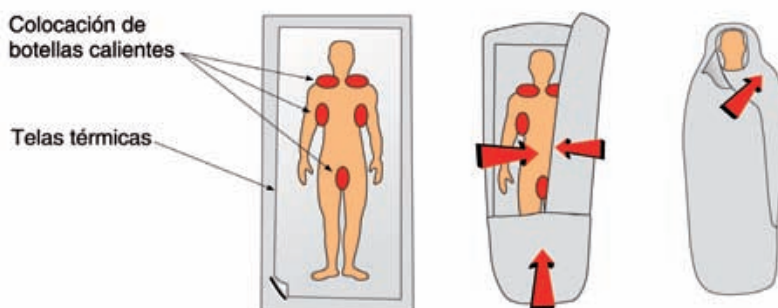


Figura 5.

Traumatismos torácicos. ¿Cómo colocar a un herido?

Si está consciente, la forma correcta es colocarlo en posición sentada con las piernas flexionadas. Hay que evitar que arneses y demás material impidan que el accidentado pueda respirar de forma eficaz

Traumatismos vertebro-medulares

Hay que considerar siempre la existencia de un traumatismo vertebral en cualquier accidentado que haya perdido la conciencia. Hasta la llegada de medos especializados hay que proteger la columna cervical mediante la fabricación de un collarín de fortuna, alinear el cuerpo y protegerlo del frío ambiental.

El nivel de lesión medular condiciona la extensión de los síntomas asociados (cardiovasculares, ventilatorios, digestivos, urinarios, termorreguladores, etc.). Las características del lugar del accidente, la hora, número de acompañantes del accidentado y la rapidez con que llegue la ayuda definitiva condicionan el pronóstico.

Tratamiento de heridas

El tratamiento de cualquier herida es siempre el mismo: lavar la herida y aplicar algún antiséptico tipo povidona iodada (Betadine) o clorexidina, y cubrirla con un apósito. Para colocar un apósito pueden servir si no disponemos de ellos (lo más seguro) trozos de camiseta, etc.

El uso de torniquetes hemostáticos solo está autorizado a personas expertas dadas sus posibles grave complicaciones. La utilización de un torniquete es una maniobra extraordinaria para tratar de frenar una gran pérdida de sangre que comprometa la vida, como puede ser una lesión de una gran arteria por una fractura. Está completamente contraindicado en heridas de los dedos de la mano y pie. Una compresión suave suele ser suficiente.

Fracturas. ¿Qué hacer?

Diagnosticar una fractura en una extremidad es relativamente sencillo. La impotencia funcional, la presencia de hematomas, el dolor y en ocasiones una deformidad evidente del miembro nos dan la pista. Las fracturas más frecuentes en la práctica de la espeleología son las de los miembros inferiores. Las deformidades evidentes (fractura de tibia y peroné, fémur, etc.) deben ser alineadas. La maniobra, si se hace con cuidado, no es peligrosa y sirve para calmar el dolor. Para inmovilizar la extremidad, los petates, etc. pueden servir. Si hay una fractura abierta, cubrirla, aplicar algún antiséptico e inmovilizarla con medios de fortuna.

Reducción de una luxación de hombro (Luxación escápulo humeral)

Se trata de una patología muy frecuente y muy invalidante. El mecanismo de lesión es casi siempre el mismo: caída con el brazo en extensión y movimiento de palanca. El diagnóstico en las luxaciones anteriores es sencillo. El accidentado presenta dolor intenso e impotencia funcional en el brazo (no lo puede mover). El herido mantiene el brazo luxado con el otro brazo.

La forma redondeada del hombro desaparece (hombro en charretera) y puede llegar a palparse la cabeza del humero en la axila.

Una luxación escápulo-humeral puede reducirse si demasiados problemas. Una vez reducida, el dolor desaparece de inmediato. La decisión de reducir in situ se tomará en función de la situación en que nos encontremos. La maniobra de Hipócrates, es una de las técnicas de reducción más antiguas. Su aprendizaje es sencillo, incluso para gente sin conocimientos de medicina. Con esta técnica de reducción, espeleólogos y alpinistas han podido solventar situaciones difíciles en lugares complicados. (Figura 6)

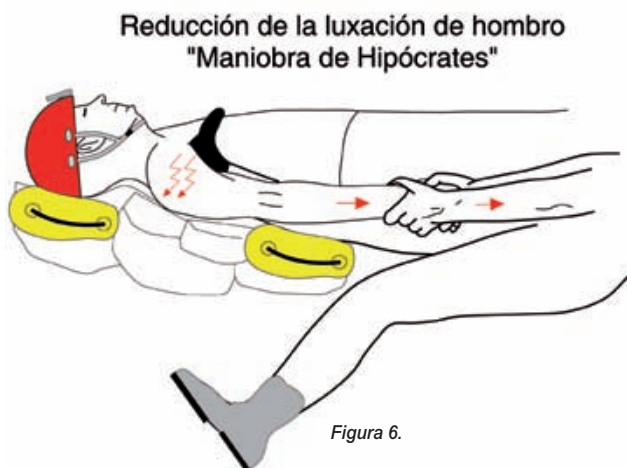


Figura 6.

El método consiste en acostar al herido boca arriba. El socorrista se coloca junto al accidentado, con su pierna estirada y apoyando el pie (preferiblemente sin bota), se tracciona de forma constante, pero no brusca, hasta conseguir que la contractura muscular refleja ceda (no hay que tener prisa). La reducción suele ser evidente (la cabeza del húmero vuelve a su lugar). Una vez reducida la luxación, el brazo debe fijarse al cuerpo, aunque el antebrazo puede quedar libre.

¿Cómo desplazar de forma inteligente a un herido?

1. Decidir donde desplazarlo y ponerse de acuerdo en los movimientos que vamos a efectuar.
2. Fabricar, si se puede, una superficie plana y aislarla con lo que se tenga a mano para colocar al herido.
3. Mantener la calma y hablar con el herido si está consciente.
4. Retirar el material que no necesite el herido (arnés, mosquetones, etc.).
5. Vigilar que nuestro propio material no golpee al herido (cintas, petates, mosquetones, etc.).
6. Desplazar al herido en bloque, ejerciendo una ligera extensión sobre los miembros.
7. Si hay fracturas en las piernas. Alinear las extremidades antes de movilizar al herido.

Vigilancia y mantenimiento anímico del accidentado

Desde el momento del accidente hay que prestar una gran atención en mantener la moral de la víctima y vigilarlo en todo momento. La mayoría de los espeleólogos son personas con mucha fortaleza mental y por ello pueden sopesar la situación con frialdad y objetividad. Es importante hablar con el accidentado y no hablar de su situación.

Informaciones a transmitir

La planificación de cualquier rescate exige prudencia. Cualquier cosa que olvidemos y sea importante puede tener consecuencias fatales. Las informaciones de un accidente deberían ser hechas, a ser posible por escrito. Hay varias preguntas importantes a responder. (Tabla 3)

QUÉ	¿Qué ha sucedido? Breve descripción de las circunstancias del accidente / del agravamiento de una enfermedad preexistente.
DONDE	El lugar del accidente. Informar de posible recorrido para una eventual evacuación.
CUANDO	Hora del accidente o comienzo de la enfermedad.
QUIEN	¿Quién es el herido o enfermo? ¿Cuántas personas hay con él?
COMO	¿Cuál es el estado del paciente (funciones vitales y evaluación general)?
QUÉ TENEMOS	¿Medios que tiene? ¿Qué necesita? Medicamentos, comida, ropa, material del vivac, etc.
OTROS	Dar el número de teléfono o lugar al cual se le puede llamar

Tabla 3. Informaciones necesarias

BOTIQUÍN

Un botiquín puede ser todo lo completo que se quiera, pero la pega es el peso y su volumen. Si propongo algo muy completo nadie lo llevará. En los botes estancos, que todo el mundo lleva, además de comida y cosas que

no deben mojarse puede haber algo útil.

Propongo un botiquín útil, poco pesado, versátil y de poco precio. ¡más no se puede pedir!

- Pastillas potabilizadoras: Micropur. Es interesante llevar todo el agua que vayamos a necesitar, pero es no es posible ni práctico cuando vamos a permanecer mucho tiempo, incluso días en una cavidad. Ningún curso de agua, por muy transparente que parezca está libre de estar contaminado. Potabilizar toda el agua que vayamos a consumir es una medida aconsejable. Una diarrea aguda en lugares alejados puede ser un problema muy serio.
- Cerillas/mechero/pedernal de magnesio.
- Latas de gel de etanol.
- Povidona yodada/Clorhexidina
- Dos vendas y esparadrapo
- Ibuprofeno en comprimidos de 600 mg. Es preferible evitar el uso de Dipirone Magnésica (Nolotil). Las alergias a este fármaco son frecuentes y el Ibuprofeno tiene una potencia analgésica similar, con menos efectos secundarios.
- Paracetamol en comprimidos de 500 mg (Efferalgan Oddis).
- Colirio anestésico (Colircusi Anestésico Doble) y un colirio antibiótico (Tobradex). Las lesiones corneales por piedras, barro, etc. son muy dolorosas. La visión es esencial para poder salir sin problemas.
- Bolsa de plástico transparente pequeña.
- Papel resistente al agua (Carnet topo Petzl, Rodclic) para anotar cualquier cosa y lápices de grafito.

EL MÉDICO ESPELEÓLOGO

La asistencia especializada ante un accidente espeleológico debería contar con profesionales sanitarios que conozcan el medio, médicos espeleólogos. Pero no todo médico está capacitado técnicamente para poder asistir a un accidentado en este medio. Las cuevas y sobre todo las simas son lugares hostiles en el que es necesario saber desenvolverse con soltura para evitar poner en peligro, no solo la propia vida del profesional, sino toda la operación de socorro.

Para mostrar un ejemplo tenemos el accidente en Riesending (Alemania) en julio de 2014. El primer médico con el cual intentaron acceder al herido tuvo que abandonar a -300 m de profundidad al considerar el profesional que la cavidad era demasiado técnica para sus posibilidades. Para evitar estos retrasos es preferible esperar a alguien con los conocimientos médicos suficientes, entrenamiento y técnica espeleológica acceda pueda acceder.

El ideal sería un profesional con un amplio historial espeleológico y un perfil médico acostumbrado a tratar patologías graves. Por ejemplo médicos anestesiólogos o que trabajen en cuidados críticos o en urgencias hospitalarias. Trabajar ahí no es fácil y el material necesario tampoco está al alcance de cualquier médico.

CONCLUSIONES

Cualquier actividad al aire libre conlleva riesgos. Tenemos que aprender a sobrevivir si queremos asumir ese riesgo. El ser humano lo ha hecho desde siempre. En la mayoría de las ocasiones no tendremos a mano muchas cosas, pero con algo de ingenio podremos salir de situaciones complicadas. La prevención es la llave maestra que debe guiarnos siempre. No hay que bajar la guardia nunca.

En el caso que sea imprescindible la asistencia con un médico, es preferible esperar que llegue alguien especializado y sensibilizado con el rescate espeleológico que enviar al primero que llegue. Aprendamos de los errores, los nuestros y los que han cometido otros. Todos los años se producen accidentes en la práctica de la espeleología y casi siempre las causas son las mismas. Seamos inteligentes y pongamos remedios para evitarlos. El precio a pagar por nuestras equivocaciones puede ser demasiado alto.

Cueva de Aslobas: hallazgo del tubo volcánico más antiguo de las Islas Canarias

Octavio Fernández^(1,3), Manuel Naranjo^(2,4) y Sonia Martín^(2,4)

(1) GE Tebexcorade - La Palma.

(2) SEC Melansis.

(3) C. Camino El Risco nº 4 C. P. 38710 Breña Alta (Spain) contacto@tebexcorade.com

(4) C. Guaydil nº 3, 1A C. P. 35016 Las Palmas de Gran Canaria (Spain) melansis@hotmail.com

Resumen

En el año 2011, integrantes del Grupo de Montaña «El Verol» contactaron con los autores de este trabajo para notificar la posición de un tubo volcánico localizado en el macizo Suroeste de la isla de Gran Canaria. Los estudios llevados a cabo por un equipo interdisciplinar de espeleólogos, biólogos, geólogos y paleontólogos en el marco del proyecto «Fauna hipogea: un mundo escondido en la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria» han puesto de manifiesto la avanzada edad de la cavidad, con un mínimo de 14 millones de años, lo que la convierte en el tubo volcánico más antiguo de Canarias (13 millones de años más antiguo que su inmediato predecesor) y uno de los más arcaicos del planeta.

La cavidad alberga, al menos, dos especies de invertebrados cavernícolas nuevas para la ciencia y restos paleontológicos de sumo interés. También destaca por las vistosas formaciones minerales, que actualmente se encuentran en estudio, y por su singularidad arqueológica.

Palabras clave. Exploración, Topografía, Vulcanoespeleología, fauna troglobia, Mineralogía, Reserva de la Biosfera de Gran Canaria.

Cueva de Aslobas: troballa del tub volcànic més antic de les Illes Canàries

Resum

L'any 2011, integrants del Grup de Muntanya «El Verol» van contactar amb els autors d'aquest treball per notificar la posició d'un tub volcànic localitzat en el massís Sud-oest de l'illa de Gran Canària. Els estudis duts a terme per un equip interdisciplinari d'espeleòlegs, biòlegs, geòlegs i paleontòlegs en el marc del projecte «Fauna hipogea: un món amagat en la Reserva de la Biosfera de Gran Canària» han posat de manifest l'avançada edat de la cavitat, amb un mínim de 14 milions d'anys, la qual cosa la converteix amb el tub volcànic més antic de Canàries (13 milions d'anys més antic que el seu immediat predecessor) i un dels més arcaics del planeta. La cavitat allotja, almenys, dues espècies d'invertebrats cavernícoles noves per a la ciència i restes paleontològiques de summe interès. També destaca per les vistoses formacions minerals, que actualment es troben en estudi, i per la seva singularitat arqueològica.

Paraules clau. Exploració, Topografia, Vulcanoespeleologia, fauna troglòbia, Mineralogía, Reserva de la Biosfera de Gran Canària.

Aslobas cave: discovery of the oldest volcanic tube in the Canary Islands

Abstract

In 2011 members of the The Verol Mountaineering Group contacted the authors of this paper to pinpoint the position of a lava tube (pyroduct) located in the south-western massif of the island of Gran Canaria. Subsequent studies carried out by an interdisciplinary team of cavers, biologists, geologists and paleontologists in a project entitled «Hypogean Fauna: a hidden world in the Gran Canarian Biosphere Reserve» have determined the advanced age of the cavity to at least 14 million years; meaning it is the current oldest volcanic Canary tube (13 million years older than its immediate predecessor) and one of the most ancient in the world. At least two species of cave-dwelling invertebrates new to science and paleontological remains of great interest were discovered and recorded. The site was also noted for its colourful mineral formations currently under study, as well as for its archaeological importance.

Keywords. *Exploration, Survey, Vulcanospeleology, troglotic fauna, Mineralogy, Gran Canaria Biosphere Reserve.*

Introducción: el descubrimiento de Aslobas

Los tubos volcánicos son cavidades frágiles, que se forman en el seno de una corriente de lava en el transcurso de unos pocos días, meses o años. Tras su génesis los agentes erosivos comienzan a dismantelarlos y tan solo unos pocos llegan a superar los 100.000 años. En Canarias, el caso extremo estaba representado por la Cueva del Llano, en Fuerteventura, con 920.000 años (Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J. y Guillou, H. 2006).

En el año 2011 los integrantes del Grupo de Montaña El Verol localizan, en una de las montañas más antiguas de Gran Canaria, un tubo volcánico en excelente estado de conservación. Su ubicación, en un lugar remoto de la isla y de elevada antigüedad, lo revestía de gran interés. Dos años después, los autores de esta publicación incluyen la cavidad en un proyecto de investigación sobre fauna hipogea, donde se profundiza por primera vez en su exploración.

La Cueva de Aslobas se encuentra en el macizo suroeste de Gran Canaria, inmersa en los restos del escudo basáltico que generó la isla. Se sitúa a unos 800 m de altitud, en un estrato de lavas *pahoehoe* (o lavas cordadas), que está recubierto por un depósito piroclástico denominado P1 -de piroclasto uno- o “vitrificado” (Carracedo, 2011). Esta capa P1 está datada en unos 14 millones de años y todo lo que se encuentra bajo ella, como en el caso de la Cueva de Aslobas, se sitúa próximo a los 14,5 m.a. (F.J. Pérez Torrado, com. pers.). La Cueva de Aslobas, por tanto, no solo es muy antigua sino que además se encuentra entre los tubos volcánicos más vetustos del planeta (Varios Autores, 2004; Webb, 1979). Actualmente, el Dr. Hervé Guillou, del Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, junto al catedrático en geología Francisco José Pérez Torrado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, está analizando rocas de la cavidad para obtener una datación específica de la colada que la originó.

Conocida por los antiguos canarios



Figura 1. Arriba, izquierda: estratigrafía de la Montaña de Aslobas (Gran Canaria). Actualmente se está llevando a cabo una datación específica de las rocas de la cavidad (foto base cortesía de www.fotosaereasdecanarias.com). Arriba, derecha: atardecer en la montaña de Aslobas (foto: M. Naranjo). Abajo: ascenso a la Montaña de Aslobas desde la Degollada de Tasartico (foto: M. González).

Realmente los primeros que descubrieron la Cueva de Aslobas fueron los antiguos canarios. La visita realizada por técnicos de Patrimonio Histórico del Cabildo de Gran Canaria ha confirmado la presencia de restos líticos, entre otros materiales, que evidencian un uso prehispánico de la cavidad. Quizá fuera utilizada como refugio pastoril, o incluso se postula la hipótesis de que pudiera haber sido prospectada con fines extractivos, en busca de la codiciada obsidiana (J. De León Hernández, com. pers.). En todo caso, la cavidad tiene un elevado interés arqueológico por su singularidad y excepcionalidad, lo que justifica su preservación y estudio.



Figura 2. Arriba, izquierda: sala superior de la C. de Aslobas (foto: M. Naranjo). Arriba, derecha: un pequeño colapso en el suelo da acceso al ramal inferior (foto: M. Naranjo). Abajo: el ramal inferior, tan bien conservado, contrasta con el grado de erosión del nivel superior (foto: S. Martín).

Una cueva senil, pero viva

A la cavidad se accede a través de una boca amplia, aunque existen otras dos -impracticables- de menores dimensiones. La entrada presenta numerosos desprendimientos, siendo seca y polvorienta, sin apenas formaciones lávicas primarias. A unos 10 m de la boca se encuentra un estrechamiento a partir del cual las condiciones ambientales cambian notablemente. La humedad relativa asciende al 90% y la temperatura alcanza los 24 °C. Ese nivel de humedad ha permitido que la cavidad albergue un frágil ecosistema con invertebrados exclusivos.

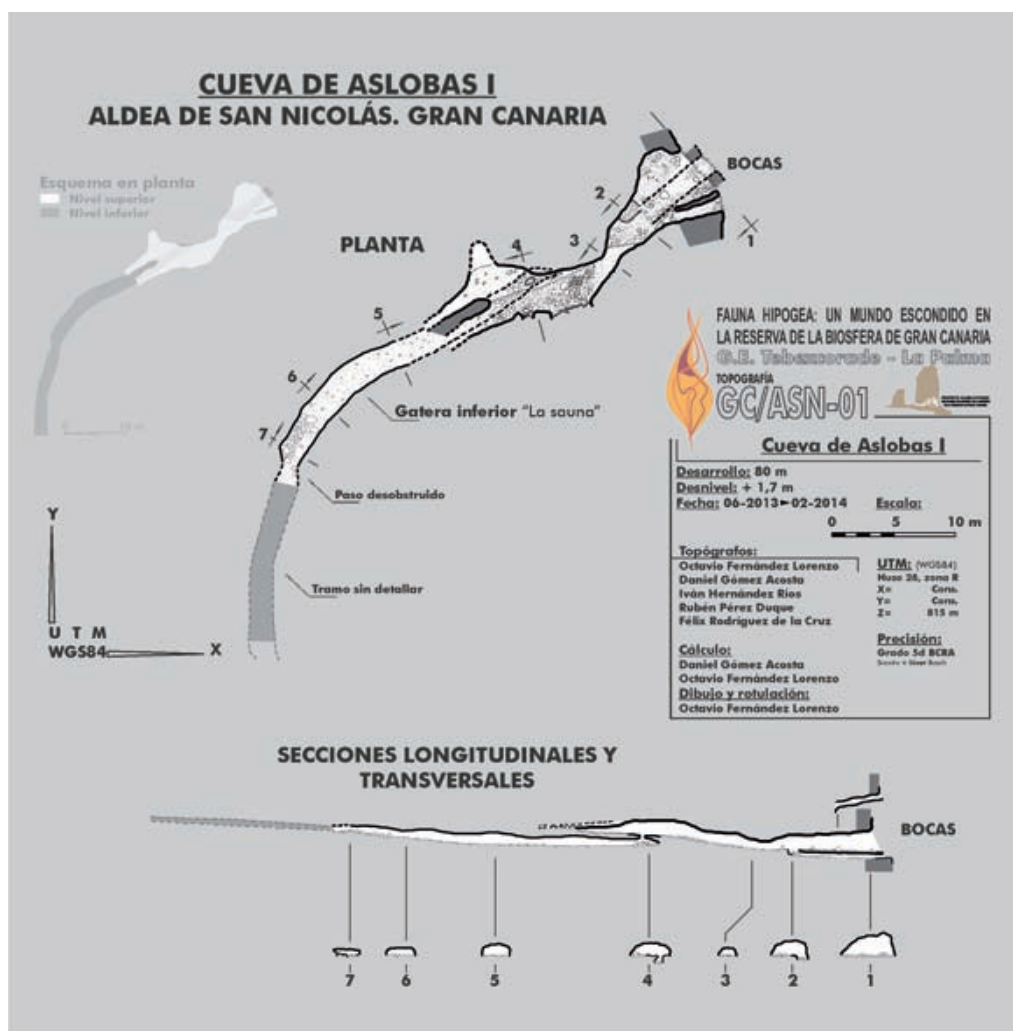


Figura 3. Topografía vigente de la C. de Aslobas. GE Tebexcorade © La Palma.

Una pequeña cucaracha despigmentada, ciega y de características marcadamente troglomorfas, fue el primer espécimen detectado. Se trata de un nuevo representante del género *Symploce*, muy adaptado al medio subterráneo, que reabre el debate sobre cuántas especies de este género coexisten en Gran Canaria (ver Naranjo et al., 2014). Actualmente, dicho género está siendo analizado genéticamente (por el equipo del Dr. J. Pestano, del Departamento de Genética de la Facultad de Veterinaria de la UPGC), lo que ayudará a esclarecer su estatus taxonómico y afinidad con otras subpoblaciones.

Pero la nueva especie de cucaracha subterránea no ha sido la única novedad. Una cochinilla de la humedad (orden Isópodos), completamente despigmentada fue identificada por el Dr. Stefano Taiti (Istituto per lo Studi degli Ecosistemi, Florencia – Italia) como una nueva especie del género *Maghreboniscus*. Solo se conocen tres especies de este género en el mundo, *M. minimus*,

M. trapezoidalis y *M. palmetensis*, todas epigeas y de asignación norteafricana (Schmidt & Leistikow, 2004). En Canarias es la primera vez que se cita esta familia (*Spelaeoniscidae*) lo que le confiere un carácter relictico que abre muchos interrogantes sobre su origen.



Figura 4. Izquierda: distintas vistas de *Maghreboniscus* n. sp. Derecha, arriba: la cucaracha, del género *Symploche*, hallada en la C. de Aslobas carece de ojos. Derecha, abajo: Prospección del sustrato de la C. de Aslobas en busca de fauna invertebrada (fotos: M. Naranjo, izquierda y derecha superior; M. González, derecha inferior).

Los restos subfósiles

Pero los secretos de la Cueva de Aslobas no se restringen al presente. Entre los sedimentos arcillosos se han encontrado restos subfósiles atribuibles a la extinta rata gigante de Gran Canaria (*Canariomys tamarani*), un roedor robusto que rondaba el kilogramo de peso (López-Martínez & López, 1987). Su pariente más cercano es la también extinta *Canariomys bravo*, de la vecina isla de Tenerife. Pero, curiosamente, los fragmentos óseos de Aslobas (un fémur incompleto y algunas piezas dentales), presentan diferencias morfológicas con *C. tamarani* y en opinión del especialista Luis Felipe López Jurado, podría tratarse de individuos con una adaptación a entornos agrestes o incluso ser una especie distinta. Actualmente dicho material paleontológico se encuentra depositado en el Museo Canario de Las Palmas de Gran Canaria.

Minerales bajo el jameo

La cavidad principal conecta con un ramal inferior, a través de un pequeño jameo, que da acceso a un tramo de tubo volcánico muy bien conservado. Se trata de una gatera de pequeñas dimensiones donde únicamente se puede avanzar de rodillas, siendo preciso reptar en algunos tramos. En el sector final de este ramal ha sido necesario realizar trabajos de desobstrucción, con lo que se ha conseguido prolongar el desarrollo practicable de la cavidad hasta los 80 m, si bien la topografía que se presenta en este trabajo no representa detalladamente los últimos 19 m hallados tras la desobstrucción. Las condiciones de trabajo



Figura 5. Izquierda: fémur de rata gigante encontrado en la C. de Aslobas. Derecha: fémur localizado en Aslobas comparado con fémur de *Canariomys tamarani* (derecha) (fotos: M. Naranjo, todas).

fueron muy duras debido a los elevados niveles de temperatura y humedad. Como media, cada espeleólogo consume un litro de agua por cada hora que pasa en ese ramal, lo que ha supuesto que sea bautizado con el explícito nombre de «La Sauna».

En esta zona de la gruta se pueden observar formaciones minerales de aspecto coraloide y fungiforme. Algunos presentan recubrimientos opacos, pudiendo tratarse de algún caso de biomineralización semejante a ópalos de otras cavidades, de tipo volcánico, como ocurre en la isla de La Palma. Otras estructuras presentan una base silicatada que podría tratarse de moganita, un mineral local descrito por primera vez en Gran Canaria.

El estudio de tubos volcánicos tan antiguos, como en el caso de la Cueva de Aslobas, es una oportunidad única para investigar los procesos de evolución e historia natural. Actualmente, expertos de diversas áreas (geología, biología, espeleología, arqueología y ecología), trabajan en esta singular cavidad con el fin de seguir profundizando en su conocimiento y, por extensión, de la génesis y evolución del Archipiélago Canario.



Figura 6. Izquierda: formaciones minerales localizadas en el ramal inferior de la C. de Aslobas (foto: S. Martín). Derecha: formaciones similares localizadas en La Palma, pendientes de análisis (foto: O. Fernández).

Agradecimientos

A María de Mar Arévalo Araya, Consejera de Medioambiente, Seguridad y Emergencias del Cabildo de Gran Canaria por financiar e impulsar el proyecto "Fauna hipogea: un mundo escondido en la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria". A los integrantes del Grupo de Montaña El Verol por informarnos sobre la existencia del tubo volcánico de Aslobas. A los compañeros del GE Tebexcorade – La Palma que han participado en las campañas de exploración y topografía. A Francisco José Pérez Torrado y Alejandro Rodríguez González por sus aportaciones y análisis en el campo geológico. A Luis Felipe López Jurado, Juan Carlos Rando y Verónica Alberto Barroso, por su ayuda en la identificación de los restos óseos. A Pedro Oromí Masoliver y Heriberto López Hernández, por sus sugerencias y aportaciones sobre fauna invertebrada. A José De León Hernández, por la inspección arqueológica y a Carlos Canella principal impulsor de este proyecto de investigación.

Referencias

Carracedo, J.C. 2011. *Geología de Canarias I*. Ed. Rueda. 398 pp.

Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J. y Guillou, H. 2006. Estudio geológico y datación de la cueva. *En La Cueva del Llano. Centro de interpretación*. Cabildo Insular de Fuerteventura, 15 pp.

López-Martínez, N. & López Jurado, L.F. 1987. Un nuevo múrido gigante del cuaternario de Gran Canaria. *Canariomys tamarani* nov. sp. (Rodentia, Mammalia). Interpretación filogenética y biogeográfica. *Doñana Acta Vertebrata*, 2, 1-66.

Naranjo, M., Martín S., Fernández, O. 2014. *De Aslobas a Fataga-Viaje al subsuelo de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria*. Ed. SEC Melansis. 60 pp.

Pérez Torrado, F.J., Cabrera, M.C., Rodríguez, A. 2011. *Geología 11. Un gigante derrotado. Paseo por las entrañas del volcán Roque Nublo*. Ed. Sociedad Geológica de España.

Schmidt, C. & A. Leistikow. 2004. Catalogue of genera of the terrestrial Isopoda (*Crustacea: Isopoda: Oniscidea*). – *Steenstrupia* 28 (1): 1-118.

Varios autores. 2004. *Enciclopedia of caves and karst sciences*. Ed. John Gunn. 1939 pp.

Webb, John A. 1979. Morphology and Origin of Holy Jump Lava Cave, South-Eastern Queensland. *Helictite. Journal of Australasian Speleological Research*. p. 65.

Yeso y cavidades: Espeleogénesis y espeleotemas

Fernando Gázquez⁽¹⁾ y José María Calaforra⁽²⁾

(1) University of Cambridge.

(2) Universidad de Almería. jmcalaforra@ual.es

Resumen

El yeso forma parte de los espeleotemas y de la roca caja de muchas cavidades. Su elevada solubilidad (10 veces mayor que la de la caliza) determina la geomorfología de las cuevas desarrolladas en roca yesífera, dando lugar a formas y espeleotemas peculiares. La espeleogénesis en yeso puede estar controlada por las características de secuencias sedimentarias en la que se desarrollan las cuevas y la presencia materiales con distinta permeabilidad. Esto fue especialmente relevante durante la evolución del karst en yesos de Sorbas (Almería, España), donde el desarrollo de la red de drenaje subterránea estuvo íntimamente ligada a la alternancia de yeso y margas de edad Messiniense. Durante la primera fase espeleogenética se formaron protoconductos debido a la disolución lenta de yeso en condiciones freáticas. Posteriormente y debido al descenso del nivel freático, se desencadenaron procesos de erosión de los materiales margosos. Este mecanismo se repitió en los distintos ciclos yeso-margas a medida que el nivel freático del acuífero fue descendiendo. Procesos de espeleogénesis subaérea, ligados a mecanismos de condensación-evaporación en condiciones vadosas han dado lugar a morfologías tipo cúpula y espeleotemas yesíferos peculiares, que aparecen generalmente en los niveles superiores del sistema kárstico. Sin embargo, la presencia de espeleotemas de yeso no está restringida a las cuevas desarrolladas en yeso. Otros mecanismos como la oxidación de sulfuros polimetálicos y H_2S pueden dar lugar a la precipitación de yeso cavidades carbonáticas. Este es el caso de los cristales de selenita de las cavidades de la mina de Naica (Chihuahua, México) y la Geoda gigante de Pulpí (Almería, España). En otras cavidades aparecen costras y rellenos yesíferos que sustituyen a los carbonatos de la roca de caja, como los observados en algunas cavidades hipogénicas de la Región de Murcia (España) o Nuevo México (EEUU). Menos abundantes son los espeleotemas de yeso generados por evaporación de fluidos marinos, descritos en algunas cuevas costeras. Los mecanismos de espeleogénesis en yeso y formación de espeleotemas yesíferos están controlados por procesos completamente distintos a los que tienen lugar en sistemas carbonáticos.

Palabras clave. Espeleogénesis, espeleotemas yesíferos, estudios paleoambientales.

Guix i cavitats: Espeleogènesis i espeleotemes

Resum

El guix forma part dels espeleotemes i de la roca caixa de moltes cavitats. La seva elevada solubilitat (10 vegades major que la de la calcària) determina la geomorfologia de les coves desenvolupades en roca guixenca, i dóna lloc a formes i espeleotemes peculiars. L'espeleogènesis en guix pot estar controlada per les característiques de seqüències sedimentàries en què es desenvolupen les coves i per la presència de materials amb permeabilitat diferent. Això va ser especialment rellevant durant l'evolució del carst en guixos de Sorbas (Almeria, Espanya), on el desenvolupament de la xarxa de drenatge subterrània va estar íntimament lligada a l'alternança de guix i margues d'edat Messiniana. Durant la primera fase espeleogenètica es van formar protoconductes a causa de la dissolució lenta del guix en condicions freàtiques. Posteriorment i a causa del descens del nivell freàtic, es van desencadenar processos d'erosió dels materials margosos. Aquest mecanisme es va repetir en els diferents cicles guix-margues a mesura que el nivell freàtic de l'aqüífer va anar descendint. Processos d'espeleogènesis subaèria, lligats a mecanismes de condensació-evaporació en condicions vadoses han donat lloc a morfologies tipus cúpula i espeleotemes guixencs peculiars, que apareixen generalment en els nivells superiors del sistema càrstic. Tanmateix, la presència d'espeleotemes de guix no està restringida a les coves desenvolupades en guix. Altres mecanismes com l'oxidació de sulfurs polimetàl·lics i H_2S poden donar lloc a la precipitació de guix en cavitats carbonàtiques. Aquest és el cas dels cristalls de selenita de les cavitats

de la mina de Naica (Chihuahua, Mèxic) i la Geoda gigante de Pulpí (Almeria, Espanya). En altres cavitats apareixen crostes i farciments guixencs que substitueixen als carbonats de la roca de caixa, com els observats en algunes cavitats hipogèniques de la Regió de Múrcia (Espanya) o Nou Mèxic (EUA). Menys abundants són els espeleotemes de guix generats per evaporació de fluids marins, descrits en algunes coves costaneres. Els mecanismes d'espeleogènesi en guix i la formació d'espeleotemes guixencs estan controlats per processos completament diferents dels que tenen lloc en sistemes carbonàtics.

Paraules clau. Espeleogènesis, espeleotemes guixencs, estudis paleoambientals.

Gypsum and cavities: speleogenesis and speleothems

Abstract

Gypsum is relatively abundant in subterranean environment, both forming part of speleothems and the bedrock of many caves. The solubility of gypsum (10 times more soluble than calcite) determines the geomorphology in gypsum caves and the genesis of peculiar speleothems. Speleogenesis in gypsum can be controlled by the presence of materials with different permeability in the stratigraphic sequence in which the cave is developed. This fact was of specially importance during the genesis of the gypsum karst of Sorbas (Almeria, SE Spain), in which the development of the subterranean drainage network was controlled by the alternation of gypsum strata and marls beds of Messinian age. During the first speleogenetic stage, proto-channels formed due to slow gypsum dissolution in phreatic conditions. Afterwards, erosion of the marls occurred when the phreatic level fell down. Both mechanisms took place at levels of depths in the karst, giving rise to characteristic cave morphology. Once the groundwater table abandoned the cave level, subaerial speleogenesis gave rise to characteristic morphologies, including cupolas, as well as gypsum speleothems. These features are controlled by condensation-evaporation mechanisms and typically occur in the upper cave levels. Nevertheless, gypsum speleothems are not restricted to gypsum cavities. Other mechanisms such as oxidation of polymetallic sulphides or H_2S can generate gypsum speleothems in limestone caves. This is the case of the giant selenite crystals of caves in the Naica mine (Chihuahua, Mexico) or the Giant geode of Pulpí (Almeria, SE Spain). Gypsum crusts and infillings appear in carbonate caves, like those observed in many cave of the Murcia Region (SE, Spain) and New Mexico (EEUU). Gypsum speleothems generated by evaporation of marine solutions are less abundant, but also described in some coastal cavities. Mechanisms producing cave gypsum speleogenesis and gypsum speleothems precipitation are controlled by mechanisms completely different to those occurred in carbonate environments.

Keywords. Speleogenesis, gypsum speleothems, paleoenvironmental studies.

Introducción

Aunque los terrenos carbonáticos han centrado la atención de la mayoría de estudios sobre sistemas kársticos y cavidades, el interés generado por el karst en yeso ha crecido exponencialmente en las últimas décadas (Klimchouk et al., 1996), en muchos casos debido a los problemas de gestión hídrica o bien a riesgos geológicos asociados a este tipo de áreas (Gutiérrez y Cooper, 2013).

La espeleogénesis en yeso comprende mecanismos que en muchos casos difieren considerablemente de los que controlan la génesis de cavidades en calizas, debido a la mayor solubilidad del yeso con respecto a la de la calcita. Por ejemplo, los procesos de evaporación-condensación juegan un papel fundamental en el desarrollo de cavidades en yeso, controlando la espeleogenesis subaérea que da lugar a formas de disolución características (Gázquez et al., 2014). Estos mecanismos también desembocan en la precipitación de espeleotemas yesíferos que aparecen en algunas cavidades. Sin embargo, este tipo de mineralizaciones secundarias son relativamente raras en cavidades de yeso y su presencia está restringida a sistemas kársticos ubicados en áreas semiáridas, donde la intensa evaporación permite la precipitación de yeso (Gázquez et al., 2011).

A diferencia de lo que se podría pensar, la presencia de espeleotemas de yeso no solo está limitada a cuevas

desarrolladas en yeso, sino que puede aparecer en cuevas carbonáticas con cierta frecuencia, tanto en forma de cristales de selenita de origen subacuático, como de concreciones yesíferas generadas en condiciones vadosas (Gázquez et al., 2011).

En el presente trabajo se hace referencia a los principales mecanismos de espeleogénesis en yeso a través de distintos casos de estudio tomados de diversas partes del mundo. En estos ejemplos aparecen morfologías subterráneas que evidencian procesos espeleogenéticos de carácter tanto subacuático como subaéreo, así como una gran variedad de espeleotemas yesíferos. Por otro lado, se describen los principales mecanismos de precipitación de espeleotemas de yeso en cavidades carbonáticas, haciendo especial hincapié en casos peculiares de espeleotemas de yeso en cavidades únicas.

Espeleogénesis en yeso

La espeleogénesis en yesos está controlada por mecanismos subacuáticos y subaéreos, muchos de los cuales han sido extensamente estudiados en el karst en yesos de Sorbas (Calaforra y Pulido-Bosch, 2003). Su geología comprende estratos de yeso de hasta 25 m de potencia y depósitos intercalados de margas, todos ellos de edad Messiniense (~6,0 Ma). Hasta 12 ciclos de yesos y margas han sido identificados (Krijgsman et al., 2001).

Las primeras fases de karstificación estuvieron relacionadas con el encajamiento de la red fluvial y la infiltración preferencial de agua meteórica a través de fracturas y diaclasas. En estas primeras etapas la disolución del yeso fue el proceso predominante. Sin embargo, el agua infiltrada pronto alcanzaba los estratos de margas relativamente impermeables de modo que el flujo vertical se vio forzado a ser horizontal. En consecuencia, el agua circulaba en el contacto entre los estratos yesíferos (a techo) y los margosos (a muro). Este hecho ha quedado reflejado en formas espeleogenéticas antigravitacionales como son los proto-conductos o “falsos canales de bóveda” (Calaforra y Pulido-Bosch, 2003) (Fig. 1).

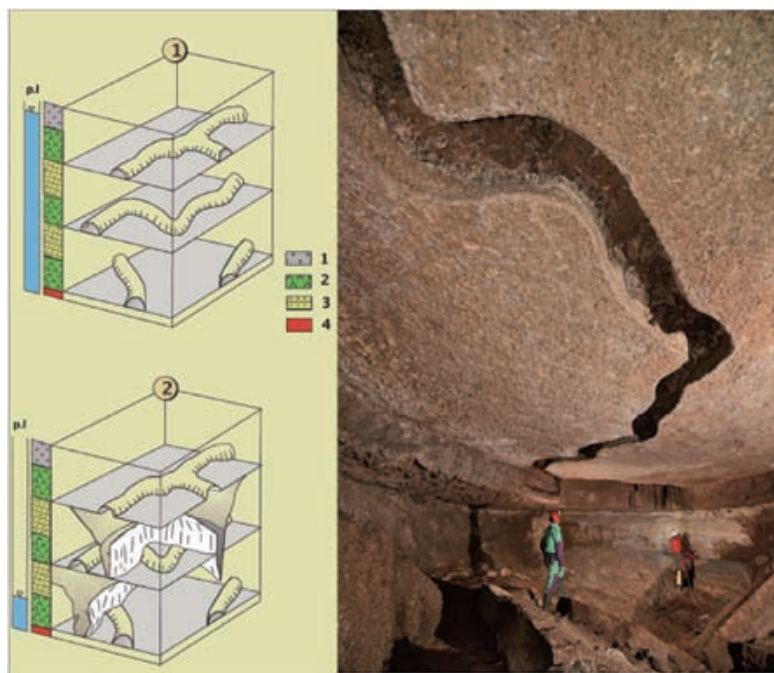


Figura 1. Esquema 3D de la génesis de las cuevas de Sorbas. Arriba: Etapa inicial de formación de protoconductos en condiciones freáticas en el contacto yeso-marga debido a la disolución del yeso; Abajo: Etapa vadosa en la que se erosionaron los estratos margosos. (1: Cobertera edáfica; 2: Yeso; 3: Margas; 4: Impermeable). Derecha: aspecto de los protoconductos y galerías del karst de Sorbas (modificado de Calaforra y Pulido-Bosch, 2003). Foto: Víctor Ferrer.

En una fase posterior y probablemente debido a un descenso del nivel base del acuífero las condiciones freáticas tomaron a vadosas. De este modo las galerías y protoconductos formados en fases previas, pasarían a estar ubicados en la franja no saturada del acuífero. En estas circunstancias, las margas que constituían el lecho de los conductos kársticos empezaron a ser erosionadas. En consecuencia el flujo de agua se encajó en los estratos margosos, profundizando en ellos, erosionándolos y aumentando el volumen de las galerías (Fig. 1). La consecuencia geomorfológica de este proceso de erosión es la típica morfología en forma de “V” que presentan la mayor parte de las galerías del karst de Sorbas (Calaforra y Pulido-Bosch, 2003). Durante esta etapa, actualmente en desarrollo, la disolución del yeso fue mínima comparada volumétricamente con la erosión sufrida por los materiales margosos intercalados.

En muchas galerías, por ejemplo las del Sistema Covadura o las de la Cueva del Yeso, aparecen techos planos que coinciden con los estratos de yeso. En muchos casos el descalce de las margas subyacentes ha provocado el desplome de bloques de yeso (Fig. 1, derecha). De esta forma, y por lo general, el techo de las galerías lo constituye el muro del estrato yesífero superior, sus paredes las conforman los interestratos margosos, mientras que en el suelo aparece los estratos yesíferos que constituyen el techo del siguiente nivel de galerías.

A medida que se avanza en las galerías se observa que su pendiente coincide en dirección y ángulo con el mismo buzamiento de los estratos, prácticamente horizontales. En las galerías, progresivamente se desarrollan meandros por circulación de agua en el techo del estrato yesífero inferior, que poco a poco gana profundidad hasta atravesar totalmente el estrato de yeso, formando un pozo vertical. En el nuevo interestrato margoso se encuentra la misma morfología de la cavidad que aparecía en los niveles superiores debido a que se generaron mediante procesos similares de disolución de yeso y erosión de estratos margosos, si bien las dimensiones de las galerías disminuyen de escala con la profundidad. Gran parte del volumen desalojado durante la génesis de las cavidades corresponde a los materiales margosos interestratificados, gracias a procesos erosivos provocados por la circulación del agua. Solo una pequeña parte de este volumen tiene su origen en la disolución del yeso que forma los pozos verticales y, en menor medida, a los canales de bóveda en el techo de las galerías originados por disolución del yeso.

Espeleotemas yesíferos en cuevas de yeso

Los espeleotemas de yeso en el karst de Sorbas son muy abundantes y diversos desde el punto de vista genético y morfológico. Tan solo en las cuevas del karst de yeso de Nuevo México (Calaforra y Forti, 1994; Doran y Hill, 1998) y algunos puntos del karst yesífero de Sicilia (Madonia y Vattano, 2011) se ha descrito tal profusión de espeleotemas de yeso subaéreos. Las estalactitas de yeso son elementos frecuentes en estas cavidades (Fig. 2 y 3A). Por lo general, el flujo que circula sobre la superficie de estos espeleotemas tiene mayor importancia que en la génesis de estalactitas carbonáticas, donde la alimentación a través del orificio central suele tener mayor relevancia. En el caso de las estalactitas de yeso, este orificio puede existir o por el contrario puede estar ausente, y en muchas ocasiones queda obstruido debido a la precipitación de yeso.

En las cuevas de Sorbas las estalactitas de yeso son muy abundantes, especialmente en el Sistema Covadura y en las galerías del Complejo GEP, por lo general en los niveles más superficiales, lo que confirma la importante conexión entre este tipo de concreciones y los procesos de evaporación, más intensa en los niveles más someros (Gázquez et al., 2011). En el caso de los espeleotemas subaéreos de las cuevas de Sorbas se han observado estalactitas cuyo crecimiento se ha ido desviando de su eje vertical. Esta morfología ha sido interpretada en relación con la dirección de los flujos de aire en el interior de la cavidad. Las zonas más “expuestas” al aire son las que sufren una mayor evaporación, por lo que el crecimiento se produce preferentemente en el sentido contrario al del flujo de aire (Gázquez et al., 2011) (Fig. 2A). Como consecuencia, las capas de crecimiento del espeleotemas se engrosarán más en esta dirección y la cánula de alimentación central queda desplazada hacia la vertiente donde el aire no impacta directamente (Fig. 2B). Este hecho

está claramente relacionado con características ambientales en el interior de las cuevas que pueden variar a pequeña escala dando lugar pequeñas diferencias de temperatura y velocidad del aire que afectan a la tasa de evaporación (Gázquez et al., 2014).

Las estalagmitas son relativamente raras en cuevas yesíferas, salvo en el caso del karst de Nuevo México o en las cavidades de Sorbas (Calaforra et al., 1992), donde las condiciones climáticas son más cálidas y secas, favoreciendo la saturación en yeso de la solución. En el karst en yesos de Sorbas además aparecen formaciones de “estalagmitas huecas” que constituyen un caso extremadamente raro de espeleotemas que también han sido descritos en las cuevas de Nuevo México (Gázquez y Calaforra, 2014). En Sorbas estos elementos aparecen en la galería de El Bosque, ubicada en el segundo nivel del Sistema Covadura. En algunos casos alcanzan más de un metro de altura y su diámetro externo es inferior a 5 cm (Fig. 3B). En otros casos sus paredes están más engrosadas en la base alcanzando hasta 15 cm de diámetro. En la mayoría de ocasiones el orificio mantiene el mismo diámetro a lo largo de toda la estalagmita, totalmente cilíndrica y sin observarse ningún tipo de ondulación. Los fenómenos de capilaridad potenciados por la intensa evaporación parecen ser los mecanismos que dan lugar a estos raros espeleotemas (Gázquez y Calaforra, 2014).

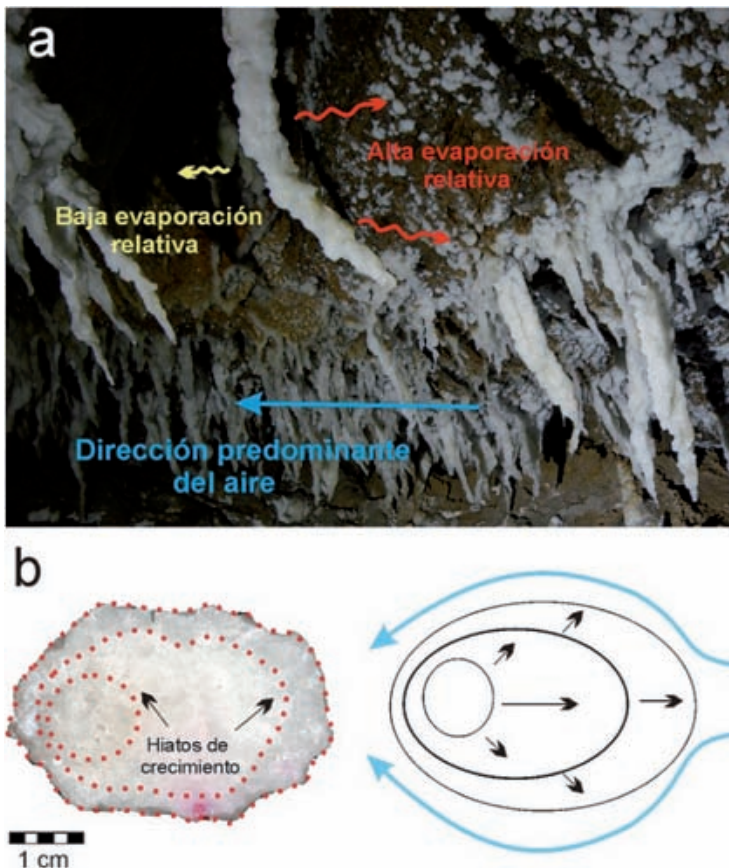


Figura 2. A. Espeleotemas yesíferos subaéreos del karst en yesos de Sorbas. La precipitación se ve favorecida en la zona de máxima evaporación, en contra de la dirección del flujo de aire; B. Corte transversal de una estalactita de yeso. La anisotropía observada en las capas concéntricas del espeleotema es especialmente destacable y está relacionada con el crecimiento que se ve favorecido en contra de la dirección del flujo de aire. Foto: Laura Sanna.

Los coraloides yesíferos también son relativamente frecuentes en Sorbas, donde aparecen en techos, paredes y suelos de algunas cavidades. En algunas galerías, como es el caso de la Galería del Bosque del Sistema Covadura, se han observado exclusivamente en las partes bajas de la galería y desaparecen en altura aproximadamente a partir de un metro y coincidiendo con la altura máxima de las estalagmitas huecas que también aparecen en esta cueva, lo cual indica que los procesos de evaporación son más intensos en las zonas más cercanas al suelo de la galería. Estudios recientes han revelado que la temperatura del aire en la zona cercana al techo de esta galería es hasta 3 °C superior a la registrada en el aire cercano al suelo (Gázquez et al., 2014). Esto indica que los procesos de estratificación térmica de las masas de aire darían lugar a que el aire frío y seco sedimentara hacia la base de la galería mientras que el aire cálido y húmedo se situara en la parte más alta. En consecuencia la evaporación se vería favorecida en las zonas cercanas al suelo facilitando la cristalización de yeso mientras que en las zonas más altas los procesos de condensación y disolución de la roca caja yesífera dan lugar a formas de disolución específicas.

Los “abetos de yeso” son otro tipo de espeleotemas poco frecuentes que se pueden encontrar en el karst de Sorbas (Fig. 3C). De forma preliminar y a falta de más estudios, la evolución de estos complejos espeleotemas podría estar relacionada con mecanismos de infiltración rápida de agua procedente de la superficie y procesos de condensación en la parte estalactítica del espeleotema que darían lugar al goteo de agua que se observa desde esa “bandeja invertida de yeso” o desde una “estalactita tipo ducha (showerhead)”. El goteo, en equilibrio con la saturación en yeso posteriormente cae sobre el “abeto”,

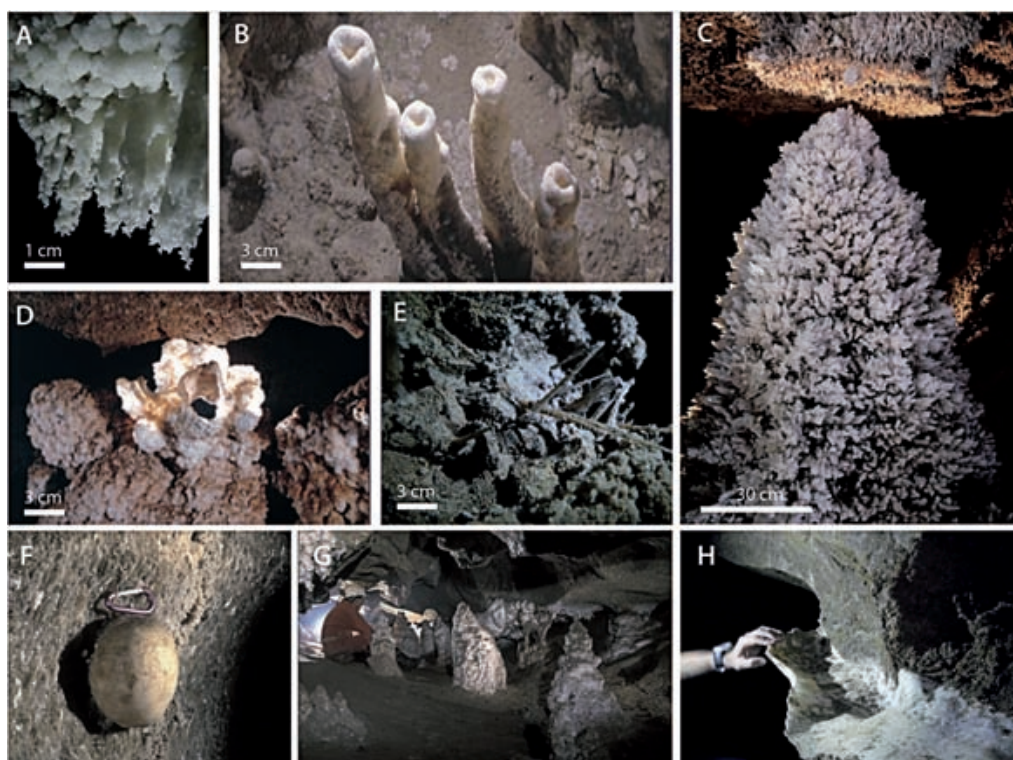


Figura 3. Espeleotemas yesíferos peculiares descritos en el karst en yesos de Sorbas. A. Estalactitas y coraloides; B. Estalagmitas huecas; C. Abetos y bandejas de yeso; D. Anillos de yeso; E. Acículas de yeso el interior de sedimentos; D. Bolas de yeso; G. Formas estalagmíticas que evolucionaron a partir de abetos de yeso; H. Costras de yeso.

donde el proceso de evaporación es predominante, la solución se satura finalmente en yeso y de este modo precipitan los cristales yesíferos en forma de coraloides. El agua evaporada asciende para volver a condensar en el techo y en la propia "bandeja de yeso" en un ciclo continuo y probablemente muy estable. Estos abetos evolucionan hacia formas estalagmiticas en muchas ocasiones (Fig. 3G).

Otros de los espeleotemas peculiares de Sorbas son los "anillos de yeso" (Gázquez y Calaforra, 2014) (Fig. 3D), estructuras yesíferas generadas por procesos de evaporación, capilaridad y condensación probablemente condicionados por movimientos de aire en el interior de la cavidad. En el caso de costras de yeso que se han identificado en la Cueva C3, la disolución de la roca caja y la migración de agua cargada en yeso disuelto dio lugar a la precipitación de yeso microcristalino en las partes bajas de la pared de la cueva, donde los procesos de evaporación son más intensos (Gázquez y Calaforra, 2014). Las "bolas de yeso" aparecen también en algunas galerías de la Cueva del Agua, Cueva del Tesoro y el Sistema Covadura (Fig. 3F). Su origen está relacionado con infiltración de agua y arrastre de materiales arcillosos en torno a los cuales precipitan capas de yeso concéntricas debido a mecanismos de evaporación.

Finalmente, cabe destacar los cristales de yeso aciculares que aparecen en muchas galerías del karst de Sorbas y siempre en el interior de sedimentos (Fig. 3E). Este tipo de cristales, que en algunos casos superan los 10 cm de longitud precipitan a partir del agua intersticial de dichos sedimentos, rica en sulfato cálcico debido al entorno yesífero mediante mecanismos de evaporación y difusión molecular que permiten la cristalización de acículas de gran tamaño en un proceso probablemente tan lento como los que generan otros espeleotemas subaéreos.

Espeleotemas yesíferos en cuevas carbonáticas

La presencia de espeleotemas yesíferos en entornos carbonáticos es más común de lo que cabría esperar. Frecuentemente, su origen está ligado a la oxidación de sulfuros metálicos (blenda, pirita, galena...) presentes en la roca caja. En consecuencia, es usual encontrar este tipo de espeleotemas en cavidades naturales en entornos ligados a la minería (García-Guinea et al. 2002) o a depósito secundarios de material clástico con alto contenido en sulfuros. La génesis de estos espeleotemas yesíferos suele relacionarse con la oxidación bioquímica de sulfuros que dan lugar a sulfatos y que dependiendo del grado de saturación y de las condiciones ambientales pueden llegar a precipitar (Douglas, 1982; Yonge y Krouse, 1987; Sancho et al., 2004). En otras ocasiones, el ataque ácido sufrido por la roca caja carbonatada debido al aumento de la acidez del medio intensifica los procesos de cavernamiento y la posterior precipitación de espeleotemas yesíferos. A este proceso se le conoce por sus siglas en inglés, SAS (Sulfuric Acid Speleogenesis) y también suele dar lugar a la precipitación de otros sulfatos polimetálicos (Forti, 2010).

Este proceso se ha descrito en las cuevas de la mina de Naica (Forti, 2010), en el sistema de Carlsbad (Douglas, 1982) y la cueva de Lechuguilla (Hill, 1987) en Nuevo México, la cueva de las Brujas en Argentina (Sancho et al., 2004), Castleguard (Canadá) (Yonge y Krouse, 1987) (Fig. 4), algunas cuevas hipogénicas de la Provenza francesa (Audra et al., 2007) o la geoda gigante de Pulpí (España) (García-Guinea et al., 2002), entre otras cavidades.

De forma general, se puede hacer una primera clasificación de los espeleotemas yesíferos atendiendo a su origen, subaéreo o subacuático, que condicionan tanto su morfología como la cristalinidad y transparencia del yeso (Gázquez et al., 2011). En el caso de los espeleotemas de yeso subaéreos, la evaporación de una solución rica en sulfato calcio da lugar a la precipitación de yeso que puede adoptar diversas morfologías en el interior de las cuevas (Hill y Forti, 1997). Existen bastantes ejemplos de este tipo de espeleotemas

yesíferos en cuevas carbonáticas a los que frecuentemente se les denomina flores o cristalizaciones de yeso, por las caprichosas formas que adoptan (Douglas, 1982; Yonge y Khouse, 1987). Otros entrarían dentro de los grupos morfológicos clásicos de estalactitas, estalagmitas, coladas y coraloides, todos ellos de génesis subaérea (Hill, 1987; Sancho et al., 2004) (Fig. 4).



Figura 4. (1): Sala Chandeliers (Los Candelabros). Grandes cristales estalactíticos de yeso por la redisolución de costra (?) (Lechuguilla Cave, Nuevo México). (2): Costra yesífera (izquierda) a escasos centímetros de una costra aragonítica (derecha), (Sima La Destapada, Cartagena). (3): Coraloides de aragonito (arriba) y gran "estalagmita" hueca de yeso (abajo) (Lechuguilla cave, Nuevo México). (4): Forma estalactítica de yeso que se introduce (sin tocarla) en una estalagmita hueca de yeso (Lechuguilla cave, Nuevo México). Fotos: 1 y 3 Lukas Plan.

Otro mecanismo que puede dar lugar a la precipitación de yeso en cuevas desarrolladas en calizas es la evaporación de fluidos de origen marino. Aunque este mecanismo ha sido poco estudiado hasta la fecha existen algunos ejemplos descritos en cavidades costeras de las Islas Baleares (Onac et al., 2005) y más reciente en la Cueva del Orón (Cartagena). En esta cavidad, el yeso aparece acompañado de halita en muchos casos, que se dispone tanto en los planos de las calizas de la roca de caja como en la parte apical de espeleotemas de yeso. La presencia de halita indica procesos de intensa evaporación de una solución rica en cloro y sodio, cuya precipitación estuvo precedida por la del yeso que es menos soluble. Datos isotópicos preliminares de estos yesos apuntan que además los aportes de sulfatos marinos, pudo haber contribuciones importantes de sulfatos procedentes de la oxidación de sulfuros diseminados en la roca de caja.

Otro grupo de espeleotemas de yeso son los de génesis subacuática, cuya precipitación se produce bajo el agua y en condiciones hidrotermales. La concentración de sulfato cálcico de la disolución cercana al equilibrio de saturación del yeso da lugar a un proceso de precipitación extremadamente lento (Forti, 2010). Como resultado de este mecanismo ordenado de cristalización, la morfología estos espeleotemas es la de cristales de gran pureza y transparencia que recibe el nombre de selenita. El tamaño de los cristales, que en ocasiones alcanzan hasta 13 m de longitud, como en el caso de la Cueva de los Cristales de Naica (Chihuahua, México) (Fig. 5A y B), depende de parámetros tales como la temperatura y el grado de saturación en yeso de la solución, así como del periodo de tiempo durante el cual se produce la cristalización (Forti, 2010).



Figura 5. Cristales gigantes de yeso en la Cueva de los Cristales (A) y la Cueva de las Espadas de Naica (Chihuahua, México) y en la geoda gigante de Pulpí (Almería, España). Fotos: A y B gracias a Speleoresearch and Films y La Venta Team; C gracias a Jabier Les.

Aunque el ejemplo más relevante a escala mundial de este tipo de espeleotemas es el complejo de cavidades de Naica (Chihuahua, México) (Forti, 2010; Gázquez et al., 2012a,b), existen otros emplazamientos donde se han descubierto cavidades con grandes cristales de selenita, es el caso de la mina de El Teniente (Rancagua, Chile) (Klemm et al., 2007) o de la Geoda gigante de yeso en la mina del Pilar de Jaravía (Pulpí, España) (García-Guinea et al., 2002) (Fig. 5C).

Además de los grandes cristales de yeso selenítico, el yeso hidrotermal puede aparecer en forma de costras de alteración generadas por un proceso de sustitución del carbonato de la roca de caja por yeso debido a la acción corrosiva de aguas con alto contenido en ácido sulfúrico. La alta concentración de sulfato y de calcio debido a la disolución de la roca de caja provocan la saturación en yeso de la solución que conlleva la precipitación del mineral en forma de costras sobre las paredes de la cueva, y en ocasiones rellenando oquedades. Este tipo de costras se han descrito en Lechuguilla y Carlsbad (Douglas, 1982; Hill, 1987) entre otras cavidades, y más recientemente en algunas cavidades hipogénicas de la Región de Murcia, como Sima Destapada (Cartagena) (Fig. 2) o la Cueva del Puerto de Calasparra.

Conclusiones

La precipitación de yeso aparece ligada a los procesos de karstificación con más frecuencia de lo que comúnmente se piensa.

No solo las cavidades en yeso son entornos válidos para la precipitación de espeleotemas yesíferos sino que, incluso se podría decir que los ejemplos de karst en yeso con profusión de espeleotemas yesíferos están muy limitados a escala mundial. En este sentido, para que se produzca precipitación yesífera en cavidades de yeso son necesarias condiciones climáticas específicas y cercanas a la extrema aridez del entorno (karst yesífero de Nuevo México y karst de Sorbas). Por el contrario, en karsts en yeso sometidos con abundante agua disponible y coberteras edáficas importantes la precipitación de yeso se minimiza.

En las cavidades en karst carbonáticos también son frecuentes los espeleotemas yesíferos. En estos casos, la presencia de yeso espeleotémico, es indicativa de la acción de procesos muy peculiares como la presencia de ácidos distintos del ácido carbónico como actores de la karstificación. Posiblemente los espeleotemas más espectaculares de yeso se encuentren en este tipo de cavidades como en el caso de Lechuguilla (Nuevo México, USA), Naica (México), Pulpí (Almería) o la Destapada (Murcia).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los fondos del Grupo de Recursos Hídricos y Geología Ambiental de la UAL. Agradecemos la gran ayuda prestada por las asociaciones La Venta Esplorazione Geografiche y el Centro de Estudios de la Naturaleza y el Mar (Murcia).

Referencias

- Audra, Ph., Hoglea, F., Bigot, J.Y., Nobécourt, J.C., 2007. The role of condensation in thermal speleogenesis: Study of a hypogenic sulfidic cave in Aix-les-Bains, France. *Acta Carsologica* 36, 185-194.
- Calaforra, J.M., Forti, P., Pulido-Bosch, A. 1992. Nota preliminar sobre la influencia en la evolución espeleogénica de los yesos con especial referencia a los afloramientos kársticos de Sorbas (España) y de Emilia Romagna. *Espeleotemas*. 2: 9-18.
- Calaforra, J.M., Forti, P. 1994. Two new types of gypsum speleothems from New Mexico: gypsum trays and gypsum dust. *National Speleological Society Bulletin*. 56(1): 32-37.

- Calaforra, J.M., Pulido-Bosch, A. 2003. Evolution of the gypsum karst of Sorbas (SE Spain). *Geomorphology*, 50: 173–180.
- Doran, L.M., Hill, C.A. 1998. Gypsum trays in Torgac Cave, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60(1): 39-43.
- Douglas, W.K. 1982. Origin of gypsum deposits in Carlsbad Caverns, New Mexico. *New Mexico Geology*, 20-21.
- Forti, P., 2010. Genesis and evolution of the caves in the Naica mine (Chihuahua, Mexico). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 54(2), 115-135.
- García-Guinea, J., Morales, S., Delgado, A., Recio, C. y Calaforra, J.M., 2002. Formation of gigantic gypsum crystals. *Journal of the Geological Society*, 159, 347-350.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Sanna, L. and Forti, P. 2011. Espeleotemas de yeso: ¿Un nuevo proxy paleoclimático? *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, 105 (1-4), 15-24.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Forti, P., Rull, F. y Martínez-Frías, J. 2012a. Gypsum-carbonate speleothems from Cueva de las Espadas (Naica mine, Mexico): mineralogy and palaeohydrogeological implications. *International Journal of Speleology*, 41 (2), 211-220.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Stoll, H., Sanna, L., Forti, P., Lauritzen S-E., Delgado, A. y Martínez-Frías, J. 2013b. Isotope and trace element evolution of the Naica aquifer (Chihuahua, Mexico) over the past 60,000 yr revealed by speleothems. *Quaternary Research*, 80, 510–521.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M. 2014. The Gypsum Karst of Sorbas, Betic Chain. In: Gutierrez, F., Gutierrez, M (Eds.), *Landscapes and Landscapes of Spain*, Springer, Berlin, pp. 127-135.
- Gázquez F, Calaforra JM, Forti P, De Waele J, Sanna L. 2014. The role of condensation in the evolution of dissolutional forms in gypsum caves: study case in the karst of Sorbas (SE Spain). *Geomorphology*, 229, 100-111.
- Gutiérrez F, Cooper AH (2013) Surface morphology of gypsum karst. In: Frumkin A (ed) *Treatise on geomorphology. Karst geomorphology*, vol 6. Elsevier, San Diego, pp 425–437
- Hill, C.A. 1987. *Geology of Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas*. New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources. 117.
- Hill, C.A. y Forti, P., 1997. *Cave minerals of the World 2*. National Speleological Society, Huntsville. 461 pp.
- Klemm, L.M., Pettke, T., Heinrich, C.A. 2007. Hydrothermal evolution of the El Teniente deposit, Chile: Porphyry Cu-Mo ore deposition from low-salinity magmatic fluids. *Economic Geology*, 102(6): 1021-1045.
- Klimchouk, A.B., Forti, P., Cooper, A. 1996. Gypsum karst of the World: a brief overview. *International Journal of Speleology*, 25 (3-4): 159-181.

Krijgsman, W., Fortuin, A.R., Hilgen, F.J., Sierro, F.J. 2001. Astrochronology for the Messinian Sorbas basin (SE Spain) and orbital (precessional) forcing for evaporite cyclicity. *Sedimentary Geology*. 140: 43-60.

Madonia, G, Vattano, M. 2011. New knowledge on the Monte Conca gypsum karst system (central-western Sicily, Italy). *Acta Carsologica*. 40(1): 53-64.

Sancho, C., Peña, J.L., Mikkan, R., Osácar, C., Quinif, Y. 2004. Morphological and speleothemic development in Brujas Cave (Southern Andean Range, Argentina): palaeoenvironmental significance. *Geomorphology*. 57(3-4): 367-384.

Onac, B.P., Fornos, J.J., Gines, A, J., Gines, J., 2005. Mineralogical reconnaissance of caves from Mallorca Island. *ENDINS*. 27, 131-140.

Yonge, C.J., Krouse, H.R. 1987. The origin of sulphates in Castleguard Cave, Columbia Icefields, Canada. *Chemical Geology*. 65 (3-4): 427-433.

El sistema càrstic dels Uelhs deth Joeu (val d'Aran): origen de la Garona

Antoni Freixes^(1,2), Manel Monterde⁽³⁾, Joan Ramoneda⁽⁴⁾ i Josep M. Cervelló⁽⁵⁾

(1) Kras, Laboratori d'hidrologia.

(2) Avda. Barberà n° 302 C. P. 08203 Sabadell (Spain) freixesantoni@gmail.com

(3) C. Felipe II n° 18, 1°-16 C. P. 30877 Bolnuevo-Mazarrón (Spain) mmonterde@gmail.com

(4) C. Sant Josep n° 9 C. P. 08230 Matadepera (Spain) joan@probodelt.com

(5) C. Sant Pere n° 20 C. P. 08830 Sant Boi de Llobregat (Spain) jmcervello@gmail.com

Resum

El sistema dels Uelhs deth Joeu, que es desenvolupa de la vall de l'Éssera a la de Joeu, constitueix l'aportació d'origen subterrani més significativa de la Garona aranesa i un dels exemples més importants i interessants de captura càrstica que és possible observar a la serralada dels Pirineus. A partir d'aquest fenomen de captura les aigües mediterrànies de l'alta vall de l'Éssera passen al vessant atlàntic i constitueixen l'origen de la Garona. Les altes valls de Joeu i del Nere també formen part del sistema de Joeu. El sistema implica les màximes alçades dels Pirineus (Aneto -3404 m- i el vessant septentrional de la Maladeta) i en conseqüència, en són tributaries les conques superficials situades a major altitud de la serralada: torrents d'Aigualluts i de la Renclusa (forats o pèrdues d'Aigualluts i de la Renclusa). La seva aportació hídrica és considerable amb volums anuals que poden ser superiors als 50 hm³. L'anàlisi de les respostes naturals del sistema a la ressurgència dels Uelhs deth Joeu (cabal, temperatura i conductivitat) indiquen que les reserves dinàmiques no són molt importants, però sí les reserves nivals situades a la part alta del sistema com ho il·lustra l'anàlisi correlatori i espectral. El sistema, que presenta un esquema binari molt marcat, observa una estructura de drenatge ben desenvolupada com ho indiquen les experiències amb traçadors i les respostes tèrmiques i químiques. La primera part d'aquesta ponència estableix una cronologia del coneixement històric fins els treballs més recents i la segona sintetitza els resultats de les recerques hidrològiques experimentals realitzades aquests darrers anys.

Paraules clau. Uelhs deth Joeu, Val d'Aran, Història, Hidrologia experimental, origen de la Garona.

El sistema kárstico de los Uelhs deth Joeu (Valle de Arán): origen del Garona

Resumen

El sistema de Uelhs deth Joeu, que se extiende del valle del Éssera al de Joeu, constituye la aportación de origen subterráneo más significativa del Garona aranes y uno de los ejemplos de captura cárstica más importantes que es posible observar en la cordillera de los Pirineos. A partir de este fenómeno de captura las aguas mediterráneas del alto valle del Éssera pasan a la vertiente atlántica y constituyen el origen del río del Garona. Los altos valles de Joeu y Nere también forman parte del sistema de Joeu. El sistema implica las máximas altitudes de los Pirineos (Aneto -3404 m- i la vertiente septentrional de la Maladeta) y, en consecuencia, le son tributarias las cuencas superficiales situadas a mayor altitud de la cordillera: torrentes de Aigualluts y de la Renclusa (pérdidas de Aigualluts y de la Renclusa). Su aportación hídrica es considerable, con volúmenes anuales que pueden ser superiores a 50 hm³. El estudio de las respuestas naturales del sistema en la resurgencia de Uelhs deth Joeu (caudal, temperatura y conductividad) indican que las reservas dinámicas

no son muy importantes, pero sí lo son las reservas navales situadas en la parte superior del sistema, como lo ilustra el análisis correlatorio y espectral. El sistema, que presenta un esquema binario muy marcado, observa una estructura de drenaje bien desarrollada como lo indican las experiencias con trazadores y las respuestas térmicas y químicas. La primera parte de esta ponencia establece una cronología del conocimiento histórico hasta los trabajos más recientes y la segunda sintetiza las investigaciones hidrológicas experimentales realizadas estos últimos años.

Palabras clave. Uelhs deth Joeu, Valle de Arán, Historia, Hidrología experimental, origen del Garona.

The karstic system of Uelhs deth Joeu (Aran valley): origin of Garonne

Abstract

The system of Uelhs deth Joeu, which is developed from the valley of Éssera to the valley of Joeu constitutes the most significant contribution of underground origin and it is one of the most important and interesting examples of karstic capture observable in the Pyrenees. From this phenomenon of capture the Mediterranean waters of the high valley of Éssera go to the Atlantic side and constitute the origin of the Garona. The high valleys of Joeu and of Nere are also a part of Joeu's system. The system involves the highest points of the Pyrenees' mountains (Aneto -3404 m and the northern side of Maladeta) and, consequently, it disembogues to the overground basin situated at the highest altitude of the mountain range: stream of Aigualluts and of Renclusa (holes or losses of Aigualluts and Renclusa). Its hydric contribution is important with quantities often superior to 50 hm³ per year. The analysis of the system's natural responses in the resurgence of Uelhs deth Joeu (flow, temperature and conductivity) show that dynamic reserves are not very important, however, the nival reserves situated at the top of the system are extremely important as specified in the spectral analysis. The system, which shows a really strong binary scheme, observes a drainage structure properly developed as indicated by the plotters and by thermal and chemical responses. The first part of this lecture establishes a chronology of historical knowledge until the most recent researches; the second part synthesizes the results of the hydrogeological experimental researches realized over the recent years.

Keywords. Uelhs deth Joeu, Aran Valley, History, experimental Hydrology, Garona origin.

Breu història del coneixement del sistema càrstic dels Uelhs deth Joeu

Els treballs de l'enginyer sienès Tiburzio Spannocchi (1594) constitueixen la primera referència documentada sobre l'aqüífer de Joeu. Aquest autor defineix de manera intuïtiva i encertada, tant a la seva cartografia com en els textos complementaris, que les aigües de l'engolidor d'Aigualluts alimenten la ressurgència dels Uelhs deth Joeu. Després d'Spannocchi hi ha un marcat buit d'informació de quasi 200 anys fins que es publiquen els primers treballs de Louis Ramond de Carbonnières (1789). Aquest autor, recollint la tradició popular i després d'una exploració al massís de la Maladeta, l'estiu de 1787, passa pel Forat d'Aigualluts i el relaciona amb la surgència de l'Artiga de Lin (Artiga Telline, en el text en francès). És especialment remarcable que, quatre dècades més tard, el geòleg anglès Charles Lyell (1830), pare de la geologia moderna, en les seves observacions als Pirineus Centrals també es refereixi al Forat d'Aigualluts com l'origen d'un curs subterrani a les calcàries devonocarboníferes. Així ho explicita en el tall que realitza dels Aigualluts a l'Artiga de Lin (Uelhs deth Joeu). En aquella època, començaments i mitjans del segle XIX, i al voltant de l'estació balneària de Banheres de Luison, s'inicia la descoberta excursionista del massís de la Maladeta, amb l'ajut de guies

locals, caçadors i coneixedors del terreny que porten els seus clients, a través del port de Benasc, a escalar els diferents cims del massís, culminant, el juliol de 1842 amb la conquesta de l'Aneto, el cim més alt del sector i de tota la serralada pirinenca. També per part catalana, des de la mateixa estació termal de Banhères i des de l'Artiga de Lin (Val d'Aran) es participa d'aquest moviment pirinenc, que té com a figura pionera l'enginyer Juli Soler Santaló, fotògraf, impulsor del refugi de la Renclusa i de l'estació meteorològica de Vielha i autor de la guia de la Vall d'Aran (1906), on es fa ressò de la controvèrsia sobre els orígens de la Garona. Fruit d'aquest saber excursionista és el poema Canigó de Jacint Verdaguer, considerat un veritable poema geològic sobre els Pirineus. Verdaguer, excursionista, soci del CEC i molt interessat per les ciències de la terra i l'astronomia, fa algunes excursions des de Banhères de Luison i des de la val d'Aran durant els anys 1882 i 1883. Amb el guia aranès Anton Calvetó puja l'Aneto, aquest guia després acompanyaria Lluís Marià Vidal fins al Forat d'Aigualluts des de l'Artiga de Lin. Pel que fa al tema que ens ocupa, a Canigó (1884), cant IV "La Maleïda", diu, referint-se al Massís de la Maladeta: "Dels rius Garona i Éssera sa gran gelera és mare".

Tota la literatura pirinenca del moment: Chausenque (1834), Tchihatcheff (1842), Joanne (1858), Trutat (1876), Russell (1878), etc., manté les tesis de Carbonnières sobre les aigües de les glaceres de la Maladeta i l'origen de la Garona, però Émile Belloc, tolosà, expert en la hidrografia pirinenca, dubta d'aquesta relació i l'any 1896 es proposa refutar-la amb una coloració de les aigües d'Aigualluts, abocant-hi fucsina. No és la primera vegada que s'intenta un traçat d'aquest engolidor; Joanne (1858) cita una experiència anterior amb serradures. Convida a acompanyar-lo als espeleòlegs Armand Viré i E.A. Martel, que excusen la seva participació (Martel està en aquells moments en la seva novena campanya estival a Mallorca i de retorn a Catalunya coneixerà, en una delegació del CEC que l'acompanya per diverses cavitats, en Norbert Font i Sagué, cosa que significarà el naixement de l'espeleologia catalana). Després de calcular un cabal de 4.481 litres per segon, Belloc aboca 15 litres de fucsina, mentre 40 persones situades al llarg del riu Joeu, a l'Artiga de Lin, observen les aigües que, en tot el dia no presenten cap senyal de coloració. L'any següent, el setembre de 1897, Belloc torna al Forat d'Aigualluts per a una nova experiència, després de les crítiques al poc volum de colorant abocat. Aquesta vegada el colorant és fluoresceïna i Belloc hi afegeix un centenar de petits flotadors fets amb uns tubs pintats amb les banderes francesa i espanyola, hermèticament segellats i amb una carta postal embolicada dins. Tampoc apareix cap senyal del traçat als Uelhs deth Joeu i, encara que ho tornarà a intentar el 1900, ja deixa per establert que no hi ha relació entre el Forat d'Aigualluts i els Uelhs deth Joeu. La publicació d'aquests resultats fa que alguns geòlegs, com en Lluís Marià Vidal donin per bona la prova i modifiquin la seva posició. Aquest fet provoca una polèmica dins la escola de geologia catalana que s'exemplifica en la controvèrsia a les pàgines de la Geografia General de Catalunya, dirigida per Francesc Carreras Candi i que es comença a editar a partir de 1908. Mentre Lluís Marià Vidal al capítol d'hidrologia subterrània dona per provada la no relació hidrogeològica de les aigües del massís de la Maladeta amb la conca aranesa de la Garona, Marià Faura i Sans, llavors un jove estudiant, en el capítol d'espeleologia, manté que les aigües que desapareixen pel Forat d'Aigualluts reapareixen als Uelhs deth Joeu. Aquesta opinió, Faura Sans la manté en un seguit de publicacions entre 1908 i 1932, utilitzant l'estratigrafia per a justificar una disposició geològica favorable a la captura càrstica. En el Congrés Internacional de Geologia de 1926, condueix una excursió des de l'Artiga de Lin a la Maladeta i exposa l'opinió que serien necessaris un mínim de 17 kg de fluoresceïna per a demostrar l'existència del trascolament entre les conques de l'Éssera i la Garona. L'estiu de 1931, Norbert Casteret, amb l'ajut econòmic d' E. A. Martel i sota les seves indicacions, transporta clandestinament, des de Banhères de Luison, 60 kg de fluoresceïna que és abocada al Forat d'Aigualluts, aconseguint la coloració del riu Joeu i de tota la Garona, des de les Bordes a més enllà de la frontera. La prova ha estat espectacular i irrefutable, donant per tancada tota polèmica, però la delimitació de la conca encara presenta incògnites, ja que hi ha altres engolidors implicats. Martel, a les Abîmes (1894) dona per bona la idea exposada per Trutat (1876) que així com el Forat d'Aigualluts és la pèrdua que reapareix als Uelhs deth Joeu, el Forat de la Renclusa forma un curs subterrani que reapareix a la vall de l'Éssera.

Els geòlegs del carst i els espeleòlegs catalans, després de Faura i Sans i durant molts anys, ja no tracten el tema sinó és de manera lleugera com Noël Llopis Lladó a la guia cartogràfica del mapa La Maladeta-Aneto de l'editorial Alpina, l'any 1958. D'aquesta època cal ressenyar el treball de Lizaur (1951) sobre les connexions entre les capçaleres dels rius Éssera i Garona.

L'aportació de l'escola holandesa de geologia (Institut de Geologia de Leiden) al coneixement dels Pirineus Centrals ha estat molt important. A partir dels primers treballs (de Sitter, 1954; Zwart, 1958) es desenvoluparen tot un seguit de recerques que van més enllà dels estudis estrictament geològics; és el cas dels treballs de Kleinsmiede (1960) que ja refereix els exemples més significatius d'aqüífers càrstics de la val d'Aran i aporta un interessant inventari de punts d'aigua subterrània i de morfologies càrstiques però, sobretot, el treball més rellevant és deu a Rijckborst (1967), que constitueix una interessant contribució a la quantificació de la hidrologia aranesa (clima, meteorologia, precipitació, evaporació, escorrentia superficial, glaceres i balanç hidrològic) i a la definició dels sistemes càrstics més importants: Joeu, Lastoar, Tèrme-Pila i Aigüeira (Ruda).

A partir del anys 70 s'inicien a l'alt Éssera recerques sobre els fenòmens càrstics i la seva hidrologia, particularment al sistema càrstic d'Alba, tributari de l'Éssera, situat també a les calcàries devonocarboníferes que formen part de l'aureola metamòrfica dels granitoides de la Maladeta (Espeleo Club Sabadell, 1970). Posteriorment a la dècada dels 80 (Cervelló et al., 1982) i principalment dels 90, es desenvolupen recerques hidrogeològiques des del Servei Geològic de Catalunya (Freixes et al., 1991, 1993, 1996; Cervelló i Freixes, 1992). Així, novament l'escola catalana de geologia, dona un impuls important al coneixement de la hidrologia càrstica de l'alt Éssera i Val d'Aran. És precisament en la dècada dels 90 que s'equipen els diferents aquífers amb instrumental de control continu: cabal, temperatura, conductivitat, radioactivitat... L'elaboració de les dades aportades per l'equipament instrumental dels diferents sistemes càrstics determina un salt qualitatiu en el seu coneixement (Freixes et al., 1998a). La metodologia parteix d'una nova concepció de les Ciències de la Terra amb nous pressupòsits epistemològics que es fonamenten en l'anàlisi de sistemes, la recerca experimental i explícitament en la interdisciplinarietat i la transdisciplinarietat (Humbert, 1979; Walliser, 1977; Kline, 1995) i incorporen l'experiència metodològica desenvolupada al Laboratori Subterrani de Moulis (CNRS, França) (Mangin, 1975; Bakalowicz, 1979; Andrieux, 1978; Rouch, 1978; Bakalowicz i Mangin, 1980). En el marc d'aquest nou impuls s'analiza l'origen de la Garona i la significació de les diferents aportacions d'origen subterrani de l'Aran i particularment el paper i la importància de sistema càrstic de Joeu. Els resultats experimentals obtinguts en els exemples aranesos i de manera especial el carst de Joeu es presenten a la Universitat d'Un Jour a Saint Bertrand des Comminges (Commemoració del Centenari de Norbert Casteret, 1897-1987) (Freixes et al., 1999). La temperatura com a marcador hidrogeològic i indicador del grau d'evolució i el concepte de potencial de carstificació són analitzats en els diferents aquífers càrstics aranesos (Freixes et al., 1998b, 1998c). Així mateix, es participa en el programa europeu: Acció Cost 620 i s'apliquen metodologies de cartografia hidrogeològica i de vulnerabilitat als aquífers de Joeu i Aigüeira (Monterde, 1998a i 1998b). Els aquífers aranesos: Joeu, Lastoar, Tèrme-Pila i Aigüeira (Ruda) i els de l'alta conca del Llobregat i Segre formen part d'una monografia recent que sintetitza els resultats hidrològics experimentals més interessants: cabal, temperatura i geoquímica de l'aigua (Freixes, 2014).

El sistema càrstic dels Uelhs deth Joeu

Característiques físiques

El carst de Joeu es desenvolupa des de l'alta vall del riu Éssera a l'Artiga de Lin on hi ha els Uelhs deth Joeu que defineixen la descàrrega del sistema; les altes valls del Nere i Joeu també formen part de la conca càrstica.

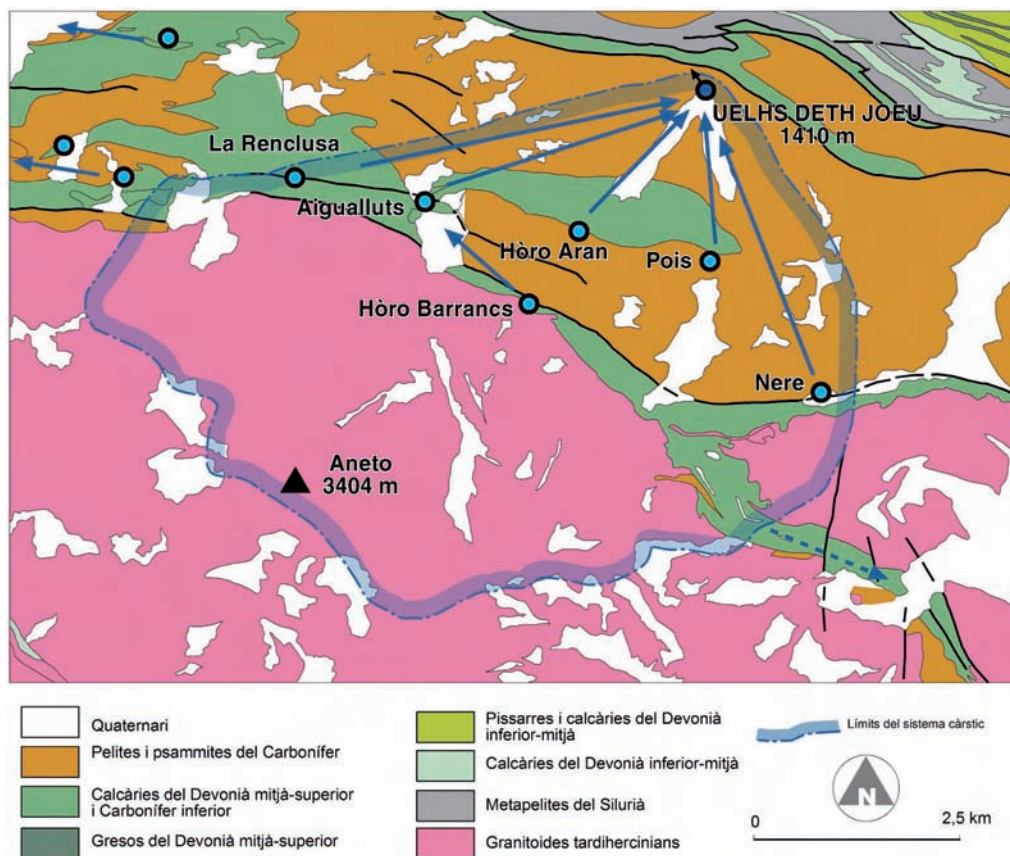


Figura 1. Mapa geològic i hidrogeològic del sistema dels Uelhs deth Joeu.

El relleu més elevat dels Pirineus forma part del sistema (vessant septentrional de la Maladeta –Aneto, 3404 m–) i, en conseqüència també en formen part els sistemes hidrològics situats a major altitud: riu d'Aigualluts i barranc de la Renclusa que alimenten els engolidors dels Aigualluts i de la Renclusa.

Els materials implicats en el sistema són del Devonian i Carbonífer i d'una manera molt important els granitoides tardihercinians del batòlit de la Maladeta (figures 1 i 2).

En el límit septentrional, associats a l'encavalcament del Port de la Picada hi ha els materials del Silurià i Cambroordovicià, que segurament també constitueixen el límit inferior de l'aquífer.

Els materials en què es desenvolupa l'aquífer de Joeu són les calcàries metamòrfiques del Devonian i Carbonífer inferior (Kleinsmiede, 1960; Garcia-Sansegundo, 1992). Del Carbonífer també cal destacar els materials metapsamítics i metapelítics de la fàcies Culm, que confinen l'aquífer. El sistema, en el context de les grans unitats estructurals dels Pirineus, se situa a la unitat o mantell d'Orri, però més concretament es troba al Sinclinari del Pla d'Estany que es desenvolupa entre el batòlit de la Maladeta (falla de la Maladeta) i l'encavalcament del Port de la Picada.

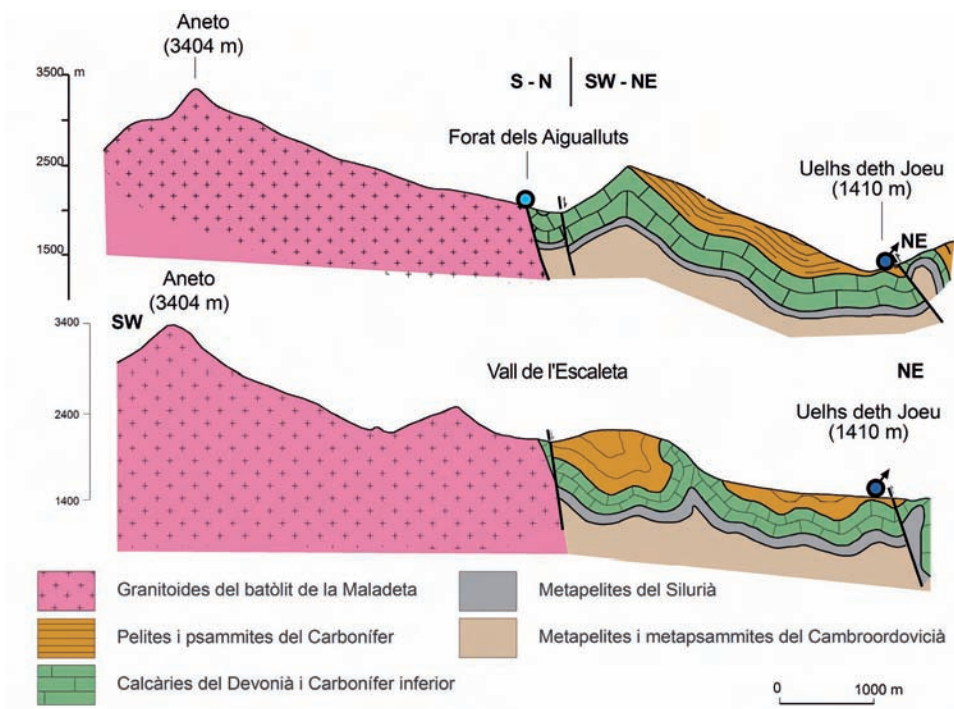


Figura 2. Talls geològics i hidrogeològics del sistema càrstic de Joeu.

L'extensió del sistema és aproximadament de 48.1 km² i la de la conca de 30 km².

La importància dels granitoides i dels materials psammitics i pelítics del Carbonífer a la conca del sistema determina una estructura marcadament binària: és a dir, el 86.3% de la conca està constituïda per materials impermeables, mentre que els afloraments calcaris són, solament, el 13.7%.

A la conca hi ha les glaceres de circ més importants dels Pirineus, ara en forta regressió pel canvi climàtic, el mantell nival presenta un desenvolupament molt important i la seva evolució al llarg del cicle hidrològic determina algunes de les característiques més significatives del funcionament del sistema. El mòdul de precipitació a les parts altes del relleu pot assolir valors superiors als 2600 mm.

Hidrodinàmica

L'estudi s'ha realitzat a partir dels hidrogrames de la pèrdua dels Aigualluts i de la ressurgència dels Uelhs deth Joeu (figures 3, 4, 5, 6, 7 i 8).

Ambdós hidrogrames mostren les característiques pròpies d'un sistema de funcionament permanentment influenciat amb un marcat període d'aigües altes de caràcter estacional que s'origina com a conseqüència de la important aportació hídrica que es produeix als diferents engolidors a partir de la fusió del mantell nival. Al sistema de Joeu el període d'aigües baixes (tendència a l'esgotament) es produeix a l'hivern, mentre que el període de cabals més elevats és propi de la primavera-estiu.

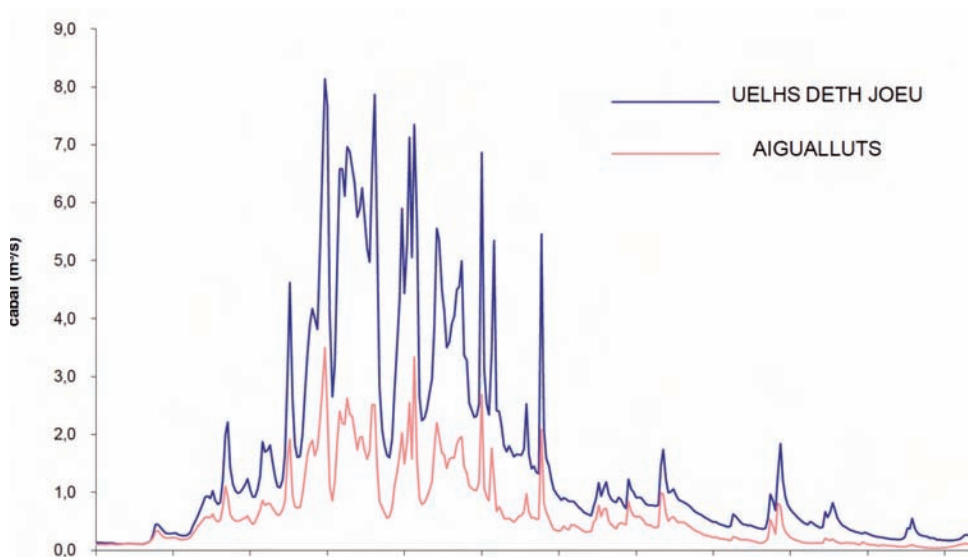


Figura 3. Hidrogrames dels Aigualluts i Uelhs deth Joeu.

Als Uelhs deth Joeu, el cabal mig és d'1.58 m³/s, el màxim d'uns 10 m³/s i el mínim de 0.25 m³/s.

L'aportació hídrica anual o volum de transit és de 50 hm³ o superior i el dinàmic, calculat per aproximació, donat el caràcter permanentment influenciat del sistema, es d'1 a 2.7 hm³. La classificació segons els index "i" i "k" (Mangin, 1975, 1994) situa el sistema de Joeu en el grup III, que defineix els carsts amb una major carstificació aigua amunt que aigua avall. Així mateix, la classificació indica una capacitat de regulació limitada (vegeu Freixes, 2014).

Els correlogrames del forat d'Aigualluts i dels Uelhs deth Joeu indiquen un efecte de memòria important, entre 53 i 57 dies. I el mateix succeeix amb el tractament espectral que indica que els temps de regulació són importants: 49 i 50 dies. El correlograma creuat posa en evidència les diferències en el funcionament de l'aqüífer segons si es parteix de les dades hivernals (baix cabal): correlació màxima de 0.43 i un desfasament de 14 hores o bé de la primavera (cabals elevats): correlació màxima de 0.98 i un desfasament inferior a 4 hores (figura 9).

Les experiències amb traçadors han estat una aproximació recurrent al coneixement del sistema. Particularment amb l'objectiu de demostrar que les aigües de l'alta conca del riu mediterrani Éssera, com a conseqüència dels fenòmens de captura (Aigualluts i Renclusa), passen a la conca atlàntica. Així mateix, hi ha les pèrdues situades a les altes conques de Joeu i Nere (Aran, Pois i Nere) que formen part del vessant atlàntic. Aquests conjunt de pèrdues, com ho han demostrat els traçats històrics i recents, alimenten aigua avall la ressurgència dels Uelhs deth Joeu, origen del riu Joeu i de la Garona.

Les experiències amb fluoresceïna realitzades als Aigualluts donen un temps de trànsit (temps modal) al voltant de les 14 hores en situació de fort cabal (primavera-estiu) i de 212 hores a l'hivern. Aquestes experiències indiquen l'existència d'una estructura de drenatge ben desenvolupada (Freixes, 2014)



Figura 4: Engolidor d'Aigualluts



Figura 5. Panoràmica del Forat d'Aigualluts i Aneto.



Figura 6. Ressurgència dels Uelhs deth Joeu (Artiga de Lin).



Figura 7. Buidat de les dades de cabal, temperatura i conductivitat de l'estació dels Uelhs deth Joeu



Figura 8. Mantell nival (pic d'Aigualluts).

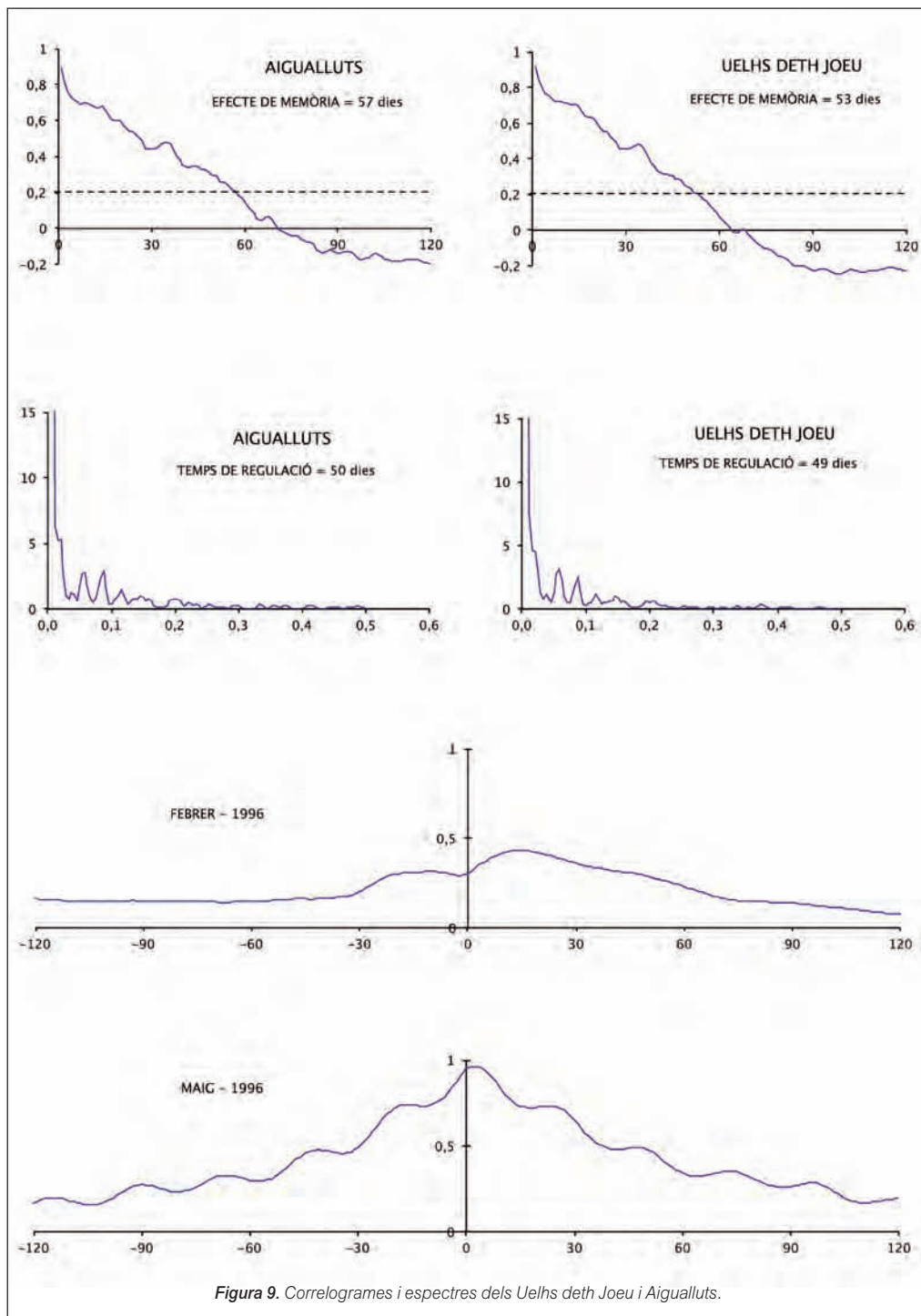


Figura 9. Correlogrames i espectres dels Uelhs deth Joeu i Aigualluts.

Hidrogeotèrmia

La temperatura als Uelhs deth Joeu experimenta una forta variabilitat al llarg del cicle hidrològic (figura 10). Aquesta evolució està notablement influïda per la gran aportació hídrica que origina la fusió del mantell nival. En el període de control en continu, de 1994 al 2000, la temperatura varia de 9.9 °C i a 4.1 °C. L'amplitud absoluta de 5.8 °C és molt important i de les més elevades en la diversitat d'exemples analitzats a la bibliografia (Freixes, 2014). El termograma al llarg del cicle presenta unes característiques completament originals i a la literatura no hi ha cap exemple comparable. En el termograma es poden diferenciar les parts següents: tendència a la temperatura d'equilibri hivernal, mínim de temperatura de primavera-estiu, màxim de temperatura d'estiu i mínim tèrmic tardor (figura 10).

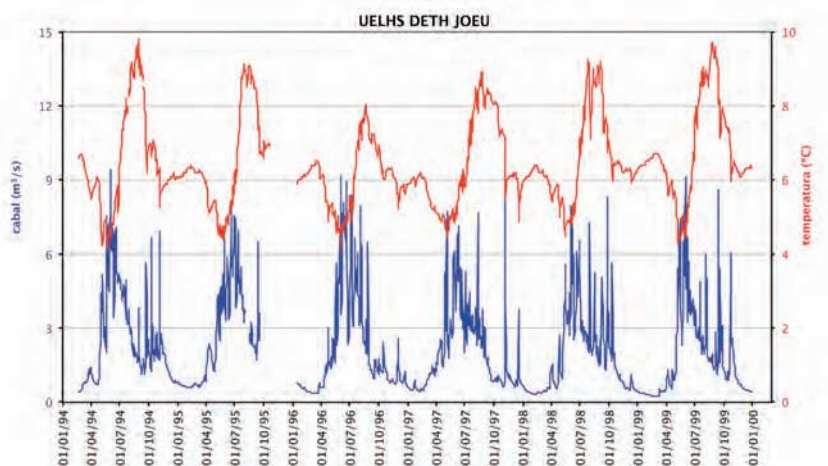


Figura 10. Evolució de la temperatura i el cabal als Uelhs deth Joeu.

Així mateix, la distribució de freqüències de la temperatura és polimodal, amb quatre modes molt marcades, il·lustrant molt bé la complexitat del sistema (figura 11).

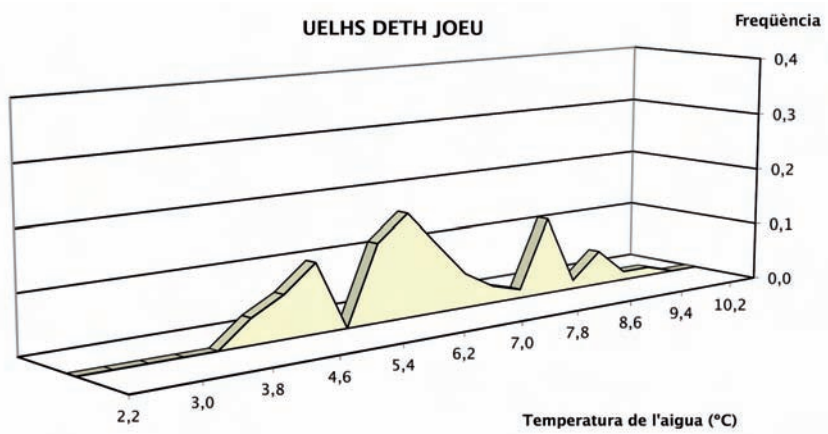


Figura 11. Distribució de freqüències de la temperatura als Uelhs deth Joeu.

A les respostes tèrmiques dels episodis de crescuda s'observa sistemàticament que tot augment del cabal es correspon amb una disminució de la temperatura, coincidint molt bé els cabals màxims amb els mínims de temperatura (figura 12).

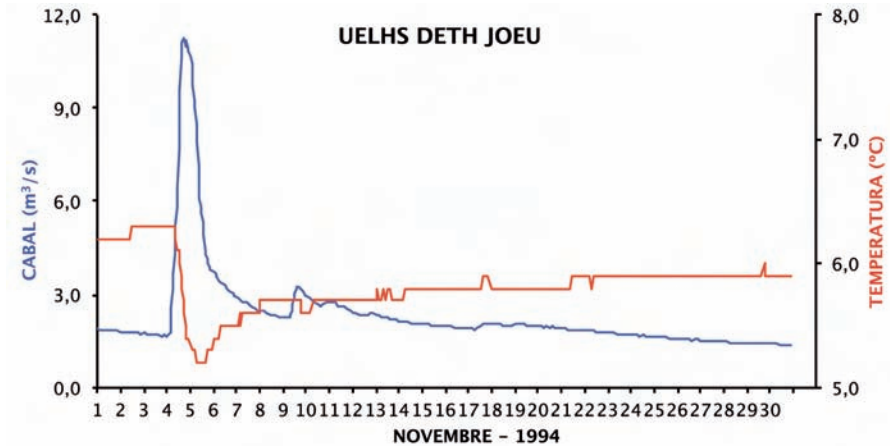


Figura 12. Resposta tèrmica en una crescuda tardoral als Uelhs deth Joeu.

Hidrogeoquímica

L'esquema d'evolució de la conductivitat (1994-2000) té una relació estreta amb la hidrodinàmica del sistema, és a dir, està marcadament influït pel període d'aigües altes que es produeix com a conseqüència de la fusió del mantell nival a la primavera-estiu. Els valors de conductivitat (mineralització) més elevats corresponen al període de tendència a l'esgotament i els més baixos als cabals mes forts de la crescuda estacional (figura 13).

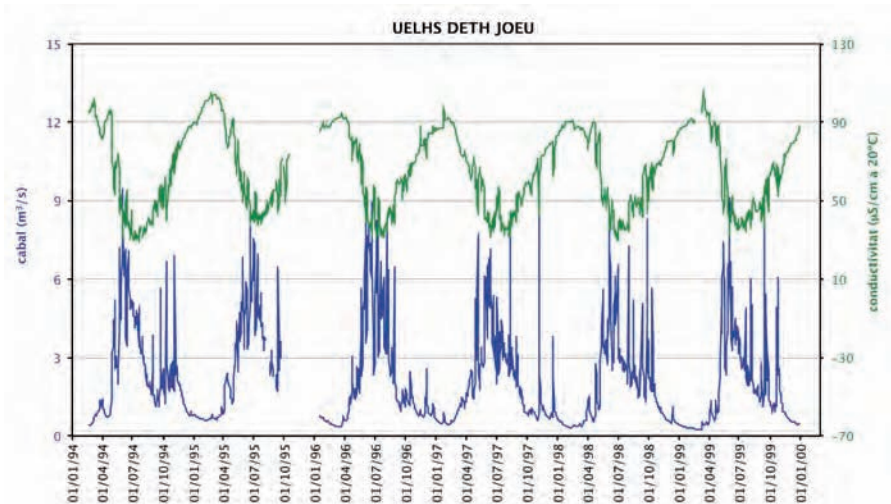


Figura 13. Evolució de la conductivitat i el cabal als Uelhs deth Joeu.

Les respostes de la conductivitat (mineralització) en els episodis de crescuda, anàlogament al que succeeix amb la temperatura, no observen efecte de descàrrega: els augments de cabal sempre es corresponen amb disminucions ben definides de la conductivitat. Els cabals màxims i els mínims de conductivitat coincideixen molt bé (figura 14).

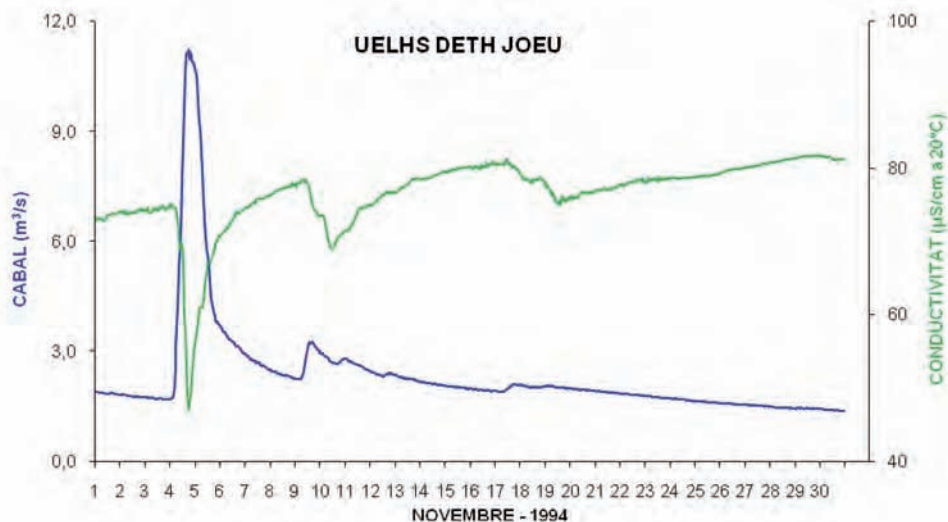


Figura 14. Resposta de la conductivitat en una crescuda tardorals als Uelhs deth Joeu.

La distribució de freqüència de la mineralització és de tipus polimodal il·lustrant l'existència de diferents famílies químiques i la complexitat del sistema (figura 15).

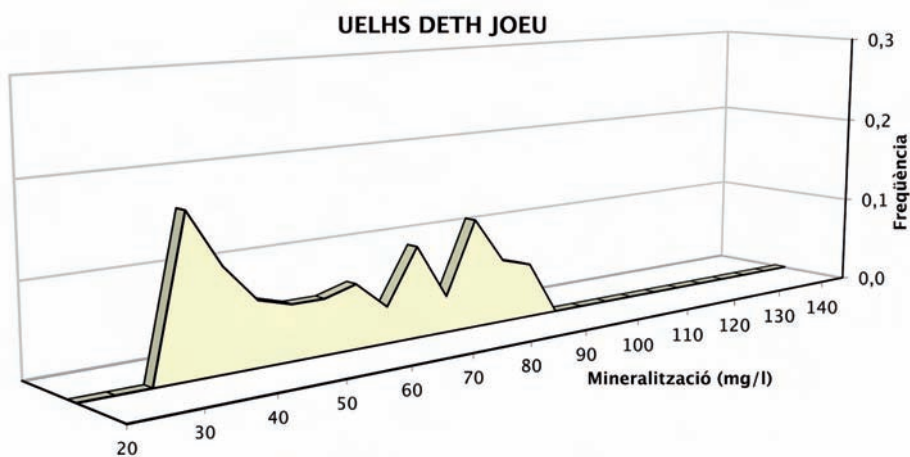


Figura 15. Distribució de freqüències de la mineralització als Uelhs deth Joeu.

Conclusions: l'esquema conceptual de Joeu i l'origen de la Garona

Les característiques físiques introdueixen l'excepcionalitat i l'originalitat del sistema: relleus més elevats de la serralada, fort gradient d'energia (2000 m de desnivell entre l'Aneto i els Uelhs deth Joeu), esquema binari molt marcat, fenòmens de captura significatius, glaceres i mantell nival de notable desenvolupament, precipitació molt elevada.... Com a conseqüència d'aquestes característiques l'aportació hídrica provenint de la fusió del mantell nival, al llarg del cicle hidrològic, determina el funcionament permanentment influenciat del sistema. El volum de trànsit, de l'ordre d'uns 50 hm³, constitueix una aportació considerable en el context de la hidrologia aranesa. L'avaluació del volum dinàmic que se situa entre 1 i 2.7 hm³ indica l'existència d'un reservori d'una certa importància, no obstant, el tipus de respostes tèrmiques i químiques (conductivitat), que no observen efecte de descàrrega, qüestionen i porten a relativitzar la importància de les reserves dinàmiques.

En el model conceptual del sistema de Joeu es poden remarcar els aspectes següents: importants reserves d'aigua al mantell nival (i glaceres), gran aportació hídrica a partir de la seva fusió a la primavera-estiu, paper molt important de la infiltració ràpida en pèrdues, paper molt limitat de la infiltració lenta o retardada, gran desenvolupament de l'escorrentia subterrània (transició de la zona no saturada a la saturada), relativa importància del sistemes annexos i de les reserves de la zona saturada (que poden ser molt reduïdes), estructura de drenatge ben desenvolupada (zona d'infiltració i inundada) fins els Uelhs deth Joeu (figura 16).

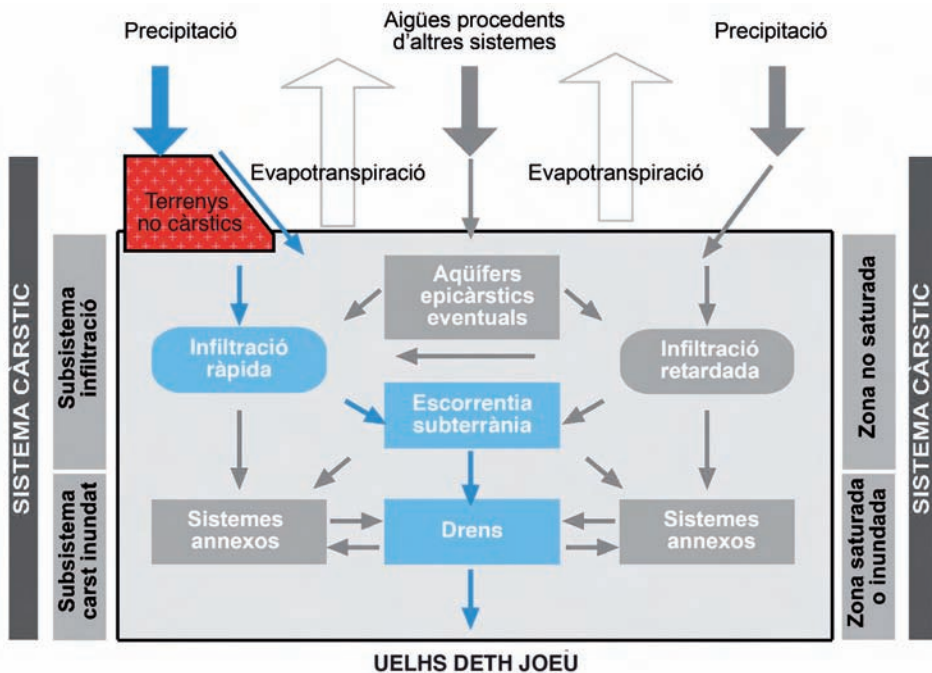


Figura 16. Esquema conceptual del sistema càrstic de Joeu (Mangin, 1975; Freixes, 2014).

El sistema de Joeu és un molt bon exemple per a analitzar la importància del factor hidrodinàmic en el potencial de carstificació i en la gènesi de l'estructura càrstica (Mangin, 1975, 1977, 1978, 1982, 1994). Al carst de Joeu, el factor H₂O-CO₂ ha determinat de manera cabdal els processos de carstificació. Més concretament, el factor H₂O (potencial H₂O) té un paper rellevant: el sistema presenta un esquema o estructura binària molt marcat, el 86.3% de la conca està formada per materials impermeables amb una xarxa fluvial ben organitzada i que

observa un escolament concentrat molt important que desguassa a les pèrdues d'Aigualluts i Renclusa. Així el potencial H_2O és remarcable. En els processos de carstificació del sistema de Joeu, les baixes concentracions de CO_2 (pròpies de les aigües procedents de la fusió del mantell nival), són compensades pels importants cabals (és a dir, per l'aportació de considerables volums d'aigua) que s'incorporen a les pèrdues (fort potencial H_2O) (Freixes, 2014).

La captura càrstica del riu mediterrani Éssera cap a la ressurgència dels Uelhs deth Joeu (Artiga de Lin) situada al vessant atlàntic, constitueix un fenomen hidrològic de primer ordre, segons Casteret (1931) el més important que es pot observar a les serralades alpines d'Europa (Faura i Sans, 1932). És precisament per la significació qualitativa i quantitativa d'aquest fenomen, que és possible definir el sistema càrstic de Joeu com l'origen de la Garona.

Referències

- 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.
- 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. i Mangin A. (1980) "L'aquifère karstique. Sa définition, ses caractéristiques et son identification". Mém. H. Ser. Soc. Géol. France 11: 71-91.
- Belloc, E. (1894) "Nouvelles recherches lacustres faites au port de Venasque, dans le Haut-Aragon et dans la Haute-Catalogne (Pyrenées centrales)". Assoc. Franc. Avanc. Sci Congr. Besançon. Vol. 2, p. 415-442.
- Belloc E. (1896) "Les sources de la Garonne". Récits de courses et expériences. Annuaire Cl. Alpin Français, p. 227-270. Paris.
- Belloc E. (1897) "De Bagnères de Luchon aux Monts Maudits". Récits de courses et d'expériences. Annuaire Cl. Alpin Français. Paris.
- Casteret, N. (1931) "Le problème du Trou du Toro: détermination des sources du rio Esera et de la Garonne Occidentale". Soc. Hist. Nat. Toulouse LXI: 89-131.
- Cervelló, J.M. i Freixes, A. (1992) "El domini càrstic". In Història Natural dels Països Catalans 2. Geologia II (Geomorfologia). Barcelona: Enciclopèdia Catalana: 461-508.
- Cervelló, J.M., Freixes, A i Monterde, M. (1982) "Elementos de la hidrogeologia del carst de alta montaña pirenaica (macizos de Tendeñera y Alto Ésera)". Atti Convegno Internazionale sul Carso di Alta Montagna: 107-120. Imperia.
- Chausenque V. (1834) "Les Pyrénées, ou Voyages pédestres dans toutes les régions de ces montagnes depuis l'Océan jusqu'à la Méditerranée", Lecoq et Pougin, Paris.
- Espeleo Club Sabadell (1970) "La cova d'Alba". Espeleo Club, nº 2, butlletí de la Secció d'Espeleologia de la Unió Excursionista Sabadell.
- Faura i Sans M. (1908) "Espeleologia. Coves i avenchs de Catalunya", dins Geografia General de Catalunya, vol 1, pàgs 247-278. Carreras Candi F. Ed. Barcelona.
- Faura y Sans M (1910) "La espeleología de Cataluña". Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Tomo VI – Memoria 6ª. Pàgs 425-591. Madrid.
- Faura y Sans M. (1916) "Sobre hidrología subterránea en los Pirineos Centrales de Aragón y Cataluña". Bol. de la Real Soc. de Hist. Nat, vol. XVI, pgs. 353-354. Madrid.

Faura i Sans M. (1923) "Avenç de les geleres d'Aneto i Maladeta". Butll. CEC, vol 33. Barcelona.

Faura y Sans M. (1926) "Del Valle de Arán a los Montes Malditos (Refugio de la Renclusa). Expedición complementaria". Congreso Geológico Internacional. Excursión C-3. Pág 165-181. IGME. Madrid.

Faura i Sans M. (1932) "Orígens del Garona o de l'Éssera?". Ciència. Revista catalana de Ciència i Tecnologia, vol 7, núms. 48, 49, 50, 51, 52 i 53. Societat catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques. Barcelona.

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

Freixes, A., Monterde, M. i Ramoneda, J. (1991) "Respuestas hidrogeoquímicas y funcionamiento de los sistemas acuíferos de Güells de Jueu y Alguaire (Valle de Aran): resultados preliminares". IV Congreso de Geoquímica de España, Soria, 8 al 13 de Septiembre de 1991, Colegio Oficial de Químicos-Anque. Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas. Colegio Oficial de Geólogos.

Freixes, A., Monterde, M. i Ramoneda, J. (1993) "Hidrología de los sistemas kársticos del Valle de Arán (Pirineos, Catalunya)". I Taller Internacional sobre Cuenclas Experimentales en el Karst, Matanzas (Cuba). 6-11 de Abril, 1992, Publicaciones de la Universitat Jaume I de Castelló: 131-140.

Freixes, A., Monterde, M., Morin, J.P. i Ramoneda, J. (1996) "Recursos hídricos e implicaciones ambientales del sistema de Aigüeira (Val d'Aran)". Recursos Hídricos en Regiones Kársticas: exploración, explotación, gestión y medio ambiente, (Vitoria-Gasteiz, 14-17 Octubre, 1996).

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

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

Freixes, A., Monterde, M. i Ramoneda, J. (1998c) "The karstification potential of the aquifers in the Val d'Aran (Catalonia)". Acta Geologica Hungarica 41(1): 23-39.

Freixes, A., Ramoneda, J. i Monterde, M. (1999) "Les apports hydriques souterrains de la Garonne au Val d'Aran (Catalogne). Le système karstique de Joèu". Revue de Comminges et des Pyrénées centrales. Tome CXV. Conférence a l'Université d'Un Jour, organisée par l'Académie Julien Sacaze le 7 de juillet 1997 à Saint Bertrand-de-Comminges. Centenaire de la naissance et au dixième anniversaire de la mort de Norbert Casteret (1897-1987).

García-Sansegundo, J. (1992) "Estratigrafía y estructura de la Zona Axial pirenaica en la transversal del Valle de Arán y de la Alta Ribagorça". Tesi doctoral. Madrid: ITGE. Publicaciones especiales del boletín geológico y minero.

Humbert, L. (editor) (1979) "La systématique dans les sciences de la Terre". A.T.P. Analyse de Système – 1977-1978. Bordeaux, C.N.R.S.: Université de Bordeaux: 237.

Joanne A. (1858) "Itinéraire descriptif et historique des Pyrénées de l'océan à la Méditerranée". Ed. Hachette, Paris.

Kleinsmiede, W.F.J. (1960) "Geology of the Valle de Arán (Central Pyrenees)". Leidse Geologische Mededelingen 25: 129-245.

Kline, S.J. (1995) "Conceptual Foundations for Multidisciplinary Thinking". Stanford, California: Stanford University Press.

Lizaur y Roldan, J. (1951) "Estudio sobre las conexiones subterráneas de las cabeceras de los ríos Esera y Garona". Libro Jubilar (1849-1949). Tomo II p. 381-425. IGME. Madrid.

Llopis Lladó N. (1958) "Notas geográficas in Alto valle del Ésera. La Maladeta". Mapa excursionista E 1:25000. Editorial Alpina. Granollers.

- Lyell, Ch. (1830) "Notebooks num. 35 i 36". Mss. inèdits, còpies del Museu Geològic del Seminari de Teologia, Barcelona.
- Mangin, A. (1975) "Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques". Tesi doctoral. In *Annales de Spéléologie* 29(3): 283-332; 29(4): 495-601; 30(1): 21-124.
- Mangin, A. (1977) "Le karst et son originalité définie à partir des résultats obtenus par l'hydrodynamique". *Speleon* 23: 59-65.
- 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. (1982) "L'approche systémique du karst, conséquences conceptuelles et méthodologiques". Reunión Monográfica sobre el Karst-Larra 82, Isaba-Navarra, 4-11 octubre 1982. 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 i J.A. Stanford (ed.). London, Academic Press: 43-67.
- Monterde, M. (1998a) "Memòria del mapa hidrogeològic del sistema càrstic de Joeu". Barcelona: Generalitat de Catalunya. Junta d'Aigües.
- Monterde, M. (1998b) "Cartografía de los riesgos, vulnerabilidad y protección de los sistemas kársticos de Uelhs deth Joeu y Aigüeira (Pirineos Centrales)". Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia.
- Ramond de Carbonnières, L. (1789) "Observations faites dans les Pyrénées, pour servir de suite à des observations dans les Alpes", insérées dans une traduction des lettres de W. Coxes ur la Suisse. 2 vols. Paris, Berlin.
- Rijckborst, H. (1967) "Hydrology of the upper-Garonne basin (Valle de Aran, Spain)". *Leidse Geologische Mededelingen* 40: 1-74.
- Rouch, R. (1978) "Le système karstique et son unité biologique". Le Karst. Son originalité physique. Son importance économique. Réunion AGSO - Colloque de Tarbes.
- Russell H. (1878) "Souvenirs d'un montagnard". Impr. Vignancour, Lalheugue. 416 pag. Pau.
- Sitter, L.U. de (1954) "Note préliminaire sur la géologie du val d'Aran". *Leidse Geolol. Meded.*, 18: 272-280
- Soler i Santaló J. (1906) "Guia de la Vall d'Aran". Ed. Centre Excursionista de Catalunya. Barcelona.
- Spannocchi, T. (1594) España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Archivo General de Simancas. Mapas, Planos y Dibujos, 15,84.
- Tchihatcheff, P. (1842) "Ascension au Néthou". Traduc. in Dendaletche C. (2002) *Cumbres Pirenaicas. Primeras ascensiones. Documentos históricos*. Sua Edizioak, 224 pag. Bilbao.
- Trutat E. (1876) "Les glaciers de la Maladetta et le Pic des Posets". *Annuaire Club Alpin Français*. Paris.
- Vidal, L.M. (1908-1918) "Hydrologia soterrània a Descripció física de la Geografia General de Catalunya de Francesch Carreras y Candi". Establiment Editorial de Albert Martin. Barcelona.
- Vidal, L.M. (2002) "Excursions a la Pica d'Estats". Cossetània Edicions. Col·lecció Pioners núm. 1, 84 p. Barcelona.
- Walliser, B. (1977) "Systèmes et modèles. Introduction critique a l'analyse de systèmes". Paris: Editions du Seuil.

Nuevas galerías en la Cueva de Los Caños (Mazo, La Palma, Islas Canarias). Notas sobre espeleometría, biocenosis y microbiología

Octavio Fernández^(1,4), Daniel Gómez^(1,4), Manuel Naranjo^(2,5), Ana Zélia Miller^(3,6) y Valme Jurado^(3,6)

(1) GE Tebexcorade - La Palma.

(2) SEC Melansis.

(3) IRNAS-CSIC.

(4) C. Camino El Risco nº 4 C. P. 38710 Breña Alta (Spain) contacto@tebexcorade.com

(5) C. Guaydil nº 3, 1A C. P. 35016 Las Palmas de Gran Canaria (Spain) melansis@hotmail.com

(6) Avda. Reina Mercedes nº 10 C. P. 41012 Sevilla (Spain) vjurado@irnase.csic.es anamiller@irnas.csic.es

Resumen

Durante el verano del año 2007, exploradores del Grupo de Espeleología Tebexcorade – La Palma localizan un paso estrecho soplador en la Cueva del Llano de Los Caños en el municipio de Mazo (isla de La Palma), que ya había sido estudiada por el mismo colectivo años atrás y codificada como LP/MZ-04 en el «Catálogo de Cavidades de La Palma». La localización del paso, diminuto y con fortísima corriente de aire, lleva a emprender una desobstrucción que acaba facilitando el acceso a una zona desconocida de la cavidad, y que resulta albergar el mayor desarrollo de la misma (unos 1000 m frente a los 360 conocidos hasta entonces). Las nuevas galerías, denominadas «Galerías de Los Zapadores», atesoran igualmente una interesante biocenosis, encontrándose algunos de los taxones mejor adaptados a la vida en el subsuelo que se conocen en la isla de La Palma, así como minerales secundarios que albergan especies microbianas que podrían ser novedosas para la Ciencia y que se encuentran en proceso de análisis actualmente.

Palabras clave. Exploración, topografía, catálogo, desobstrucción, Vulcanoespeleología, fauna troglobia, Microbiología.

Noves galeries a la Cova de Los Caños (Mazo, La Palma, Illes Canàries). Notes sobre espeleometria, biocenosi i microbiologia.

Resum

Durant l'estiu de l'any 2007, exploradors del Grup d'Espeleologia Tebexcorade – La Palma localitzen un pas estret bufador en la Cova del Llano de los Caños al municipi de Mazo (illa de La Palma), que ja havia estat estudiada pel mateix col·lectiu, anys enrere i codificada com LP/MZ-04 en el «Catàleg de Cavitats de La Palma». La localització del pas, diminut i amb un fortíssim corrent d'aire, porta a emprendre una desobstrucció que acaba facilitant l'accés a una zona desconeguda de la cavitat, i que resulta que allotja el seu major desenvolupament (uns 1.000 m davant dels 360 m coneguts fins aleshores). Les noves galeries, denominades «Galerías de Los Zapadores», atresoren igualment una interessant biocenosi, i es troben alguns dels taxons millor adaptats a la vida al subsòl que es coneixen a l'illa de La Palma, així com minerals secundaris que alberguen espècies microbianes que podrien ser noves per a la ciència i que es troben actualment en procés d'anàlisi.

Paraules clau. Exploració, topografia, catàleg, desobstrucció, Vulcanoespeleologia, fauna troglòbia, Microbiologia.

Newly discovered passages in Los Caños Cave (Mazo, La Palma, Canary Islands). Notes about speleometry, cave dwelling fauna and microbiology

Abstract

In summer 2007, members of the Tebexcorade – La Palma Speleology Group located a blowing narrow passage in Llano de Los Caños Cave near Mazo municipality (La Palma, Canary Islands). This cave was studied years ago by the same group and encoded as LP/MZ-04 in the Cave Catalogue from La Palma. The passage, very small and with a strong air stream, led to carry out an excavation that allowed the access to an unknown area of the cave, which turns out to have a greater length than the known part (about 1000 m over the 360 m previously known). The new galleries, called «Galerías de Los Zapadores», host a very interesting biocenosis, with cave-dwelling fauna well adapted to live in La Palma island underground. In addition, microorganisms associated with secondary mineral deposits (or speleothems) could represent novel species for Science, a topic that is currently under investigation.

Key words. *Exploration, Survey, catalogue, digging, Vulcanospeleology, troglobitic fauna, Microbiology.*

Antecedentes

La Cueva de Los Caños se sitúa en la parte alta del pago de La Sabina, término municipal de Mazo, y en el Llano del que toma el nombre. Se trata de una cavidad conocida hace mucho tiempo por los espeleólogos de la isla (Dumpiérrez et al., 1997) y los lugareños, teniendo incluso restos arqueológicos correspondientes a la población prehispánica de la isla de La Palma (benahoaritas). En 1995, la Delegación de La Palma del GEC Benisahare (colectivo renombrado desde 2003 como «GE Tebexcorade – La Palma») realiza una topografía de Grado 5d BCRA de la cavidad, arrojando un desarrollo de unos 360 m, que se distribuyen en un ramal principal y algunas pequeñas ramificaciones laterales. La cavidad pasa entonces a engrosar la lista de cuevas ya catalogadas en la isla con el código LP/MZ-04, y queda al margen de las exploraciones punteras, que se van centrando en otras partes de La Palma según se organiza su Catálogo de Cavidades (Fernández, 2000; 2007).

La parte tradicionalmente conocida de este tubo volcánico se estudia también desde el punto de vista faunístico, arrojando interesantes resultados que demuestran la presencia de fauna invertebrada troglobia, incluyendo algunas especies muy interesantes y entonces nuevas para la Ciencia (García & González, 1998).

Ya en el verano de 2007, una visita rutinaria a la cavidad liderada por D. Gómez advierte la presencia de un estrecho paso soplador (~5 cm de altura) en el extremo superior de la cavidad. La corriente de aire es tan fuerte que provoca que las estalactitas de lava silben (comúnmente denominadas «estafilitos» si bien no es ese el término correcto –Socorro, 2009–). Se bautiza el lugar como «Paso de los Estafilitos Silbantes» y se emprende una desobstrucción por parte de un equipo del GE Tebexcorade – La Palma liderado por D. Gómez y con la participación de A. Rodríguez y O. Fernández. Los trabajos realizados manualmente mediante medios mecánicos se prolongan durante tres jornadas, momento en el que primero O. Fernández, seguido de A. Rodríguez y posteriormente D. Gómez consiguen superar la estrechez y acceder al tramo ignoto de cavidad.



Figura 1. Arriba, izquierda: el «501 batallón de Zapadores Cañonero-transportado», equipo que practicó la desobstrucción en 2007 (foto: O. Fernández). Arriba, derecha: desobstruyendo por medios mecánicos el Paso de los Estafilitos Silbantes (foto: A. Rodríguez). Abajo: aspecto del Paso de los Estafilitos Silbantes al finalizar la segunda jornada de desobstrucción (foto: A. Rodríguez).

Las Galerías de Los Zapadores

El nuevo tramo de cueva descubierto tras el paso estrecho se desvela como un tubo volcánico de dimensiones sorprendentes, tanto en altura y anchura, como en desarrollo. La conservación de las paredes y espeleotemas también es notoria, destacando las formaciones primarias sobre las secundarias, lo que diferencia esta zona del tramo “clásico” de la cueva; es casi como entrar en una cavidad diferente.

Al comprender la magnitud del hallazgo, con un desarrollo que a simple vista parece rondar el kilómetro de longitud, nudos laberínticos, galerías de grandes dimensiones, formaciones lávicas extraordinariamente bien conservadas, y zonas con raíces y abundancia de fauna troglobia, los exploradores deciden bautizarlo como «Galerías de Los Zapadores», en honor al duro trabajo de desobstrucción realizado que ha permitido descubrir este nuevo tramo de cueva.

Espeleometría

El desarrollo continuo de la cavidad, aún provisional pues en el momento de la elaboración de esta ponencia faltan varios ramales por topografiar, asciende a 1200 m, de los cuales 835 m corresponden a las Galerías de Los Zapadores. Con este valor, se convierte en la 4ª cueva de mayor desarrollo de La Palma y, una vez se avance en los aspectos pendientes del levantamiento topográfico, podría pugnar por convertirse en la segunda mayor cueva de la Isla, solamente superada por el Tubo A del Sistema de Tegalate (1632 m).



Figura 2. Topografía provisional en planta de la C. de Los Caños

Descripción geomorfológica del nuevo tramo de cavidad

Inmediatamente tras superar el «Paso de los Estafilitos Silbantes», la cavidad muestra las características que serán la tónica de la mayor parte de su recorrido: un tubo bien conservado de dimensiones holgadas que alterna zonas derrumbadas de aspecto muy inestable y peligroso. Se trata de una cueva muy somera, a menos de 4 m de la superficie, y dada la gran dimensión de sus galerías está expuesta a este tipo de colapsos en los que las raíces nos recuerdan lo cerca que nos hallamos del medio epigeo.

Justo tras superar el primer colapso, la cueva se ramifica mostrando un pequeño ramal a la izquierda (B'), una gatera muy estrecha en estado ruinoso que presenta varios derrumbes y acaba en un cierre por sifón de lava. El tubo principal continúa su ascenso con una pendiente muy suave hasta que se ramifica; el segmento de la izquierda (AB) avanza con dimensiones holgadas y bellas formaciones primarias, como algunas terrazas muy bien definidas y sigue ascendiendo con dimensiones cómodas hasta que paulatinamente decrece en sección y se vuelve impracticable. Presenta a su vez otro ramal a su derecha (ABA), muy

peligroso por la presencia de un derrumbe inestable de grandes bloques; esto hace de la progresión un verdadero riesgo, pues los grandes bloques provenientes del techo han formado un pequeño pozo por el que es necesario destrepar para explorarlo, con un enorme riesgo de atrapamiento para los espeleólogos, y por ese motivo permanece parcialmente sin topografiar.



Figura 3. Izquierda, tramo del tubo principal cercano a la intersección con el ramal AL, con una bella sección circular. Derecha, estalagmita de refusión o «estafilito» propiamente dicho, localizado en el ramal Ai (fotos: O. Fernández).

Volviendo al tubo principal, la ramificación derecha conduce al llamado «Nudo central» de la cueva, no sin antes dejar atrás otro ramal en un nivel inferior que se conecta con el nivel superior mediante un jameo, a partir del cual desarrolla unos pocos metros en sentido ascendente y el grueso de sus 85 m en sentido descendente. Este tubo inferior, nombrado AL, se muestra como una larga gatera en la que como mucho se puede progresar en cuclillas, aunque lo normal es que haya que gatear o reptar en algunos puntos. Destaca en su recorrido la presencia de una estalagmita de refusión, o «estafilito» propiamente dicho, al superar el primer estrechamiento de este ramal. Ya cerca de su final, diversas bolas de acreción en el techo (pero que no llegan a tocar el suelo) le dan un aspecto poco usual, siendo necesario reptar entre ellas para continuar hacia donde el tubo se vuelve impracticable.

El «Nudo central» es una sala de dimensiones relativamente amplias desde donde el tubo continúa tanto en sentido ascendente como descendente, y a su vez presenta varios pequeños tubos laterales, desarrollados en torno a grandes columnas, en un magnífico estado de conservación general y con formas primarias de refusión muy bien representadas, como barniz, estrías de avance, marcas de flujo lávico laminar, estalactitas

de lava del tipo “churretes” (muy raras en La Palma), etc. En la parte media de este nudo, se puede apreciar un importante colapso del techo con derrumbamiento de grandes bloques que ocultan parcialmente el acceso al ramal inferior AC. Este ramal AC se ha explorado durante unos 15 m a partir de los cuales es una incógnita, aunque podría relacionarse con el ramal AL antes mencionado.



Figura 3. Vista parcial del «Nudo central» de la C. de Los Caños y el colapso que presenta (foto: O. Fernández).

Desde el «Nudo central» hacia arriba, el tubo asciende con una pendiente que varía entre los 5 y los 26°, mostrando dimensiones holgadas que, como es tónica, se alternan con derrumbes de aspecto inquietante. Una observación detallada desvela la presencia en este tramo de varios pequeños ramales a nivel de suelo y también en el techo, así como bloques encajados en los tramos superiores que suponen un nuevo riesgo para la progresión ante el riesgo de caída. En este tramo destaca la doble ramificación, a izquierda y derecha, formada por los tubos Ai y AJ, respectivamente; el ramal de la izquierda es un tubo modesto de fácil tránsito, que destaca por albergar una «estalagmita de refusión» (o «estafilito» propiamente dicho) muy esbelta y excepcionalmente bien conservada. Este tipo de formas de refusión son muy raras en La Palma, siendo posiblemente este «estafilito» el de morfología más hermosa que se puede ver en la isla, y una de las joyas de la cueva. El ramal AJ, a la derecha en el tubo principal, constituye una larga gatera descendente, de dimensiones cada vez menores, y con varios pasos muy estrechos, aunque es de gran belleza y se encuentra bien conservada.

Desde este punto, el tubo principal sigue ascendiendo y suaviza su pendiente, hasta llegar a la «Sala terminal», donde el avance se detiene por un sifón de lava. En un nivel superior se localizó un estrecho ramal (AK), cuyo acceso fue también desobstruido y que conduce a una pequeña sala sin continuación. Es obvio que tras el sifón de lava en que termina el tubo principal debe haber más cavidad, pero hasta

ahora no se ha localizado una conexión desde el interior ni tampoco desde el exterior que pueda permitir su exploración, permaneciendo por tanto como una "cueva fantasma" (Naranjo et al., 2014) que debería estar orientada hacia la cercana «Cueva de la Pantana» (LP/MZ-32), pues suponemos que es la continuación superior de la Cueva de Los Caños.

Si exploramos la cavidad en sentido descendente desde el «Nudo central» no tardamos en encontrar una nueva bifurcación; el ramal de la derecha (AA) nos conduce a una zona con abundancia de derrumbes y también de raíces, donde es fácil apreciar fauna troglobia a simple vista, como las bellas arañas del género *Spermophorides*. Todo este tramo de cueva, muy delicado por el estado ruinoso del techo y nombrado «Galería de los troglobios», ha sido la principal zona elegida para el muestreo faunístico que ha arrojado muy buenos resultados. El ramal no tarda en cegarse de manera natural poco después de terminar la zona de raíces, presentando una bifurcación a la izquierda (AAC) de unos 20 m de recorrido.

El ramal que dejáramos a la izquierda bajo el «Nudo central» (AAB) no tarda en mostrar una pequeña gatera ascendente y muy estrecha a la izquierda (AABA, actualmente una incógnita con apreciable humedad y corriente de aire); la galería AAB sigue holgada ladera abajo, mostrándose muy bien conservada durante unos 35 m. Pasado este punto, encontramos un lugar donde la cueva experimentó un complejo flujo lávico durante su formación. En esta zona se formó una pequeña sala en un nivel superior, que intuimos a través de una ventana que encontramos antes de llegar a un bajón del techo que habremos de superar para encontrar nuevas conexiones con esta compleja burbuja. En este lugar, un pequeño pero intrincado conjunto de tubos se desarrolla en el techo de la cueva, asemejándose a una escalera de caracol que asciende unos 4 m en vertical. La zona se encuentra muy descompuesta, y la progresión ha de hacerse con sumo cuidado. La abundancia de raíces, así como el desnivel de este conjunto de ramales, nos hace pensar que estamos muy cerca de la superficie.

Pocos metros más abajo de la compleja burbuja descrita, una inestable acumulación de bloques en el lateral derecho de la galería vuelve a complicar la progresión. La montaña, en equilibrio precario, así como el tamaño de estos bloques, amenaza con taponar la galería descendente si se produce algún movimiento de estos escombros, por lo cual esta zona es poco frecuentada durante nuestras investigaciones y los trabajos se han restringido a la labor de topografía. Superada esta zona delicada, la galería recupera un aspecto estable y avanza durante otros 35 m para paulatinamente ir perdiendo altura y convertirse en un laminador que se vuelve impracticable, si bien se continúa percibiendo una tenue corriente de aire.

Biocenosis

La Cueva de los Caños tiene un gran valor ecológico por la riqueza de su fauna troglomorfa. Los primeros muestreos intensivos en esta cavidad fueron realizados a principios de 1995 (García & González, 1998), descubriéndose dos nuevas especies troglobias: el carábido *Parazuphium feloi* y la chinche anoftalma *Collartida tanausu*, además de siete especies adaptadas al medio subterráneo: la araña *Dysdera ratonensis*, el anfípodo *Palmorchestia hypogaea*, la cucaracha subterránea *Loboptera fortunata*, una especie de cixido (*Cixius* sp.), el carábido *Licinopsis angustula* y los estafilínidos *Alevonota tanausui*, *Alevonota junoniae* y *Domene benehaorensis*.



Figura 5. Izquierda: Galería de Los Troglobios, principal punto elegido para el muestreo faunístico (foto: C. Binding). Arriba, derecha: *Collartida tanausu*, especie troglobia avistada en la C. de Los Caños. Abajo, derecha: araña del género *Spermophorides*, abundante en la Galería de Los Troglobios (fotos: O. Fernández).

Los nuevos ramales -muestreados en 2012- han permitido confirmar el buen estado de conservación de la cavidad, destacando el avistamiento de un ejemplar adulto de *Collartida tanausu* y de dos ejemplares de *Parazuphium feloi*, estos últimos capturados en trampas de caída. *P. feloi* es un carábido raro en La Palma con escasos avistamientos constatados, por lo que su presencia ha revestido gran interés. Como nueva cita para la cavidad cabe destacar la presencia de importantes colonias de la araña del género *Spermophorides*, principalmente agrupada en zonas con abundancia de raíces. En las trampas de caída la especie más abundante fue el carábido *Licinopsis angustula*.

La riqueza faunística observada en los nuevos ramales de la Cueva de Los Caños pone de manifiesto su buen estado de conservación y justifica la realización de muestreos intensivos que permitan conocer con mayor detalle la composición de su biota.

Microbiología

En la Cueva de Los Caños se observaron depósitos minerales secundarios de color negro en diferentes puntos de la pared de este tubo volcánico (Fig. 6 A). En el mes de Septiembre de 2012 se llevó a cabo un muestreo para la recogida de estos depósitos negros con el fin de caracterizar su morfología, composición química elemental e identificar los microorganismos presentes. Este estudio se efectuó mediante microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) con espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDS) y técnicas de biología molecular. Estas últimas se basan en la extracción y análisis de ácidos nucleicos (ADN) utilizando la información que proporciona el gen que codifica para la subunidad menor del ribosoma

bacteriano, 16S rRNA, permitiendo determinar la composición de las comunidades microbianas. El ADN genómico se extrajo usando el kit de extracción "FastPrep" y se amplificó mediante PCR, empleando los cebadores de bacterias 616F y 1510R. Los productos de PCR fueron purificados y clonados empleando el kit "TOPO-TA cloning kit for sequencing" (Invitrogen, Carlsbad, California, EEUU). Tras la clonación, los fragmentos del gen 16S rRNA clonados fueron secuenciados por Macrogen Europe (Amsterdam, Países Bajos) y las secuencias fueron comparadas con la base de datos de Genbank mediante el programa BLAST disponible en el NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov).

Las observaciones al FESEM se realizaron usando un microscopio electrónico de barrido Jeol JSM-7001F con filamento de emisión de campo, en modo de electrones secundarios, y equipado con un detector de energía dispersiva de rayos X (Oxford Instruments). Los microanálisis de EDS proporcionan información cualitativa y semicuantitativa de la composición química elemental de las muestras, representada como espectros de los elementos químicos presentes en los diferentes puntos de análisis.

Las observaciones de los depósitos negros revelaron la presencia de estructuras biológicas filamentosas de hasta 75 μm de longitud e inferiores a 1 μm de diámetro, aunque la mayoría aparecían fragmentados (Fig. 6 B). Estos filamentos reticulados se encontraban ampliamente distribuidos por toda la muestra y exhibían una vaina con ornamentación reticulada, similar a una malla (Fig. 6 B). Basado en los microanálisis de FESEM-EDS de filamentos reticulados individuales, se determinó que las vainas son ricas en calcio (Ca), conteniendo además carbono (C), oxígeno (O), magnesio (Mg) y aluminio (Al). Esta composición química evidencia que la mineralización de la vaina de los filamentos reticulados está asociada a un proceso de calcificación o fosilización, ya que la mineralogía del sustrato es rica en C, Ca, Mg, Al y silicio (Si). Los filamentos reticulados fueron previamente descritos en otros ambientes subterráneos por diversos autores, incluyendo cuevas volcánicas (Melim et al. 2008; Jones 2009; Miller et al. 2012, 2014) y presentan morfología idéntica a los filamentos reticulados encontrados en la Cueva de Los Caños. Sin embargo, algunos de los filamentos encontrados por estos autores, de naturaleza desconocida, estaban enriquecidos en carbono orgánico, hierro (Fe) y manganeso (Mn).

Los análisis moleculares del gen 16S rRNA revelaron que las bacterias mayoritarias presentes en las muestras de los depósitos negros de la Cueva de los Caños se adscribieron a la especie *Sphingomonas paucimobilis* y a varias especies del género *Acinetobacter* (*A. oryzae*, *A. lwoffii* and *A. guillouiae*). Estas especies son ubicuas en la naturaleza y suelen encontrarse comúnmente en suelos. Sin embargo, ninguna de las especies identificadas presenta morfología idéntica a la de los filamentos reticulados por lo que su identificación sigue siendo un enigma.

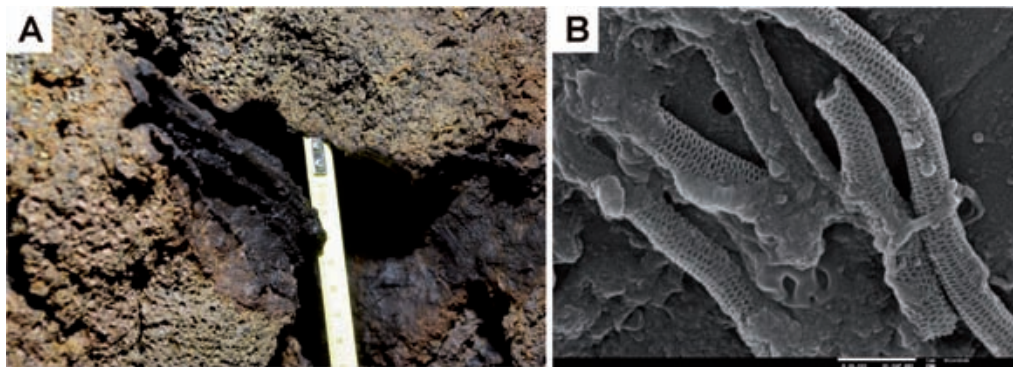


Figura 6. A) Depósitos negros encontrados en la Cueva de los Caños (foto: O. Fernández). B) Imagen de FESEM de los filamentos reticulados presentes en tales depósitos negros (foto: A.Z. Miller).

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros/as del GE Tebexcorade – La Palma que han participado en las labores de desobstrucción, topografía, fotografía, muestreo faunístico y estudio climático realizadas en la Cueva de Los Caños. A. Z. Miller expresa su agradecimiento al programa de becas intraeuropeas Marie Curie FP7, de la Unión Europea (beca PIEF-GA-2012-328689). A C. Binding por la revisión de los resúmenes en inglés y la cesión de material fotográfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dumpiérrez, F., M. Fernández, O. Fernández, R. García, A.J. González, F. Govantes, M. Mata & M. Muñoz. 1997. Las cavidades volcánicas de la Villa de Mazo. *Vulcania*, 1: (1-48).

Fernández Lorenzo, O., 2000. Avance global del Catálogo de Cavidades de La Palma (Islas Canarias). *Vulcania*, 4: 77-84.

Fernández Lorenzo, O., 2007. Avance global del Catálogo de Cavidades de La Palma (II). (Islas Canarias). *Vulcania*, 8: 79-86

García, R. & González, A.J., 1998. Estudio faunístico de la cueva del Llano de los Caños (La Palma, Islas Canarias). *Vieraea*, 26 (1997): 113-119.

Jones, B. 2009. Cave pearls - The integrated product of abiogenic and biogenic processes. *Journal of Sedimentary Research*, 79, 689-710.

Melim, L.A., Northup, D.E., Spilde, M.N., Jones, B., Boston, P.J. y Bixby, R.J. 2008. Reticulated filaments in cave pool speleothems: microbe or mineral? *Journal of Cave and Karst Studies*, 70, 135-141.

Miller, A.Z., Hernández-Marine, M., Jurado, V., Dionísio, A., Barquinha, P., Fortunato, E., Afonso, M.J., Chaminé, H.I., Saiz-Jimenez, C. 2012. Enigmatic reticulated filaments in subsurface granite. *Environmental Microbiology Reports*, 4, 596-603.

Miller, A.Z., Pereira, M.F.C., Calaforra, J.M., Forti, P., Dionísio, A., Saiz-Jimenez, C. 2014. Siliceous speleothems and associated microbe-mineral interactions from Ana Heva lava tube in Easter Island (Chile). *Geomicrobiology Journal*, 31, 1-10.

Naranjo, M., Martín, S. & Fernández, O., 2014. *De Aslobas a Fataga - Viaje al subsuelo de la Reserva de la Biosfera de Gran Canaria*. Ed. SEC Melansis.

Socorro, S. 2009. Cavidades volcánicas de Canarias. Tipos y génesis. *Actas de V Semana Científica Telesforo Bravo*. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias.

The *InGrigna!* project

Marco Corvi

InGrigna!

Via Borgo Antico n ° 7 Recco GE 16036 (Italia) marco.corvi@gmail.com"

Abstract

The InGrigna! caving project started in 2002 when caving clubs of Lombardy, Italy, joined their efforts to pursue the exploration of a number of newly discovered abysses by the Speleo Club Erba in the Grigna mountain. At present nine caving clubs participate to InGrigna! as well as individual speleologists, for a total of about 60 people. The project's objectives are the search of new caves, exploration and surveying of the caves, documentation (papers, photos, videos) of the speleological activity, and collection of scientific data (biospeleology and paleontology). InGrigna! operates mostly in the areas of Tivano and Grigna (Northern Italy). In the former the cave system of Valle del Nose, which is over 62 Km in length, has been explored. In Grigna the number of known caves has been doubled in the past twelve years, to over 1100, as well as the number of known deep caves. The most important achievement is the identification, through the discovery of several junctions between the caves, of the cave system of Releccio, joining 14 caves with 18 entrances, and over 22 km long. The latest news is the recent discovery of the continuation at the bottom of W le Donne, the deepest cave of the system, which is now -1260 m with open exploration leads.

Keywords. Grigna, Tivano, W le Donne, Releccio, Valle del Nose.

El projecte InGrigna!

Resum

El InGrigna! projecte d'espeleologia va començar el 2002, quan els clubs d'espeleologia de Llombardia, Itàlia, van unir els seus esforços per prosseguir l'exploració d'una sèrie d'avencs acabades de descobrir pel Speleo Club de Erba, a la muntanya Grigna. Actualment nou clubs d'espeleologia participen a InGrigna! així com espeleòlegs individuals, per a un total de prop de 60 persones. Els objectius del projecte són la recerca de noves coves, l'exploració i prospecció de les coves, documentació (documents, fotos, vídeos) de l'activitat espeleològica, i la recollida de dades científiques (bioespeleologia i paleontologia). InGrigna! opera principalment en les àrees de Tivano i Grigna (nord d'Itàlia). En el primer, cas el sistema de coves de la Vall del Nose, que és de més de 62 km de longitud, ha estat explorat. En Grigna el nombre de coves conegudes s'ha duplicat en els últims dotze anys, a més de 1.100, així com el nombre de coves profundes. L'assoliment més important és la identificació, a través del descobriment de diversos encreuaments entre les coves, del sistema de coves de Releccio, unint-se a 14 coves amb 18 entrades, i més de 22 km de llarg. L'última notícia és el recent descobriment de la continuació a la part inferior de "le" Donne, la cova més profunda del sistema, que te ara 1260 m amb vies d'exploració obertes.

Paraules clau. Grigna, Tivano, W le Donne, Releccio, Valle del Nose.

El proyecto InGrigna!

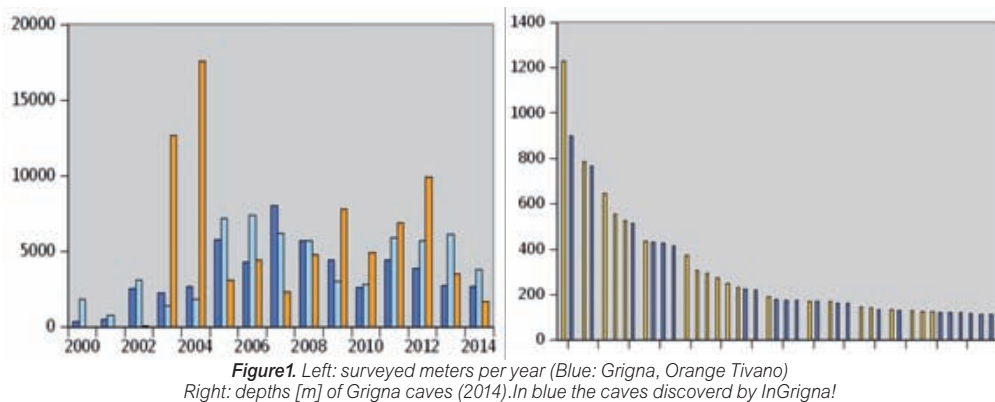
Resumen

El proyecto InGrigna! de espeleología comenzó en 2002, cuando los clubes de espeleología de Lombardía, Italia, unieron sus esfuerzos para proseguir la exploración de una serie de simas recién descubiertas por el Espeleo Club de Erba, en la montaña Grigna. Actualmente nueve clubes de espeleología participan en InGrigna! así como espeleólogos individuales, para un total de cerca de 60 personas. Los objetivos del proyecto son la búsqueda de nuevas cuevas, la exploración y prospección de las cuevas, documentación (documentos, fotos, vídeos) de la actividad espeleológica, y la recogida de datos científicos (bioespeleología y paleontología). InGrigna! opera principalmente en las áreas de Tivano y Grigna (norte de Italia). En el primer caso el sistema de cuevas del Valle del Nose, que tiene más de 62 km de longitud explorados. En Grigna el número de cuevas conocidas se ha duplicado en los últimos doce años, a más de 1.100, así como el número de cuevas profundas. El logro más importante es la identificación, a través del descubrimiento de varios cruces entre las cuevas, del sistema de cuevas de Releccio, uniéndose 14 cuevas con 18 entradas, y más de 22 km de recorrido. La última noticia es el reciente descubrimiento de la continuación en la parte inferior de W le Donne, la cueva más profunda del sistema, que tiene ahora 1260 m con vías de exploración abiertas.

Palabras clave. Grigna, Tivano, W le Donne, Releccio, Valle del Nose.

The InGrigna! project

The speleological research in the Grigna massif (northern Italy) began in the second half of the past century. The first important discoveries came in the '80s with the exploration of the Abisso Maron Glaces, -557m. After the exploration of W le Donne to a depth of 1180 m, in the early '90, the speleological activity declined. Probably this was due to the caving club based approach to speleology, principally in search of the record depth, competing one another. In 2000 the Speleo Club Erba started to investigate the area with a new frame of mind: a methodical approach that lead them to look for caves in places that have been ignored for decades. And they found several deep caves. Conscious that the club did not have enough resources to carry forward the explorations, they proposed to other clubs to join the effort. Wherefore the caving project InGrigna! was founded in 2002. From the very beginning the project has been characterized by its openness to participation, a systematic approach to the exploration, and sharing of entire data, results, and informations among the participants. The project is open to anyone willing to contribute, help the explorations, and share the results. At the moment there are nine caving clubs and some independent speleologists comprising about 60 people actively participating. No registration is required, and there is no fee. The budget of the project relies on donations, spontaneous contributions by the participants, and incomes from gastronomical stands held at annual national conventions. The InGrigna! project is active mostly in the areas of Tivano and Grigna, and takes part in several projects of the regional speleological federation (FSLo). The approach to speleology is methodical. The whole area of Tivano and Grigna are thoroughly searched for entrances, even on the steep mountain sides. The caves are systematically revisited. All the possible leads are checked. Every passage is surveyed. The cave surveys are collected in a Compass project. The data are organized in a GIS. Finally thematic maps of the area are regularly prepared for the work on the field. The speleological activity is documented in articles, photos, and videos. Most of the articles are written for caving club bulletins. La Grigna al Contrario is compiled by the project specifically concerning the explorations in Grigna. Articles and short notes are also regularly published in *Speleologia*, the magazine of the Italian Speleological Society. Photos and videos are used for presentations at caving meetings and for the general public. At the end of each year the project assembles all the compiled material about Grigna for the Parco delle Grigne, the institution that administers the Grigna area. In Tivano new caves have been discovered (eg, Terzo Mondo and Buco del Latte). However the most important results came from the exploration of Ingresso Fornitori and Stoppani. Three conjunction passages between Fornitori and Stoppani, and one between Stoppani and Tacchi-Zelbio were found. These discoveries lead us to confirm the existence of the Valle del Nose cave system which currently comprises 62.4 km of surveyed passages.



The results of the project in Grigna mountain are no less relevant. The number of known caves has been increased from about 600 to over 1100. Clearly most of them are small caves. But also several deep new caves or continuations have been found (Kinder Brioschi e i Cinque Minerali -900 m, Abisso delle Spade -767 m, Voragine di Oltre 40 m -514 m), as shown with the blue bars in Figure 1 on the right. The meters of survey per year for the caves in Grigna and in Tivano are shown on the left in Figure 1. The light blue bars are the number of new caves found in Grigna (scaled by 100). The most important achievement in Grigna is the identification of the cave system of Releccio, which comprises 14 caves with 18 entrances, obtained through the discovery of junctions between the caves, two of them at a depth of -900 m (Kinder-W le Donne, Orione-W le Donne). This was made possible thanks to the accurate survey work which provided the clues for the places to pursue. The cave system is now 22.8 km long and -1260 m deep.

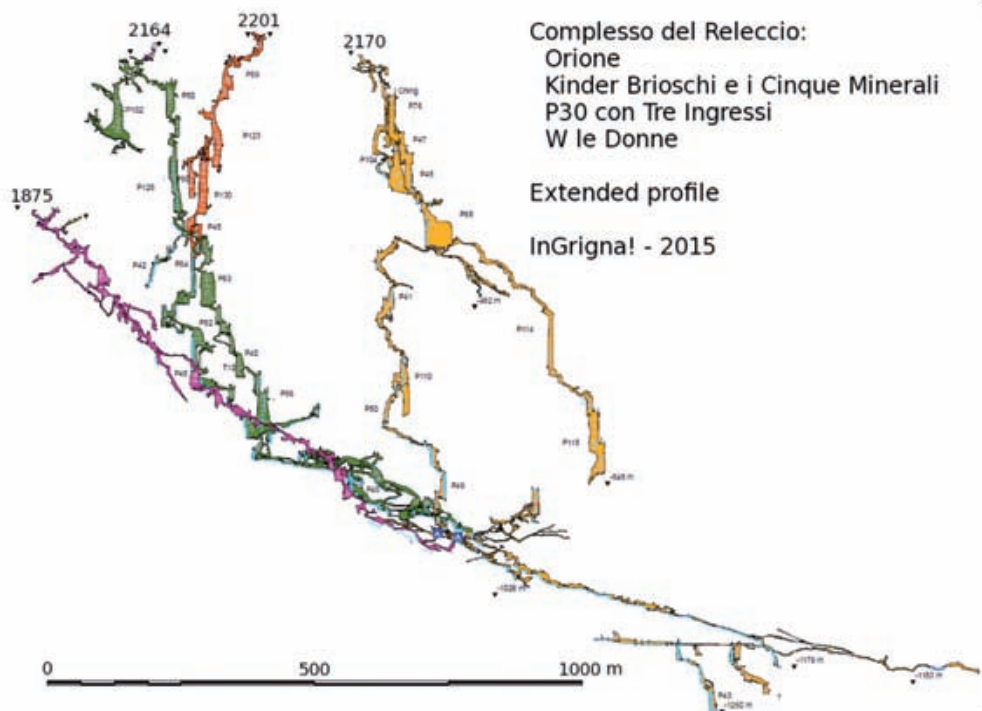


Figure 2. Releccio cave system - Abridged extended profile. (A. Maconi)

Very recently a continuation has been found at the bottom of W le Donne which opens at a height of 2170 m asl. The geological structure of the Grigna is dominated by a syncline and the cave W le Donne is known to have a hydrological connection with the spring of Fiumelatte at a distance of about 8 km from the bottom of the cave and 700 m below. The work in W le Donne started in 2008 with the completely new rigging on the pits. The old equipments left by the previous explorers have all been taken out of the cave. Since then the search for the continuation has begun with a thorough revision of the galleries at -1100 m. The sump at -1150 m has been passed by D. Corengia, first in Dec. 2011, and a second time in Nov. 2012, when he stopped at the top of a 20m deep pit. Two years later, Nov. 2014, a new way has been found after a series of tight passages leading to a new underground region, the exploration of which is under way. It seems that we have now reached the other side of the underground syncline. The cave is now -1230m deep (the system -1260m) and promises to continue.



Figure 3. Cresta di Piancaformia. Along the way to W le Donne.
(A. Maconi)



Figure 4. A wet passage at -1100 m in W le Donne.
(D. Corengia)

References

Premazzi, A. et al. Tra i due rami del Lago di Como
Speleologia 55 2006 14-27

aa. vv. Decenni di esplorazioni... L'11 febbraio 2012 si è aperta la porta magica!
Speleologia 66 2012 11-17

Premazzi, A. et al. Il complesso del Releccio. Cronaca e storia dell'evoluzione. Speleologia 62 2010 30-39

Corengia, D. Immersione nel sifone di -1150 m nell'Abisso di W le Donne (Grigna Lc)
Speleologia 66 2012 74

El Gigante del Sur, Sistema sima - Gesm sima de la Luz (España)

Manu Guerrero Sánchez

Espeleoclub Pasos Largos.

C. San Francisco de Asís nº 110 Ronda C. P. 29400 Provincia de Málaga (Spain) manuguerreros@gmail.com

Resumen

El Sistema Sima Gesm - Sima de la Luz es una cavidad de -1.059 metros de profundidad y un desarrollo que alcanza los 18 kilómetros, siendo la mayor de la comunidad autónoma de Andalucía. También es la sima con más de mil metros de profundidad que se encuentra más al sur del continente europeo. Está ubicada en el Parque Natural "Sierra de las Nieves", en el Término Municipal de Tolox (Málaga) a una altitud de 1.710 metros sobre el nivel del mar. Esta sima esta flanqueada por las 4 principales cavidades más profunda de Andalucía, lo que augura un gran cavernamiento. El enorme sistema, se abre en materiales dolomíticos basales y calizas tableadas. Su recorrido morfológico consta de un pequeño curso de agua que desciende sorteando majestuosos pozos, donde podemos destacar entre otros el "Gran Pozo" y el "Pozo Paco de La Torre" de 110 y 145 metros de vertical absoluta respectivamente. El agua circula durante todo el recorrido hasta llegar al lago ERE, donde la cavidad se sifona. Tras este, hay nuevas galerías aéreas y otro segundo sifón que detiene la exploración hasta el momento. Se ha comprobado mediante trazadores químicos que el curso activo del agua resurge en el Nacimiento de Zarzalones en el Término Municipal de Yunquera a más de 7 kilómetros de distancia. Fue descubierta en 1971 y explorada por el Grupo de Exploraciones Subterráneas de Málaga. Durante 25 años su desarrollo de 2.700 metros fue invariable. Desde el año 2003, el Interclub Sierra de las Nieves, (compuesto por diferentes clubs principalmente andaluces) lleva a cabo el proyecto "El Gigante del Sur", asumiendo el reto de la exploración, donde el descubrimiento de nuevas galerías ha llegando en la actualidad a los 18.000 metros. El interclub abarca las principales disciplinas espeleológicas, exploración, topografía, fotografía, bioespeleología y un estudio geológico de la cavidad, en colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Palabras clave. Gran sistema, exploración, estudio geológico, topografía.

El Gegant del Sur, Sistema sima - Gesm sima de la Luz (Espanya)

Resum

El Sistema Sima Gesm - Sima de la Luz és una cavitat de 1.059 metres de profunditat i un desenvolupament que arriba als 18 quilòmetres, és la més gran de la comunitat autònoma d'Andalusia. També és l'avenc amb més de mil metres de profunditat que es troba més al sud del continent europeu. Està ubicada al Parc Natural "Sierra de las Nieves", al terme municipal de Tolox (Màlaga) a una altitud de 1.710 metres sobre el nivell del mar. Aquest avenc està flanquejat per les quatre principals cavitats més profundes d'Andalusia, cosa que augura un gran encavernament. L'enorme sistema s'obre amb materials dolomítics basals i calcaris carstificats. El seu recorregut morfològic consta d'un petit curs d'aigua que baixa sortejant majestuosos pous, on podem destacar entre altres el "Gran Pozo" i el "Pozo Paco de la Torre" de 110 i 145 metres de vertical absoluta respectivament. L'aigua circula durant tot el recorregut fins a arribar al llac ERE, on la cavitat es sifona. Després d'aquest llac, hi ha noves galeries aèries i un altre segon sifó que atura l'exploració fins al moment. S'ha comprovat, mitjançant traçadors químics que el curs actiu de l'aigua ressurgeix en el naixement de Zarzalones

al terme municipal de Yunquera a més de 7 quilòmetres de distància. Va ser descoberta el 1971 i explorada pel Grupo de Exploraciones Subterráneas de Màlaga. Durant vint-i-cinc anys el seu desenvolupament de 2.700 metres va ser invariable. Des de l'any 2003, l'Interclub Sierra de las Nieves, (compost per diferents clubs principalment andalusos) porta a terme el projecte "El Gigante del Sur", que assumeix el repte de l'exploració, on el descobriment de noves galeries ha arribat a l'actualitat als 18.000 metres. L' Interclub engloba les principals disciplines espeleològiques: exploració, topografia, fotografia, bioespeleologia i un estudi geològic de la cavitat, en col·laboració amb l'Institut Geològic i Miner d'Espanya (IGME).

Paraules clau. Gran sistema, exploració, estudi geològic, topografia.

The Giant of the South, Sima Gesm-sima de la Luz (Spain) system

Abstract

The Sima Gesm - Sima de la Luz system is a -1.059 m Deep, 18 km-long cave and is the largest cave in the Autonomous Community of Andalusia. It is also the most southern, over 1000 m-deep cave in the European Continent. It is located in the "Sierra de las Nieves" Natural Park, in the municipality of Tolox (Malaga) at 1.710 m above sea level. This cave is surrounded by Andalusia's four deepest caves, which augurs a high cave development. The huge system consists of basal dolostone and layered limestone. The morphological development consists of a small watercourse that runs down through majestic pits, the "Gran Pozo" or the "Pozo Paco de la Torre" among others, measuring 110 and 145m respectively of absolute verticality. Water runs all the way to the lake ERE, ending up in a sump. Beyond this sump there are new aerial passages and a second sump that has put a stop to the exploration so far. It has been proved by chemicals that the active watercourse re-emerges at "el Nacimiento de Zarzalones" in the municipality of Yunquera, over 7km away. It was discovered in 1971 and explored by Malaga's Grupo de Exploraciones Subterráneas. The development of 2700m stayed stable for 25 years. Since 2003 the Interclub "Sierra de las Nieves" (formed by different clubs mainly from Andalusia) is in charge of "The Giant South" project, assuming the challenge of the exploration. The newly discovered passages have reached 18.000 m. The Interclub covers the main speleological disciplines, exploration, topography, photography, bio speleology and a geological survey of the cave in cooperation with the Geological and Mining Institute of Spain (GME).

Keywords. Great System, exploration, geological survey, topography.

El Gigante del Sur

La serranía de Ronda en su conjunto, es el paraíso espeleológico de referencia en el sur de España. En concreto, el Parque Natural Sierra de las Nieves en su zona alta, alberga las 4 principales cavidades más profunda del centro y sur de de la península ibérica. El Sistema Sima Gesm – Sima de la Luz -1.059 m, Sima Presta -803 m, Sima del Aire -658 m y Sima del Picacho de Tolóx - 393 m. se desarrollan en la zona alta de este parque natural, en una superficie de 10 km cuadrados. En cuanto a su desarrollo, el Sistema Sima Gesm – Sima de la Luz con 17,9 Kilómetros y Sima del Aire con 10,2 Kilómetros son las de mayor envergadura. Sus galerías se desarrollan en todas direcciones y entre ambas simas hay una distancia de unos 800 metros.

Datos:

Nombre: Sistema Sima Gesm – Sima de la Luz

Situación:

Parque natural Sierra de las Nieves.

En la Serranía de Ronda, zona occidental de la provincia de Málaga.

Figuras de protección del Parque Natural:

- Reserva nacional de Caza
- Parque Natural
- Reserva de la Biosfera

Localización coordenadas UTM WGS 84 de sus entradas.

- | | |
|------------------|--------------|
| • Sima de la luz | • Sima Gesm |
| 320843.32 m | 320765.78 m |
| 4061989.22 m | 4062053.75 m |

Datos topográficos:

- Desnivel
- Desnivel lago ERE -1059 m
- Desarrollo -996 m
- 17640 m

Pozo más grande: Paco de la Torre 146 metros.

Galería más larga: la Gran Vía 1000 metros.

Número de sifones: 7.

Historia de las Exploraciones

La historia de esta sima va muy unida a la Sima Honda, gracias a la dificultad que ofreció su localización y al empecinamiento del GES de la SEM. 1971. Se explora Sima Honda descendiendo hasta la cota de -40. También se localiza alrededor de ésta Torca del Pirata, -15 m; Sima de la Piedras, -8 m y en el fondo de una dolina, un pequeño pozo al que se le calculó -6 m y se le denominó Sima Gesm sin prestarle más importancia. 1973. La exploración de Sima Honda se realizó con el empleo de un torno mecánico y se tocó fondo a la cota de -132 m. Esta cavidad representó en su tiempo la mayor caída libre de Andalucía. Mientras, otro grupo penetró en Sima Gesm alcanzando la cota de -280 m, y en un segundo intento alcanzaron la cota de -315 m.

1974. En la II Campaña de Sima Gesm continuaron explorando y llegaron a la cota de -520 m y, sin ocar fondo, regresaron al vivac de -300 m. 1975. Se organizó lo que se conoce como III Expedición a Sima Gesm. La exploración se detiene ante una asombrosa vertical que sondeada se le estima un desnivel de más de 150 m y se le denomina a este pozo Paco de la Torre, habiendo alcanzado la cota de -646m.



*Figura 1. Espeleólogos equipados con material de progresión por escala.
Año 1975*

1977. La V Campaña se pasó del método tradicional a la llamada técnica alpina de exploración, es decir, de la escalerrilla metálica al uso de una sola cuerda. Esta nueva técnica dio sus frutos positivos al alcanzar en tan sólo tres jornadas la cabecera del Pozo Paco de la Torre a pesar de haber tenido que cambiar todos los anclajes y se logra descender el impresionante pozo de -158 m en caída libre, continuándose en su base 200 m más por un sinuoso meandro al que llamaron Manuel Morales, llegando la punta de exploración, hasta la cota de -827 metros. En esta expedición se levanta el plano topográfico que da un desnivel de -820 m, por lo que Sima Gesm adquiere importancia mundial, ya que existe probabilidad de

alcanzar un desnivel de -1000 m.

1978. En septiembre del mismo año, 9 miembros del GES de la SEM y otros 6 del ERE del CEC, penetran en la cavidad. Instalan un vivac en la base Paco de la Torre -807 para desde aquí atacar con mejores garantías la sima. Por fin se descubre el Lago ERE y el sifón, comprobándose que era imposible la continuidad.

1979. El GES de la SEM contó por primera vez con la colaboración internacional de miembros de la Federación Francesa y de la Federación Belga de Espeleología. Entre los belgas y españoles se instaló hasta el fondo y posteriormente hizo la entrada un último equipo con los dos buceadores y un malagueño. El resultado de la inmersión fue la exploración de 200 m de sifón, alcanzando los 24 m de desnivel.



Figura 2. Pozo Virgen de las Nieves -570 m

El equipo submarinista francés estuvo a punto de sufrir un accidente. Mientras avanzaban por el sifón, muy arcilloso y con poca visibilidad, chocaron entre sí y soltó el regulador de la boca soltando inmediatamente el hilo guía para colocarse el regulador. Durante varios minutos estuvieron buscando el hilo guía entre el agua perturbada y en una sección de galería de 3x1 m. En la década de los 80, la sima es visitada por grupos, pero sin aportar nuevas exploraciones.

1989. El GES de la SEM organiza una nueva expedición con el objetivo de superar el sifón terminal. Cuando ya se encontraba todo listo para la inmersión, una fuerte tormenta lleva al traste con la expedición. Los espeleólogos recuperan parte del material y sufren una penosa ascensión hacia la superficie.

1990. Se retoman los trabajos de la expedición del año anterior, con la ventaja de que parte del material ya se encuentra en el fondo de la sima. El resultado fue la exploración de parte del sifón, descendiendo 27 m de profundidad y 200 m de recorrido, desde el lago ERE, con lo cual situaba la cota de -1.098 m de la VII campaña a -1.101m. Se logró superar el sifón, alcanzándose nuevas galerías, lo que supuso bucear un sifón a más de -1000 m por un equipo español.

1994. Otra expedición organizada por el GES de la SEM escaló buscando la cabecera del Gran Pozo (P-115), con la intención de comunicar con el exterior. El resultado fue la exploración de los llamados Agujeros Negros, diversos conductos y galerías fósiles, alcanzando un desarrollo de más de 200 m.

2002 En mayo, la Asociación Internacional de Exploraciones Subterráneas (Cavex) intenta franquear el sifón del lago ERE buceando más de 400 m de sifón, en aquella ocasión debido a la escasa visibilidad del mismo no se pudo encontrar la galería que presuntamente continúa. Se bate de nuevo el récord del mundo de buceo a esa profundidad.

2003. En el transcurso de la Campaña Sima Gesm 2003 organizada por los grupos Andaluces Sección Espeleológica Marbellí y G. E. de Alhaurín el Grande, se descubre en esta sima tan mítica para la espeleología, un paso en la denominada Vía Lateral, que desciende vertiginosamente, abriendo con ello el abanico de posibilidades de conectar redes de galerías subterráneas en estas sierras. Se logró explorar 294 metros de desnivel y 743 metros de desarrollo.



Figura 3. Lago ERE con niveles de agua al mínimo, -996 m

2004. Nace la figura del interclub Sierra de las Nieves por la necesidad de Coordinar los esfuerzos de los diversos grupos que participaban. Se exploran nuevas vías descubiertas en el año anterior, dando como resultado la Vía Colateral, la Regüerta 1 y 2. También La Vía Lateral sigue su vertiginoso descenso después de superar el Meandro de Fatalandá hasta conectar con el pozo Paco de la Torre. Sobre este discurre un meandro bautizado como Meandro Pisa con Garbo que conecta con otro gran pozo que se queda a falta de explorar. Los resultados totales alcanzados fueron más de 1000 metros de desarrollo nuevo explorado.

2005. Para esta campaña contamos con un sólido patrocinador, la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía, siendo la primera vez que patrocina un evento específico de estas características en espeleología. Se sigue con la punta de exploración descubriendo un impresionante pozo denominado Paulino Plata (en agradecimiento a nuestro patrocinador principal), de 104 metros de desnivel. Se suceden los descubrimientos, destacando un pozo de 60 un pozo de 70 metros y se desciende donde descubre el Meandro del Futuro, de gran belleza. La cavidad sigue pero hay que abandonar por falta de material. La cota estimada se sitúa en los -898 m. La exploración alcanzo los 819 metros descubiertos y 429 metros de desnivel.

2006. El Interclub Sierra de las Nieves, sigue recibiendo el apoyo de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía como principal patrocinador.

Los trabajos realizados en la sima fueron los siguientes:

- Exploración del nuevo sector.
- Trabajos de topografía de los nuevos tramos descubiertos.
- Fotografía de las nuevas galerías y pozos con Calidad Profesional.
- Estudio geológico en coordinación con el Instituto Geológico y minero de España.
- Documental en calidad Profesional.
- Estudio Bioespeleológico.



Figura 4. La Mirada del dragón, Vía de los mineros. -780 m

En el apartado de comunicaciones, hemos innovado una vez más en Andalucía y me atrevería a decir que en España. Aunque colocar 1200 metros de cable no es nada nuevo en sima Gesm, si es, conseguir que un teléfono con cobertura mundial en el vivac de -420 metros, gracias a la tecnología GSM. Y este a su vez sincronizado con el Nicola, en el vivac de -717 metros. Esto ha supuesto una notable agilización en los trámites, un ejemplo; se solicitó una batería de repuesto para la cámara de filmación (imprescindible para seguir con el

documental), y en 15 horas la recibimos en el vivac de -717 metros, cuando lo normal hubiera sido tardar más de 2 días. El documental fue un gran reto. El cámara Marcus Taylor quiso grabar la expedición tal y como era, en tiempo real. Así que el reto estaba servido, ser capaces de grabar casi a -1000 metros de profundidad, suponía más material y por lo tanto un equipo más numeroso para poder mover ese material. Para visualizar el documental buscar en Youtube: Giant of the South del autor: Marcus Taylor. En el apartado de exploración, continuamos en el punto abandonado en el 2005, continuando por la galería se accede a un meandro estrecho y te obliga a arrastrarse por el curso activo, para después estrecharse hasta un paso impenetrable. Buscando de nuevo un paso alternativo que puentee este meandro final, se escalan 6 incógnitas, de las cuales ninguna da un resultado positivo de continuidad, aunque sí de desarrollo. Por otro lado, se explora una incógnita en la cabecera del pozo 115, se descubre una nueva entrada a la sima, denominada sima de la Luz. Sima Gesm pasa de ser una sima a un sistema denominado Sistema Sima Gesm – Sima de la Luz. Esta nueva entrada, se encuentra a 11 metros de desnivel por encima de Sima Gesm. localizándose la nueva entrada muy cerca de la cabecera de este. El resultado fue de 463 metros de desarrollo y 131 de desnivel.



Figura 5. La gran vía, -720 m

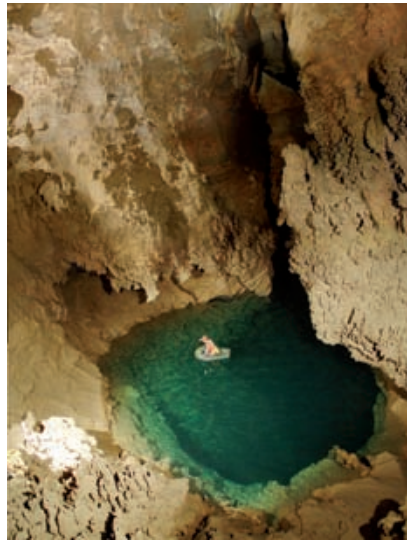


Figura 6. Lago de los Mineros, -800 m

2007. La Asociación Internacional de Exploraciones Subterráneas (Cavex) y el Interclub sierra de las Nieves, intenta de nuevo, franquear el sifón del lago ERE. Se logra encontrar la galería seca al otro lado del sifón. A partir de este punto post sifón pudimos continuar con las exploraciones, descubriendo nuevas galerías con un gran cavernamiento, unos 700 metros de desarrollo estimados y un desnivel de 97 metros. Paralelamente comenzamos la exploración de dos incógnitas una que parte desde el mismo vivac de -424 con un desarrollo superior a los 150 metros y otra más prometedora y con mayor envergadura en la cota de -550. A raíz de una escalada realizada con más de un kilómetro alcanzado hasta el momento (600 metros topografiados), a esta nueva zona se la ha denominado como Vía del Chipirón.

2008. El Interclub sierra de las Nieves, retoma su ya tradicional campaña de exploración en el sistema, explorando la vía del Chipirón.

Situada a -534 metros de profundidad, parte desde la vía del meandro pixi y dixi. Descubierta el año anterior, sigue aumentando su desarrollo. Esta vía, a lo largo de su recorrido, se divide en diferentes ramales, como La galería del Sifón, la Galería de las Formaciones. La galería del Sifón, esta situada a -611 metros de profundidad. Se bifurca a mediación del la galería del Chipirón. Un aporte de agua continuo atraviesa la galería del chipirón. Después de un pozo de 16 metros, describe un sinuoso camino, la galería nos descubre techos planos con algunas formaciones. Donde el aporte de agua se abre camino hasta llegar a un pequeño sifón. Por la parte

superior, la galería se intuye que continua, pero un tapón de sedimentos, impide el paso a los espeleólogos. Este lugar esta situado a -635 metros de profundidad. Galería de las Formaciones, es sin lugar a dudas, uno de los rincones mas bonitos de todo el Sistema. Se bifurca desde el pozo de 16 metros anteriormente citado, y sus dimensiones, son parecida a la galería del sifón. La sinuosa galería esta recubierta de delicadas formaciones que abundan por todos los rincones. En la cabecera del Pozo del Chipirón se ha realizado una escalada, que ha dado como resultado la continuación del meandro tropical, con galerías tanto horizontal, como vertical, con un total de cuatro posibles direcciones. El ramal del a Vía del Chipirón supera ampliamente el kilómetro. La Galería de las Pelotas se desarrolla de forma ascendente más de 245 metros de desnivel. Para superar estos obstáculos ha sido necesitado, duras jornadas de escalada. La galería en cuestión parte desde el vivac de -440 metros de profundidad y se remonta hasta una altura de -194 metros desde la boca, sin conectar en ningún momento con cualquier otra galería principal. En definitiva, la topografía sigue aumentando como si de las raíces de un árbol se tratara, superando el complejo la friolera cifra de los 7.500 metros topografiados. Se termina la topografía de la cavidad con nuevos medidores láser, rectificando todas las cotas de la cavidad a la baja, situando el lago ERE de -1074 m a -996 m



Figura 7. Meandro del futuro. Vía lateral, 830 m

2009. El Interclub sierra de las Nieves vuelve con VI campaña de exploración del Sistema Sima Gesm Sima de la Luz. En la Campaña 2009 se ha llegado a los 10429 metros topografiados y mas de 12000 metros descubiertos, con lo que coloca a este sistema en el mas Grande y Profundo de Andalucía. La vía de las Uñas es una galería que asciende desde la cota de -250 hasta -40 metros muy cerca de la superficie. Se compone de un minúsculo aporte de agua que va creciendo a medida que gana en profundidad. A destacar un gran pozo denominado Migueltraxion pues Miguel Moya tubo que realizar una arriesgada escalada de 60 metros de altura. La Vía Glaciar que comienza en lo más profundo de la sima, junto al vivac de -1000. Se descubrió, porque durante varios años se intento escalar la gran chimenea sobre el lago ERE a - 996 m de profundidad. Debido a la dificultad que presentaba, se opta por remontar un aporte de agua que hay cercano. En este lugar, se suceden las escaladas remontando un curso activo, superando 6 pozos el mayor de 27 metros de altura, hasta llegar lograr alcanzar la sala Glaciar una enorme sala de 20 metros de ancho por 90 de largo con una altura de unos 3 metros. su techo esta inclinado y liso.

seguimos remontando este curso activo y se llega a un lago largo y profundo. después se escalan varios pozos uno de ellos 29 metros. Una ventana nos lleva a una red de conductos laberínticos y galerías. uno de estos ramales desemboca en el pozo del lago ERE con un pozo de unos 70 metros que lo llamamos el

pozo del infierno de vertical absoluta. Esto resuelve 30 años de incógnita. La Tronera y la Gran Vía se sitúan a -730 m y preceden a un conjunto de galerías laberínticas y de diferente sección. A destacar la galería del sifón del Barro, esta consta de una gran galería principal que acaba en un tapón de barro y se divide en muchos y pequeños conductos. La gran Vía es una vía de aproximadamente un kilómetro de longitud, conecta la zona de la Tronera con la base del Paco de la Torre. Un camino mucho más directo y corto entre la zona de exploración y la salida a la calle.



Figura 8. Lago en la Vía Glaciar. -845 m

2010. El interclub Sierra de las Nieves en su séptima campaña de exploración, Topografía más de 12.655 metros consolidándose como la mayor cavidad de Andalucía. Otra vez, se consigue un Record Andaluz en el Sistema Sima Gesm - Sima de la Luz (Tolox, Málaga). Los espeleólogos escaladores realizan una labor encomiable, que han descubierto un entramado de galerías y pozos, que se ramifican en todas direcciones, entre las cotas -700 y -900 metros de profundidad. En los próximos meses, se descubren nuevas galerías como la galería de bypass o el meandro talega, que se desarrolla debajo de la gran vía.

2011. El interclub trabaja en la exploración de ventanas laterales en el pozo Paco de la Torre. Se descubren varias galerías y conductos descendentes. El más significativo un pozo paralelo de 60 metros de profundidad, y con entrada y salida al Paco de la Torre, en forma de asa.



Figura 9. Jason Mallinson momentos antes de explorar el sifón terminal.

Se descubre la galería Mágina de unos tres metros de diámetro. Durante su trayecto se cruza con galería ya conocidas. Después de superar un lago, la galería termina en un sifón denominado sifón Mágina. Realizamos

una campaña de espeleobuceo en el lago de los mineros. Se trata de un enorme sifón a la cota de -800 m, que alcanza una dimensiones sorprendentes. También es sorprendente que éste se encuentre 200 metros por encima del lago ERE. La exploración consto de dos inmersiones, en las cuales se descubrió un enorme conducto totalmente inundado de más de cien metros de longitud y un diámetro de seis metros. Seguimos escalando otro gran tramo de los Pozos paralelos, que alcanza la cota de -600 metros y sigue ascendiendo. Al realizarse la explotación de forma ascendente debemos ir sorteando los obstáculos que la sima nos ofrece. Con lo cual la lentitud de la exploración esta servida.

2012 El sistema alcanza ya los 15.039 metros. La vía del Chipirón era impensable las dimensiones que podría alcanzar. Se volvió a revisar, y un golpe de suerte nos hizo descubrir el meandro la caña que alcanzo casi los 500 metros y que nos llevo al pozo del otro mundo, de donde parte un curso activo que se pierde por el meandro del Maki. (en honor a nuestro desaparecido compañero).

2013 El Interclub sierra de las Nieves explora la vía de la conexión entre el meandro Manuel Morales y la Gran Vía. La vía de la conexión comunica la Gran Vía con el conocido meandro Manuel Morales. Se trata de un impresionante desfondamiento del meandro original, donde se van sorteando diferentes pozos y rampas hasta conectar con el meandro Manuel Morales. También se descubre la Vía kukicha, que ha supuesto una gran dificultad su exploración ya que se encuentra en la cota de -800 metros de profundidad. Se ha escalado aproximadamente 25 metros hasta alcanzar una ventana. En esta vía, se ha encontrado nuevos esqueletos de murciélago, esta vez bien conservados.



Figura 10. Galerías Aéreas tras el sifón del lago ERE.

2014 Este año, el espeleoclub Pasos Largos y miembros de otros grupos andaluces, junto con el Caving Diving Group, han formado una expedición conjunta hispano - inglesa, con una nueva expedición de Espeleobuceo al Sistema Sima Gesm- sima de la Luz. Se ha descubierto 1.700 metros de galería nueva tras el sifón del lago ERE. También se ha realizado un levantamiento topográfico de toda la zona. En la campaña se ha encontrado un segundo sifón, al cual se ha descendido una profundidad de 60 metros y un desnivel de 270 metros de desarrollo. Hasta el momento, el Sistema Sima GESM - Sima de la Luz, alcanza ya los 17940 metros de desarrollo y 1059 metros de profundidad. Los espeleobuceadores Jason Mallinson y Chris Jewell, han encontrado con la más alta tecnología en lo que a inmersiones se refiere, hablamos del rebreather. Se descubre la Vía de la liendre que esta parte en frente de la vía kukicha. También a la cota de menos 800 metros

de profundidad. Atraviesa por encima de la galería principal que va al lago ERE. Llegando a conectar con la vía kukicha. Hay que tener en cuenta que está vía, también ha supuesto una arriesgada escalada para llegar a la altura de la ventana que se observa desde la galería principal. Una vez introducido en esta galería empieza a serpentear llegando un momento en que se bifurca. Luego pierde fuerza y comienzan unos pasos estrechos y galerías dónde te debes arrastrar.



Figura 11. Topografía del sistema Gesm - Sima de la Luz. Interclub sierra de las Nieves.

Referencias

Federación Española de Espeleología FEE (2002) Subterránea nº 13 "Campaña Sima Gesm 1998-1999" García-Dils de la Vega, Sergio. Pág. 35-42.

Federación Española de Espeleología FEE (2002).

Grupo de Exploraciones Subterráneas de la Sociedad Excursionista de Málaga (1983)

Monografías Subterráneas nº 4 "La sima G.E.S.M." Edita GES de la SEM.

Sección Espeleológica Marbellí SEM (1979) Expedición Topográfica Sima Gesm 75. Edita SEM de Marbella.

Junta de Andalucía, (Agencia de Medio Ambiente) Casa de Velazquez 1987

Reconocimiento biofísico de los espacios naturales de Andalucía. Jean-Jacques Delannoy.

Sierra de las Nieves, simas, cuevas y barrancos. Editorial la Serranía. Autor Manuel J. Guerrero Sánchez.

Imatge per a l'exposició espeleològica Spéléorama al viaducte de Millau (França)

Víctor Ferrer^(1,2) i Michel Renda^(1,3)

(1) La Salle 3D International Team.

(2) C. Martorell, 14 - 08757 Corbera de Llobregat (Spain) flashblackcorb@hotmail.com

(3) 11, rue Gambetta -11400 Castelnaudary (France) michel.renda@neuf.fr

Resum

La Fédération Française de Spéléologie va celebrar els seus 50 anys. Per celebrar aquest esdeveniment vam realitzar una exposició a la zona del viaducte de Millau, a la sala d'exposicions del Consell General de l'Aveyron. La gran majoria dels turistes fan una parada per admirar la vista del viaducte. Els turistes que accedeixen a la zona a la ciutat de Millau són més d'un milió de visitants cada any. L'exposició es va basar en el mural panoràmic «La Fresque» compost per imatges de les coves més representatives del món formant una "topofotografia" amb una mesura de 9x2 metres en alta resolució. Aquesta gran imatge composta per més de 310 fotos, convida a un "viatge sota l'horitzó". Coves de gel a Àustria, busseig en cenotes de Mèxic, la Grotte Chauvet i l'art parietal, els rius subterranis de Cuba, les coves de mina de Naica (Mèxic) i Sardenya i les cavitats de les nostres regions mediterrànies. El viatge dona una visió general de la diversitat i la riquesa d'aquest "món ocult". La il·lustració ha estat realitzada per Víctor Ferrer qui ha participat amb el seu arxiu d'imatges de coves d'Espanya, França i Itàlia. Michel Renda i Antonio Danieli també han aportat l'arxiu de La Salle 3D International Team. Gràcies als fotògrafs i associacions que han aportat puntualment altres imatges hem pogut completar la nostra idea i transformar-la en una eina didàctica.

Paraules clau. Mural fotogràfic, exposició, explorar, estudiar, protegir.

Imagen para la exposición espeleológica Spéléorama en el viaducto de Millau (Francia)

Resumen

La Fédération Française de Spéléologie celebró sus 50 años. Para celebrar dicho evento realizamos una exposición en la zona del Viaducto de Millau, en la sala de exposiciones del Conseil Général de l'Aveyron. La gran mayoría de los turistas hacen una parada para admirar la vista del viaducto. Los turistas que acceden a la zona en la ciudad de Millau son más de un millón de visitantes cada año. La exposición se basó en el mural panorámico «La Fresque» compuesto por imágenes de las cuevas más representativas del mundo formando una "topofotografía" con una medida de 9x2 metros en alta resolución. Esta gran imagen compuesta por más de 310 fotos, invita a un "viaje bajo el horizonte". Cuevas de hielo en Austria, buceo en cenotes de México, la Grotte Chauvet y el arte parietal, los ríos subterráneos de Cuba, las cuevas de mina de Naica (México) y Cerdeña y las cavidades de nuestras regiones mediterráneas. El viaje da una visión general de la diversidad y la riqueza de este "mundo oculto". La ilustración ha sido realizada por Víctor Ferrer quién ha participado con su archivo de imágenes de cuevas de España, Francia e Italia. Michel Renda y Antonio Danieli también han aportado el archivo de La Salle 3D International Team. Gracias a fotógrafos y asociaciones que han aportado puntualmente otras imágenes hemos podido completar nuestra idea y transformarla en una herramienta didáctica.

Palabras clave. Mural fotográfico, exposición, explorar, estudiar, proteger.

Special display for the speleological exhibition in the Viaduct of Millau (France)

Abstract

The Fédération Française de Spéléologie has been celebrated its 50 years of fundation. To commemorate the event we made a special display in the area of the Millau Viaduct in the exhibition hall of the Conseil Général de l'Aveyron. The majority of tourists visiting the area stop and admire the view of the famous viaduct. Tourists at the city of Millau are more than a million per year. The exhibition was based on a panoramic mural we named "The Fresque" composed by some of the most representative images from different caves of the world forming all together like "photosurvey profil" with 9x2 meters size and high resolution picture (HQ). This great image composed of more than 310 photos invites to a "trip into the horizon." Ice Caves in Austria, diving into the cenotes of Mexico, the Grotte Chauvet and the prehistoric cave art, underground rivers of Cuba, the mine caves of Naica (Mexico) and Sardinia and the cavities of our mediterranean regions. The trip gives an overview of the diversity and richness of this "hidden world". Victor Ferrer who was involved with the image file caves of Spain, France and Italy made the illustration. Michel Renda Antonio Danieli also provided for the task the photo archive of La Salle International Team 3D. Thanks to photographers and associations that have timely submitted other images we were able to transform our idea into a real and useful educational tool.

Keywords. Photo mural, exhibition, explore, learn, protect.

INTRODUCCIÓ

La Salle 3D International Team al món

Els integrants del grup som de diverses nacionalitats. França, Itàlia, Alemanya, Eslovènia, Suïssa, Cuba, Estats Units, Espanya, Xile, Txèquia i Romania. Ens dediquem a la producció d'audiovisuals 3D, producció d'exposició fotogràfica, producció editorial, organització d'exposicions, projeccions i esdeveniments culturals, organització d'expedicions, exploracions i de documentació, organització de reunions i tallers de fotografia



Figura 1. Projecció 3D.

La Salle
3D International Team
PHOTO - VIDEO - DOCUMENTATION

Imatge per a l'exposició Spéléorama a la zona del viaducte de Millau

El projecte de l'exposició és una realització de Michel Renda. L'objectiu d'aquesta exposició va ser:

- Donar a conèixer el medi subterrani al màxim nombre de persones
- Informar el públic sobre la diversitat de les activitats relacionades amb aquest mitjà
- Crear consciència de la bellesa i la fragilitat del medi subterrani
- Revelar els ecosistemes que s'inclouen en aquest entorn

com:

- Donar a conèixer el medi subterrani al màxim nombre de persones
- Creant una visual "llegible" per al públic no especialitzat
- Sense usar cap terme científic que pugui cansar a un públic desinformat
- Recolzant-nos en gran mesura en els colors, les formes, la bellesa i les imatges espectaculars
- Per tal de despertar la curiositat del visitant

Realització d'un "mural panoràmic" que representi el medi subterrani de manera:

- Molt concentrada i més completa
- Lúdica: el visitant només haurà d'anar seguint la "lectura"
- Informativa i atractiva

Aquesta imatge central es complementa amb 5 panells mida 3x2 m:

- Busseig a Coves
- Canons
- PNR (els parcs naturals)
- RNF (les reserves naturals de França)
- Conservatoire du Littoral

La major part de les fotografies utilitzades prové de l'experiència de Víctor Ferrer en el camp de la fotografia subterrània i han estat publicades prèviament en diverses monografies i articles (Ferrer 2004, 2009, 2012, 2013; Ferrer i Calaforra 2010, Ferrer i Flash Black Corb 2010), i altres autors i referències web citades en aquesta comunicació.



Figura 2. Aspecte general de la sala d'exposicions.



Figura 3. Projectió 3D en LCD.

I finalment projecció permanent de diaporames en relleu (màxim 5 minuts durada), Figura 3.

Mural panoràmic «La Fresque»

Il·lustració de Víctor Ferrer. El mural panoràmic és el fruit de la col·laboració de Víctor Ferrer i de Michel Renda al llarg de tres mesos de treball

Metodologia

El programa utilitzat per realitzar la il·lustració fotogràfica és el Photoshop. La base del treball consisteix a efectuar la major part de fotografies dins de la cova observant unes normes bàsiques. Les fotografies han de ser en la seva major part panoràmiques preses de la secció d'una mateixa galeria o sala. És important disposar d'un ampli arxiu de fotos preses d'aquesta forma totalment atípica ja que es tracta de construir una "fototopografia". Per a les interseccions les fotos es fan en el sentit de la marxa.

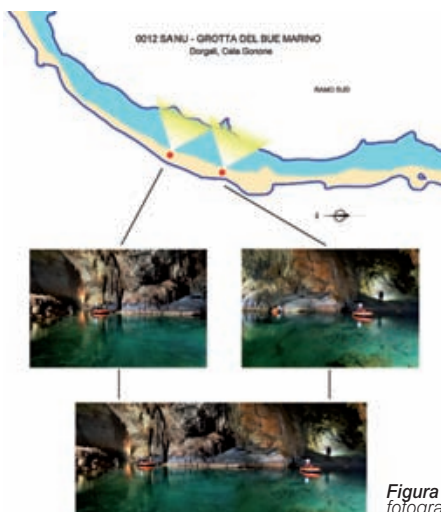


Figura 4. Forma de prendre les fotografies per poder construir les galeries.

Per a una major comprensió del treball que representa desenvolupem el projecte en 5 fases visualitzades mitjançant la seqüència de Figures 5-22.

Fase 1: Composició d'estructura geològica del massís.

Fase 2: Composició del fons del cel mitjançant imatges crepusculars.

Fase 3: Adició de fotografies de muntanyes, sediments, fòssils, volcans, illes, formacions coralinas, blue-holes, etc.

Fase 4: Composició de coves en gel, cavitats hidrotermals, hipogèniques, coves i mines, grans vidres, Naica, Lechugilla, Hawaii, Sicília, etc.

Fase 5: Addició d'imatges específiques de canons, dolines, meandres, pous, rius subterranis, art rupestre, imatges subaquàtiques, etc.



Figura 5. Fase n° 1. Fons amb els estrats. 16 imatges d'estrats de la Pedreira do Galinha en el vessant Est de Serra d'Aire a Portugal. Fotos Victor Ferrer.



Figura 5. Fase n° 2. Fons cel. 3 imatges. Zona litoral de Barcelona a Espanya. Fotos Victor Ferrer.



Foto 6. Fase n° 3. Muntanyes (34 imatges). Mar (7 imatges). Corall (22 imatges). Sediments (27 imatges). Illa Volcànica (9 imatges). Imatges d'Itàlia, França, Estats Units i Mèxic. Fotos de Victor Ferrer i d'arxiu.



Figura 8. Fase nº 3. Detall de les muntanyes.



Figura 9. Fase nº 3. Detall de la zona dels sediments.



Figura 10. Fase nº 3. Detall de la zona del corall i del blue hole.

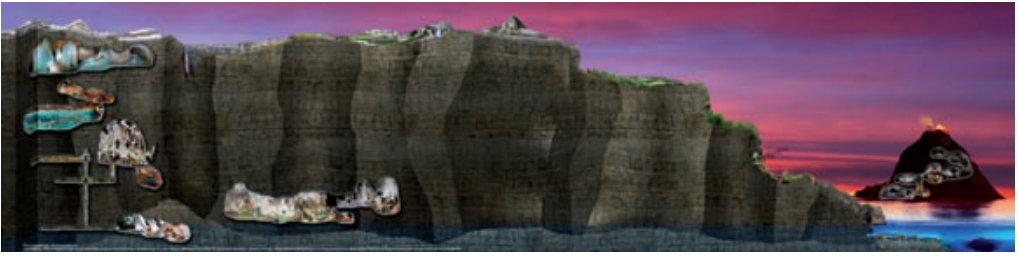


Figura 11. Fase nº 4. Cova de gel a Àustria (3 fotos de Michel Renda i Antonio Danieli). Cova hidrotermal a Espanya (11 fotos de Víctor Ferrer). Santabàrbara i mina de San Giovanni a Itàlia (15 fotos de Víctor Ferrer). Naica a Mèxic (3 fotos d'Antonio Danieli). Lechugilla als Estats Units (11 fotos de Michel Renda, Peter Bosted i Daniel Chailloux). Cova volcànica de Hawaii i Sicília (12 imatges de Philippe Crochet, Michel Renda i Peter Bosted). Ratpenats (9 il·lustracions de Víctor Ferrer).



Figura 12. Fase nº 4. Detall de cova de gel.



Figura 13. Fase nº 4. Detall de cova hidrotermal o hipogènica.



Figura 14. Fase n° 4. Detall de cova hidrotermal o hipogènica.



Figura 15. Fase n° 4. Detall de cova de mina.



Figura 16. Fase n° 5. Canó de Cuba, Espanya i els Estats Units (7 fotos de Michel Renda, Antonio Danieli i fotos d'arxiu). Meandres (21 Il·lustracions de Victor Ferrer). Pous d'Espanya i els Estats Units (5 fotos de Victor Ferrer i Peter Bosted). Riu subterrani de França, Itàlia i Cuba (19 fotos de Victor Ferrer, Antonio Danieli, Daniel Chailloux i Michel Renda). Galeries fòssils d'Espanya, França, Itàlia, Suïssa i Cuba (36 fotos de Victor Ferrer, Antonio Danieli, Michel Renda i Daniel Chailloux. Art parietal de França (Grotte Chauvet i Cueva de las Ventanas d'Espanya (12 imatges de Jean Marie Chauvet i Victor Ferrer). Galeries subaquàtiques de França i Mèxic (23 fotos de Frank Vasseur i Anatoly Beloshchin).



Figura 15. Fase nº 5. Detall del canó i entrada al col·lector principal.



Figura 16. Fase nº 5. Detall dels pous, dolines i meandres.



Figura 17. Fase nº 5. Detall del riu subterrani, cascada i sortida de la cova.



Figura 20. Fase nº 5. Detall de les galeries fòssils, aragonita i cristal·lització.



Figura 21. Fase nº 5. Detall de la cova amb art parietal i recreació neolítica.

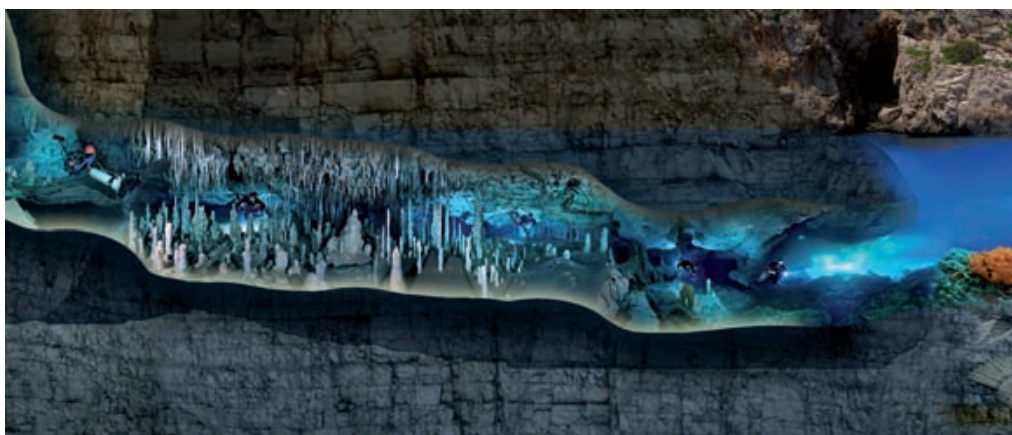


Figura 22. Fase nº 5. Detall de la cova subaquàtica.



Figura 23. Aspecte final del panell en l'exposició de Millau (França).

Dades tècniques

311 imatges
9 x 2 metres amb una resolució de 220 dpi
Imatge en capes 5,94 GB en format PSB.
Imatge acoblada 2,90 GB en format PSB.

Els Sponsors

La Fédération Française de Spéléologie
Le Conseil Général d'Aveyron
ANECAT (les coves de França)
RNF (les reserves naturals de França)
PNR (els parcs naturals)
Conservatoire du Littoral
La Societ  Speleologica Italiana

Referencies

Widmer, Urs. 1991. Lechugilla. Speleo Projects, Bassel-Suisse, 144 pp.

Ferrer, V. 2004. Grandes Cuevas y Simas del Mediterráneo, En: Los conductos Subterráneos. Corbera de Llobregat, Barcelona, 10-11.

Ferrer, V. y Calaforra, J.M. 2010. La Sima de la Higuera. Corbera de Llobregat, Barcelona, 80 pp.

Ferrer, V. 2009. Grandes Cavités Méditerranéennes (Languedoc et Rouergue). Corbera de Llobregat, Barcelona, 276 pp.

Audra, Ph. 2010. Grottes & Harst de France. Karstologia Mémoires núm. 19. Asociación française de harstologie, 22-23-31-67.

Ferrer, V. 2010 y Flash Black Corb. 10 Anys de activitats a la Mediterrània. EspeleoCat núm. 8. Revista de la Federació Catalana d'Espeleologia, 38-39-40-41.

Renda, M y Crochet. P. 2012. Premières Rencontres Internationales des Photographes du Monde Souterrain. Olargues 2011. 174 pp.

Ferrer, V. 2012. La rivière souterraine de Bramabiau, En: Le Plateau de Camprieu, La visite de Bramabiau, l'aven du Basset. Corbera de Llobregat, Barcelona, 10-14-36.

Ferrer, V. 2012. La Cova de Santa Barbara i les Coves de la mina de San Giovanni. EspeleoCat núm. 9. Revista de la Federació Catalana d'Espeleologia, 26-27-28-29.

Ferrer, V. 2013. Barrancos, Cuevas y Simas. Els Ports, En: Avenc de Massana. Corbera de Llobregat, Barcelona, 86-87.

Ferrer, V. 2014. La Cova Urbana de Tarragona. Corbera de Llobregat, Barcelona, 112 pp.

Referencies web

Le site officiel de Frank Vasseur (CELADON), 24/07/2014, <http://celadons.free.fr/>

Le site officiel de Philippe Crochet (PHILIPPE CROCHET), 24/07/2014, <http://www.philippe-crochet.com/>

Le site officiel de La Salle (La Salle 3D International Team), 24/07/2014, <http://www.lasalle3d.com/>

CavePics Home Page de Peter and Ann Bosted (Cave Photography of Peter and Ann Bosted), 24/07/2014, <http://www.cavepics.com/>

Home Page de Antonio Danieli (Antonio Danieli), 24/07/2014, <http://www.fotocommunity.it/fotografo/antonio-danieli/foto/768738>

Home Page de Wikipedia (Cueva de Chauvet), 24/07/2014, http://es.wikipedia.org/wiki/Cueva_de_Chauvet

Home Page de Anatoly Beloschin (Underwater Caves), 24/07/2014, <http://www.anatoly.pro/en/photoalbums/38>

Home Page de Víctor Ferrer (espeleovictor), 24/07/2014, <https://sites.google.com/site/espeleovictorcom/venta-de-libros/galeria-de-imagenes>

Le spéléo secours Français. La spéléo-plongée

Jean-Pierre Baudu

Spéléo-secours-Francais
4 allée du Serpolet
42000 Saint-Etienne, France
jpcbaudu@gmail.com

Résumé

Le spéléo secours Français a 37 ans et parmi cette grande famille, une compétence reste méconnue par certains, la spéléo-plongée. Comme en spéléo sèche, nous avons développé nos techniques pour porter assistance aux victimes. Depuis les années 70, des plongeurs réfléchissent à une civière qui ramènerait nos compatriotes à l'air libre. Mais nous avons également développé des procédures, des techniques une médicalisation, des recherches... C'est l'histoire de ces hommes que je vais vous raconter. Je vais vous expliquer en quoi ce travail est énorme et pourquoi, il est vital pour nous tous. Je vous décrirais notre façon de travailler et la philosophie qui guide nos palmes vers l'ultime moment, celui de sortir un plongeur vivant. Je m'appuierais sur des exemples concrets, sur une dynamique qui nous a permis d'aller toujours plus loin et plus profond. Enfin je vous parlerai de nos travaux de recherche et nos objectifs toujours plus ambitieux.

Mots-clés. Spéléo secours français, Histoire, Spéléo-plongée, techniques.

L'espeleosocors francès. L'espeleobusseig

Resum

L'espeleosocors francès ha fet 37 anys i, en aquesta gran família, una de les disciplines continua essent poc coneguda per alguns: l'espeleobusseig. Com en l'espeleologia en sec, hem desenvolupat les nostres tècniques per ajudar les víctimes. Des dels anys 70, els bussos hem desenvolupat una llitera per portar els companys a l'aire lliure. Però també hem desenvolupat procediments, tècniques de medicalització i de investigació... Aquesta és la història d'aquests homes que explicaré. Explicaré per què aquest treball és enorme i per què és vital per a tots nosaltres. Descriuré com treballem i la filosofia que guia les nostres passes fins a l'últim moment: treure un bussejador viu. Ho recolzaré amb exemples concrets, en una dinàmica que ens ha permès anar més lluny i més profundament. Finalment parlaré de la nostra investigació i les nostres metes cada vegada més ambicioses.

Paraules clau. Espeleosocors francès, Història, Espeleobusseig, tècniques.

El Espeleosocorro Francés. El Espeleobuceo

Resumen

El Espeleosocorro Francés ha cumplido 37 años y, entre esta gran familia, una de las disciplinas sigue siendo poco conocida por algunos: el Espeleobuceo. Como en la espeleología en seco, hemos desarrollado nuestras técnicas para asistir a las víctimas. Desde los años 70, los buceadores han desarrollado una camilla para llevar a nuestros compañeros al aire libre. Pero también hemos desarrollado procedimientos, técnicas de medicalización y de investigación... Es la historia de estos hombres la que voy a explicar. Os voy a explicar en qué este es un trabajo enorme y porqué es vital para todos nosotros. Describiré cómo trabajamos y la

filosofía que guía nuestros pasos hasta el último momento: sacar a un buceador vivo. Me apoyaré en ejemplos concretos, en una dinámica que nos ha permitido ir más lejos y más profundo. Finalmente voy a hablar de nuestra investigación y nuestras metas cada vez más ambiciosas.

Palabras clave. Espeleosocorro Francés, Historia, Espeleobuceo, Técnicas.

The French cave rescue. Cave diving

Abstract

The French cave rescue is 37 years old and among this family there is a discipline that remains unknown to many, cave diving. As well as in dry caving, we have developed techniques to assist the victims. Since the 70's divers are trying to develop a stretcher to bring our compatriots to open air. We have nevertheless developed proceedings, techniques, medicalisation, research... I am going to tell you the story of these men. I am going to tell you what makes this a great task and why it is vital for all of us. I will describe our work and the philosophy that is guiding our steps towards the final moment, rescuing a diver alive. I will use particular examples and show the process that has always taken us further and deeper. I will finally talk to you about our research and about our ambitious goals.

Keywords. The french Cave rescue, History, cave diving techniques.



*Inclus sur le CD.
Inclòs en CD.
Incluido en CD.
Included on CD.*

Liquid Caves.

Exploració i estudi de les cavitats de les Illes Balears

Miquel Àngel Perelló Estelrich

Federación Balear de Espeleología - Explorextrem. <http://exploextrem.blogspot.com> eemallorca@gmail.com
C. Músic Arrieta nº 27
07008 Palma de Mallorca - Illes Balears (España)
mapesub@hotmail.com

Resum

Coves Líquides és un projecte-documental basat en les exploracions i estudi de les cavitats de les Illes Balears que es duen a terme per diferents grups espeleològics i científics de Mallorca. El documental se centra a mostrar, el seguiment dels treballs de recerca que es duen a terme a les cavitats inundades, documentant audiovisualment aquestes tasques i obtenint testimoni dels espeleòlegs, científics i tècnics que col·laboren en els estudis. En els estudis realitzats s'han documentat troballes que pel seu interès destaquen a nivell mundial donat el valor científic dels mateixos. Actualment continua la tasca d'estudi i documentació. Gran part de les imatges són inèdites i amb gran valor documental i audiovisual. Majoritàriament es mostren imatges que transcorren en medi subaquàtic, cavitats inundades a les que molt poques persones han tingut accés i tècnicament molt complexes per al seu registre. En aquest entorn tan hostil, ensenyem quines tècniques i materials utilitzem, per poder treure a la llum, tot aquest món amagat. SINOPSI ARGUMENTAL. Coves líquides il·lustra el seguiment periòdic de tots els treballs relacionats amb l'espeleologia, especialment el espeleobusseig de les Balears i també mostra la relació que guarda amb altres llocs del món, com ara els Cenotes de Yucatán, a Mèxic. Producció i direcció: Miquel Àngel Perelló Estelrich.

Paraules clau. Illes Balears, Espeleobusseig, estudi i documentació, Espeleologia, audiovisual.

Cuevas líquidas. Exploración y estudio de las cavidades de las Islas Baleares

Resumen

Cuevas Líquidas es un proyecto-documental basado en las exploraciones y estudio de las cavidades de las Islas Baleares que se llevan a cabo por diferentes grupos espeleológicos y científicos de Mallorca. El documental se centra en mostrar, el seguimiento de los trabajos de investigación que se llevan a cabo en las cavidades inundadas, documentando audiovisualmente estas tareas y obteniendo testimonio de los espeleólogos, científicos y técnicos que colaboran en los estudios. En los estudios realizados se han documentado hallazgos que por su interés destacan a nivel mundial dado el valor científico de los mismos. Actualmente continúa la tarea de estudio y documentación. Gran parte de las imágenes son inéditas y con gran valor documental y audiovisual. Mayoritariamente se muestran imágenes que transcurren en medio subacuático, cavidades inundadas a las que muy pocas personas han tenido acceso y técnicamente muy complejas para su registro. En este entorno tan hostil, mostramos qué técnicas y materiales utilizamos, para poder sacar a la luz, todo este mundo escondido. SINOPSIS ARGUMENTAL. Cuevas líquidas ilustra el seguimiento periódico de todos los trabajos relacionados con la espeleología, especialmente el espeleobuceo de Baleares y también muestra la relación que guarda con otros lugares del mundo, como los Cenotes de Yucatán, en México. Producción y dirección: Miguel Ángel Perelló Estelrich.

Palabras clave. Islas Baleares, Espeleobuceo, estudio y documentación, Espeleología, audiovisual.

Liquid Caves. Exploration and research in the caves in the Balearic Islands

Abstract

Liquid Caves is a documentary project based on the explorations and study of the caves in the Balearic Islands carried out by different caving groups and scientists from Mallorca. The documentary focuses on showing the development of the research tasks carried out in the flooded caves, backing them up with audio-visual documentary evidence and the testimony of the cavers, scientists and technicians who cooperate in the research. In these researches world-wide relevant scientific discoveries have been made. The tasks continue at the moment. Most of the pictures are unpublished and have great audio-visual and documentary value. They mostly show images of the underwater environment and flooded caves whose exploration and access is technically very complex and have been therefore seldom visited. In such a hostile environment we show the techniques and materials that we use in order to bring this hidden world to light. SYNOPSIS. Liquid Caves illustrates the monitoring of all the tasks related to caving and cave diving in particular, in the Balearic Islands and it also shows the relationship it keeps with other places in the world, like the Yucatan Cenotes in Mexico Production and Direction: Miquel Àngel Perelló Estelrich.

Keywords. *Balearic Islands, cave diving, Research and documentation, Caving.*

Liquid Caves, documental sobre les exploracions i estudis realitzats a les darreres dècades de les cavitats de les Illes Balears (Espanya).

En els darrers anys l'exploració subaquàtica de les coves litorals, que constitueixen un hàbitat anquihalí, de les Illes Balears ha tingut un fort creixement a causa de nous descobriments.

La millora de les tècniques, tant del busseig en si mateix com de l'instrumental utilitzat en la filmació, fotografia i il·luminació han permès accedir i documentar les noves zones descobertes.



Foto 1. Equip d'il·luminació experimental (Lunax)



Foto 2. Laberinto inferior (Cova des Pas de Vallgornera)



Photo 3. Sala Que No té Nom. Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor)

En el documental s'ofereixen, a més de les imatges de les cavitats, declaracions tant d'espeleòlegs com de científics.

Les troballes efectuades aporten noves proves sobre l'escalfament global i ens informen sobre els diferents episodis climàtics ocorreguts al llarg del quaternari.

Les excepcionals condicions de conservació que presenten les diferents cavitats de les illes han permès que la majoria d'espeleotemes es conservin fins als nostres dies en magnífiques condicions. Els paleonivells, un tipus particular d'espeleotema, ens donen informació sobre els diferents nivells que ha assolit la mar durant aquests últims dos milions d'anys. Aquesta informació ens permetrà afrontar amb més coneixement els reptes del canvi climàtic que s'aveïna.

Coves com el sistema de sa Gleda-Camp des Pou i la cova des Pas de Vallgornera són autèntics tresors, sumen entre ambdues més de 30 km de galeries submergides. Són cavitats úniques a Europa, les majors cavitats litorals del continent.



Photo 4. Coves del Drac (Porto Cristo, Manacor-Mallorca). Només podem trobar similituds en la morfologia de les nostres coves amb els famosos "Cenotes" de la península de Yucatán a Mèxic, als quals se cita en el vídeo reportatge.



Foto 5. Es Gorg de Sant Joan de sa Font Santa (Campos - Mallorca)



Foto 6. Cenote Caterpillar (Tulum,México)



Foto 7. M.Perelló i M.Vives,Cenote Jail House (Tulum,Mèxic)

En el documental es fa referència a la troballa de fòssils, molts abundants i variats en algunes zones. El seu estudi ens permet recrear la fauna del passat, abans de l'arribada de l'home a les nostres illes i fins i tot de fòssils anteriors a les pròpies cavitats. D'altra banda, les troballes arqueològiques ens aporten informació sobre la successió de cultures que van habitar les nostres Illes.

Gran part de les imatges són inèdites. La dificultat per obtenir-les és deguda principalment a la complexitat de les nostres cavitats i a la problemàtica de filmar i il·luminar un ambient tan hostil.

El transport del feixuc i voluminós material de busseig i de filmació fins arribar a la cavitat i després fins als llacs a través de tot tipus d'obstacles suposa un esforç titànic. Posteriorment comença la pròpia activitat, a través de sifons, això és, galeries submergides quilomètriques. Tota una jornada intensiva de feina esgotadora només permet l'obtenció d'unes poques imatges.

La millora que s'ha produït en els materials i tècniques de progressió en cavitats inundades ens ha permès documentar llocs fins ara inaccessibles. Sistemes millorats de portar els tancs lateralment i propulsors de gran autonomia han estat imprescindibles per descobrir, explorar, topografiar i documentar les noves galeries.



Foto 8 Ceràmica recuperada en Es Dolç (Ses Salines)



Foto 9. Dr. Pere Bover, amb un crani (MyotragusBalearicus)



Foto 10. Cova den Bassol (Marina de Felanitx)

Un altre gran avanç ha estat la revolució tecnològica que s'ha produït al món de la il·luminació. L'ús de la tecnologia de leds, amb més potència i menor consum i les noves bateries han contribuït enormement a poder disposar d'una il·luminació mai imaginada i amb gran autonomia. La indiscutible millora de la il·luminació ha permès no tan sols el poder filmar amb gran amplitud les nostres cavitats submergides sinó que alhora ha estat decisiva per a l'exploració, en poder observar cada racó de les nostres complicades cavitats.

D'altra banda, els últims models de càmeres i carcasses subaquàtiques així com els grans formats de filmació ens han permès mostrar amb més detall aquest difícil entorn.



Foto 11. Sector submergit. Cova des Pas de Vallgornera (Lluçmajor)

Explorextrem i Miquel Àngel Perelló Estelrich

Explorextrem sorgeix com a associació per a la filmació i documentació de cavitats. Està format per Miquel Àngel Perelló Estelrich, càmera espeleobussejador i Miquel Vives, espeleobussejador i col·laborador, ambdós de nacionalitat espanyola.

Per a la filmació d'aquest tipus d'imatges és imprescindible la col·laboració d'un gran equip format per espeleobussejadors, espeleòlegs, tècnics, etc. Principalment membres de la Federació Balear d'Espeleologia de diferents nacionalitats com Espanya, França, Suècia, Mèxic o Colòmbia, entre els quals es troben: Xisco Gràcia, Bernat Clamor, Pere Gamundí, Antoni Cirer, Maria Martínez, Marcos Herrero, Anders Kristofersson, Guiem Mulet, Juan Carlos Lázaro, Nico Betton, Josep Guarro, Hilari Moreno, Vicente Fito i John Freddy Fernández.

Per a les tasques de recerca es col·labora amb l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (Consell Superior de Recerques Científiques), la Universitat de les Illes Balears i la Societat d'Història Natural de les Balears.

Per a la realització d'aquest documental hem d'agrair l'ajuda dels centres de busseig Isurus, Mar Balear, Skualo, Zoea i Platja Dive Center per l'ús de les seves instal·lacions i embarcacions.



Foto 12. Sector submergit.Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor)

Liquid Caves, documental sobre les exploracions i estudis realitzats a les darreres dècades de les cavitats de les Illes Balears

El projecte és l'exposició del documental Liquid Caves, filmat, editat i produït per Miquel Àngel Perelló.

L'objectiu d'aquest documental és:

Mostrar al públic en general imatges del nostre patrimoni submergit que d'altra forma seria impossible donar a conèixer.

Conscienciar de la necessitat de protegir i respectar aquest fràgil entorn.

Divulgar els diversos estudis sobre la geologia, paleontologia, arqueologia, biologia, etc. que fan de l'exploració de les cavitats litorals, d'ambient anquihalí, un món interdisciplinari.

Valorar les dificultats que comporta la documentació videogràfica d'aquest món subterrani inundat i la importància de formar un equip ben coordinat dedicat a aquesta tasca.

Compartir amb la gent la increïble bellesa de les coves i de les formacions que contenen, autèntics tresors del nostre Patrimoni Natural i Cultural.



Foto 13 Llac Quadrat. Cova des Pas de Vallgomera (Llucmajor)

LLISTAT DE CAVITATS REGISTRADES

Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca, España)
Sistema Sa Gleda- Camp des Pou (Manacor, Mallorca, España)
Sistema Pirata - Pont - Piqueta (Manacor, Mallorca, España)
Cala Varques B (Manacor, Mallorca, España)
Cova de sa Tortuga (Manacor, Mallorca, España)
Coves del Drac (Porto Cristo, Manacor, Mallorca, España)
Cova des Drac de Cala Santanyi (Santanyi, Mallorca, España)
Cova den Bassol (Felanitx, Mallorca, España)
Sa Font de ses Artigues (Alaró, Mallorca, España)
Cova Genovesa (Manacor, Mallorca, España)
Cova des Rafal des Porcs (Manacor, Mallorca, España)
Cova de sa Finestra (Dragonera, España)
Cova des Pintor (Sóller, Mallorca, España)
Cova des Cavall (Sóller, Mallorca, España)
Cova des Far (Sóller, Mallorca, España)
Es Dolç (Ses Salines, Mallorca, España)
Cova del Pilar (Manacor, Mallorca, España)
Cenotes de la Península de Yucatán, México:
Angelita, Pet Cementery, Chan Aktun Ha, Doggi, Jail House, Mayan Blue, Muchacho, Pit, Ponderosa, Zapote, Caterpillar, Concha, Hoyo Negro, Pedrín, Ponderosa, Taj Mahal, Car Wash, Nai Tucha, Chan Hole, Dos Ojos, Chikin Ha, Chanchen..



Foto 14. Cova den Bassol (Marina de Felanitx)

Protocolo de actuación del GREIM en espeleosocorro (España)

Laureano Gómez

Guardia Civil.

Avda. Avenida de Francia nº 57 Jaca (Spain) lgomezr@guardiacivil.es

Resumen

En el año 1981 la Federación Aragonesa de Espeleología imparte un curso de espeleo-socorro a miembros de la unidad de Montaña de la Guardia Civil (GREIM) en Jaca (Huesca). Es la primera toma de contacto de los GREIM con el espeleo-socorro. En 1989 la Federación Española de Espeleología (FEE) con el visto bueno de la Dirección General de Protección Civil, elabora un programa destinado a formar especialistas de la GC en espeleo-socorro, realizándose en Andalucía, Aragón y Cantabria. El objetivo del curso es que los GREIM adquieran una preparación que les permita intervenir y colaborar en rescates con los grupos de espeleo-socorro de las Federaciones Territoriales (FFTT). No es hasta el curso 1991-92 cuando se incluye dentro del Plan de estudios del curso de montaña de la GC una fase específica de espeleología y espeleo-socorro. Actualmente el GREIM colabora en todas las labores de espeleo-socorro en aquellas Comunidades Autónomas (CC.AA) donde su participación está incluida dentro del protocolo de actuación de las CC.AA. El protocolo de actuación para espeleo-socorro en Aragón consiste en que en una alerta, el GREIM actúa como grupo de primera intervención y el espeleo-socorro Aragonés (ESA) permanece en prealerta por si fuese necesaria su intervención. En estos años se han realizado muchos rescates participando el ESA y GREIM conjuntamente.

Palabras clave. Técnicas, Espeleosocorro, protocolo de actuación, GREIM.

Protocol d'actuació del GREIM en espeleosocors (Espanya)

Resum

L'any 1981 la Federació Aragonesa d'Espeleologia imparteix un curs d'espeleosocors als membres de la unitat de Muntanya de la Guàrdia Civil (GREIM) a Jaca (Osca). És la primera presa de contacte dels GREIM amb l'espeleosocors. El 1989 la Federació Espanyola d'Espeleologia (FEE) amb el vistiplau de la Direcció General de Protecció Civil, elabora un programa destinat a formar especialistes de la GC en espeleosocors a Andalusia, Aragó i Cantàbria. L'objectiu del curs és que els GREIM adquireixin una preparació que els permeti intervenir i col·laborar en rescats amb els grups d'espeleosocors de les federacions territorials (FT). No és fins al curs 1991-1992 quan s'inclou dins el Pla d'estudis del curs de muntanya de la GC una fase específica d'espeleologia i espeleosocors. Actualment el GREIM col·labora en totes les feines d'espeleosocors en aquelles comunitats autònomes (CA) on la seva participació està inclosa dins el protocol d'actuació de les CA. El protocol d'actuació per a espeleosocors a Aragó consisteix en el fet que en una alerta, el GREIM actua com a grup de primera intervenció i l'espeleosocors Aragonès (ESA) roman en prealerta per si fos necessària la seva intervenció. En aquests anys s'han dut a terme molts rescats participant l'ESA i GREIM conjuntament.

Paraules clau. *Tècniques, Espeleosocors, protocol d'actuació, GREIM.*

GREIM's Action protocol in Cave Rescue (Spain)

Abstract

In 1981, the Aragonese Speleology Federation gave a course on cave rescue to members of the Guardia Civil Mountain Division (GREIM) in Jaca (Huesca). It is the first contact of the GREIM with cave rescuing. In 1989 the Spanish Speleology Federation (FEE) with the approval of the Guardia Civil's General Management, creates a program, carried out in Andalusia, Aragon and Cantabria, meant to train specialists in cave rescue within the Guardia Civil. The goal is that GREIM members achieve enough expertise to intervene and cooperate in cave rescues together with the cave-rescue teams of the territorial Federations (FFTT). In 1991-92 a specific subject on Speleology and Cave rescue is included in the CG mountain course program. The GREIM cooperate at present in all cave rescue tasks carried out in those Autonomous Communities where their participation is included in the Community protocols. The cave rescue protocol in Aragón consists of an alert. The GREIM then acts as the first intervention group and the aragonese cave rescue team (ESA) activate a pre-alert, in case their intervention was necessary. Many rescues have been carried out by bothn ESA and GREIM working together.

Keywords. Techniques, cave rescue, protocol, GREIM.

Introducción

Tras el paréntesis de la Guerra Civil y la recuperación económica de España la clase media que se va formando, comenzó a realizar actividades de montaña con el consiguiente aumento de los accidentes. La manera de solventar los rescates era mediante voluntarios con experiencia en montaña que debían solicitar permiso en sus trabajos y que, debido a la dificultad de las comunicaciones en la época, no se localizaban de inmediato y debían realizar largos traslados hasta la zona del accidente. Las tareas eran coordinadas por el Gobierno Civil de la provincia y a las mismas asistía la pareja de la Guardia Civil para levantar el correspondiente atestado. Al recibirse siempre el primer aviso del accidente en los cuarteles de la Guardia Civil, que además se encontraban abiertos las 24 horas, se valoró la posibilidad de profesionalizar el rescate con miembros del Cuerpo.



Figura 1. Rescate en Montaña 1970.

En 1940 tras la fusión del Cuerpo de Carabineros y la Guardia Civil, el Cuerpo se hizo cargo del resguardo fiscal del Estado y de la vigilancia de las fronteras para evitar el paso de los "maquis". Se empezó a formar a guardias civiles en esquí para poder moverse por esas zonas durante el invierno.

Finalmente en 1967 se creó la especialidad de Esquiador-Escalador y se convocó el primer curso de la especialidad propiamente dicha con dos fases (la de esquí y la de escalada y rescate)

En 1968 se organizaron las primeras Unidades en Jaca y Boltaña que prácticamente estaban dedicadas en exclusividad al rescate, a la vigilancia de la frontera y a cualquier otra actividad relacionada con las misiones del Cuerpo en la montaña. Al mismo tiempo en otras comandancias se contó en los puestos con personal que había recibido formación en Coll de Lladres pero que realizaba sus funciones como especialista exclusivamente cuando se daba aviso de un rescate. Esto provocaba una falta de preparación técnica que hacía ineficaz este servicio.

En 1981 se reorganizó la especialidad y se adoptó el modelo seguido en Aragón para el resto de España. Se crean los GREIM con un despliegue casi igual al actual basándose en la ubicación de las Unidades en la proximidad a los macizos montañosos para facilitar el entrenamiento y el acceso inmediato en el caso de no poder utilizarse el helicóptero. Se comienza a utilizar, no sin dificultades, el binomio especialista-helicóptero que hoy en día se complementa con un sanitario (médico-enfermero) en Aragón.

En 1990 se crea el Servicio de Montaña al mando de un Coronel con la dependencia técnica de los GREIM. En 2.000 se reorganiza el Servicio de Montaña tal y como lo conocemos en la actualidad.

Los inicios del espeleo-socorro en los GREIM

En el año 1981 la Federación Aragonesa de espeleología impartió un curso de espeleo-socorro a miembros de la Unidad de montaña de Jaca (Huesca). En el transcurso de unas prácticas un miembro de la Guardia Civil sufrió un accidente en la cueva de la Buchaquera (Huesca). El guardia Salazar fue evacuado en camilla por el interior de la cueva con lesiones de fractura de cadera. La evacuación desde la boca de la cueva al centro hospitalario más cercano se realizó con el helicóptero de la Gendarmería.

En 1989 se reanudaron las conversaciones entre la Inspección Nacional de las unidades de montaña de la Guardia Civil y la Dirección General de Protección Civil. Tras varias reuniones se acordó finalmente elaborar un programa destinado a la formación de especialistas en espeleo-socorro dentro de los grupos de intervención en montaña de la GC. Se decidió impartirles unos cursos en Jaca (Huesca), Cantabria y Granada, coincidiendo con las zonas de mayor potencial espeleológico.



Figura 2. Evacuación espeleólogo herido cueva de la Buchaquera (Huesca). Fotografía de Francisco Valero Sánchez.

El objetivo de dichos cursos era la instrucción a alumnos de forma que adquirieran una preparación que les permitiera actuar por sí mismos en rescates sencillos y colaborar en otros de mayor envergadura, con los grupos de socorro de las Federaciones territoriales. En el curso 91-92 se incluye dentro del programa del curso de montaña (de nueve meses de duración) una fase específica teórico-práctica de espeleología y espeleo-socorro. Desde 1990 en Aragón se vienen realizando todos los años prácticas y cursos organizados por la Federación Aragonesa encaminados a mejorar el nivel del espeleo-socorro.



Figura 3. Practica durante el curso del CAEM . Cueva de Esjamundo, Villanua (Huesca) año 1993.

En 1999 el Centro de Adiestramientos Específicos de Montaña (CAEM) inició los cursos de perfeccionamiento de espeleosocorro de tres semanas de duración que se realizan anualmente. Desde 2007 se han realizado cursos de desobstrucción para espeleosocorro, así como multitud de prácticas con microvoladuras.

Durante todos estos años los especialistas de montaña de la guardia civil han asistido a multitud de prácticas, unas organizadas por sí mismos y otras organizadas por diferentes federaciones y organismos oficiales. También se ha asistido a prácticas y cursos organizados por la Federación Francesa de espeleología así como a congresos nacionales, europeos e internacionales de espeleo-socorro. Todo ello no ha hecho más que elevar el nivel en espeleo-socorro en los GREIM. Nivel que hay que seguir elevando ya que las exploraciones en las cavidades cada año van un poco más allá.



Figura 4. Practicas de espeleo-socorro.

Protocolo de actuación del GREIM en las CCAA

La forma de actuar de los GREIM en aquellas comunidades donde es competente para la realización de un espeleo-socorro es la siguiente:



Figura 5. Organigrama de actuación en espeleo-socorro.

El aviso de accidente o incidente en una cavidad se recibe desde el teléfono de emergencias 112, el Centro Operativo de Servicios de la Guardia Civil (COS) o directamente de los compañeros del accidentado. Una vez se obtiene toda la información de la incidencia, el equipo GREIM más cercano interviene como equipo de primera intervención, permaneciendo en prealerta todos los demás grupos GREIM así como el equipo de espeleo-socorro de la Federación Territorial afectada en caso de existir, por si hiciese falta su intervención. Solamente cuando el equipo de primera intervención soluciona la incidencia se desconvoca la prealerta.

Cuando la incidencia no se resuelve por este equipo de primera intervención, automáticamente los grupos que estaban en prealerta pasan al siguiente nivel alerta e intervención. En este nivel se crea el Puesto de control (PC) con el Jefe del Operativo, coordinador técnico, representantes de cada grupo participante, jefe de material, equipo logístico, equipos de intervención, etc. Desde hace 14 años la revista KARAITZA de la Unión de espeleólogos vascos publica el artículo de Accidentes-Incidentes Espeleológicos en España, realizado por D. Dulanto Zabala, I. Altamira Tolosa, I. Yzaguirre i Maura. Con los datos que aparecen en este artículo se puede decir que la Guardia Civil ha estado presente en el 52% de las incidencias espeleológicas de las que se tienen documentación o información contrastada. En unos casos la Guardia Civil ha actuado en solitario y en otras muchas colaborando con otros grupos profesionales y voluntarios.

AÑO	TOTAL	GREIM
2001	15	7
2002	22	12
2003	17	9
2004	15	8
2005	18	9
2006	18	13
2007	13	8
2008	21	8
2009	13	5
2010	14	6
2011	11	3
2012	14	9
2013	13	10
TOTAL	204	107
		52%

Figura 6. Resumen accidentes e incidentes en el Estado Español. Fuente: revista KARAITZA.

En el mes de Julio de 2005 el accidente mortal del espeleólogo Húngaro GABOR WIND HOFFER en la Torca del Cerro, T-33 en Picos de Europa, Asturias, marcó un punto de inflexión para los GREIM en cuanto al espeleo-socorro. En este rescate la Guardia Civil se encontro con la mision de coordinar y evacuar el cuerpo del espeleologo fallecido, así como realizar la investigación de como de produjo el accidente. En este rescate participaron 2 equipos de desobstrucción, 5 equipos de evacuación, compuestos por 45 guardias civiles, 12 espeleólogos húngaros un espeleólogo valenciano y un medico I. Yzaguirre. Desde el inicio de la evacuación se emplearon 17h. 30' de las cuales la camilla estuvo parada por dificultades en una estrechez durante 5h., ensanchada por los húngaros en la cabecera del primer P-86.



Figura 7. Rescate espeleologo húngaro en la T-33 Picos de Europa



Figura 8. Evacuación espeleólogo húngaro año 2005.

Todas las intervenciones en las que ha participado el GREIM de la Guardia Civil de forma activa desde aquel primer rescate en el meandrino de Gurrundue (Huesca) en noviembre de 1991, nos ha llevado a una mayor y mejor profesionalización en el rescate de espeleología. Y una vez más hay que señalar que este tipo de rescates necesita de una gran cualificación y colaboración de todos.



Figura 9. Entre estas imágenes han pasado 36 años.

Desde aquí dar las gracias a todas las personas e instituciones que con su trabajo y colaboración han hecho posible que el GREIM pueda intervenir y colaborar en los rescates de espeleología en el Estado Español.

Referencias:

Revista KARAITZA de la Unión de espeleólogos Vascos publica el artículo de Accidentes-Incidentes Espeleológicos en España, realizado por D. Dulanto Zabala, I. Altamira Tolosa, I. Yzaguirre i Maura.

Análisis de la relación existente entre las visitas a cuevas en Cantabria y las intervenciones de espeleosocorro.

Autor: Martín González Hierro.

<http://www.espeleosocorro.es/HTML/articulo%20rescates%20en%20cantabria.htm>

Lechuguilla Cave, la plus belle grotte du monde

Daniel Chailloux^(1,3) et Michel Renda^(1,2)

(1) La Salle 3D International Team

(2) 11, rue Gambetta -11400 Castelnaudary (France) michel.renda@neuf.fr

(3) 17, avenue Gabrielle d'Estrées - 91830 Le Coudray-Montceaux (France) danielchailloux@orange.fr

Résumé

Daniel Chailloux et Michel Renda, spéléologues français, nous relatent leurs expériences d'explorateurs de l'une des plus belles et des plus longues grottes du monde, Lechuguilla Cave – Nouveau Mexique – Etats-Unis. De l'histoire de la découverte à la genèse de la grotte, ils nous expliquent comment l'on devient membre d'une équipe d'exploration, quelles sont les connaissances et les qualités requises. Ils nous font part des contraintes liées à la protection de la grotte. Ils nous renseignent sur les raisons d'une gestion stricte et la rigueur du règlement dictée par le Parc National de Carlsbad Caverns qui diligente les explorations. Ils nous font partager également la vie d'un camp souterrain de 7 jours, en autonomie quasi complète, dans le respect des règles d'hygiène les plus draconiennes. Ils évoquent aussi la pénibilité des explorations dans des conditions de chaleur et d'humidité quelquefois peu supportables. Au travers de belles photos, nous pouvons ressentir leurs émotions de spéléologues mais également de photographes face à de si merveilleux paysages souterrains.

Mots-clés. La plus belle grotte du monde, camp souterrain, Photographie, Parc National de Carlsbad Caverns, exploration.

Lechuguilla Cave, la cova més bella del món

Resum

Daniel Chailloux i Michel Renda, espeleòlegs francesos, ens expliquen les seves experiències com a exploradors d'una de les més belles i més llargues coves del món la Lechuguilla Cave - Nou Mèxic - Estats Units. De la història del descobriment a la gènesi de la cova, ens expliquen com s'esdevé membre d'un equip d'exploració, quins són els coneixements i qualificacions. Ens informen de les limitacions relacionades amb la protecció de la cova. Ens parlen de les raons de la regulació de la gestió rigorosa i estricta dictades pel Parc Nacional de les Cavernes de Carlsbad que en dirigeixen l'exploració. També compartiran la vida d'un campament subterrani de set dies, amb una autonomia gairebé completa, en compliment de les normes d'higiene més estrictes. S'esmenta les exploracions àrdues en condicions de calor i humitat de vegades poc suportable. A través de belles imatges, podem sentir les emocions dels espeleòlegs però també dels fotògrafs davant de paisatges subterranis tan maravillosos.

Paraules clau. La cova més bella del món, campament subterrani, Fotografia, Parc Nacional de les Cavernes de Carlsbad, exploració.

Lechuguilla Cave, la cueva más hermosa del mundo

Resumen

Daniel Chailloux y Michel Renda, espeleólogos franceses, nos cuentan sus experiencias como exploradores de una de las más bellas y más largas cuevas del mundo, Lechuguilla Cave - Nuevo México - Estados Unidos. De la historia del descubrimiento a la génesis de la cueva, ellos explican cómo uno se convierte en miembro de

un equipo de exploración, cuales son los conocimientos y cualificaciones. Ellos nos explican las limitaciones relacionadas con la protección de la cueva. Nos hablan de las razones de gestión rigurosa y estricta regulación dictadas por el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad que dirigen la exploración. También compartirán la vida de un campamento subterráneo de siete días, con una autonomía casi completa, en cumplimiento de las normas de higiene más estrictas. Se menciona las exploraciones arduas en condiciones de calor y humedad a veces poco soportable. A través de bellas imágenes, podemos sentir sus emociones de espeleólogos pero también de fotógrafos frente a tan maravillosos paisajes subterráneos.

Palabras clave. *La más hermosa cueva del mundo, Campamento subterráneo, Fotografía, Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad, Exploración.*

Lechuguilla Cave, the most beautiful cave in the world

Abstract

Daniel Chailloux and Michael Renda, french cavers, tell us about their experience as explorers in one of the world's most beautiful and long caves, The Lechuguilla Cave-New Mexico-USA. From its discovery to its genesis, they reveal to us how someone becomes a member of the exploration team and what knowledge and qualifications are requested. They also describe the limitations required to protect the cave. They tell us about the reasons for the strict and rigorous regulations dictated by the Carlsbad Caverns National Park, who control the exploration. Moreover, they share their experience in a seven-day underground campsite, in nearly complete autonomy, accomplishing the strictest hygienic rules. They describe the arduous explorations in extreme hot and humid conditions, sometimes hard to bear. Through the beautiful images we can feel the emotions of the cavers, turned into photographers in front of such wonderful subterranean landscapes.

Keywords. *The most beautiful cave in the world, the underground campsite, Photography, Carlsbad Cavern National Park, exploration.*



Les remarquables photographies de l'ouvrage de Urs Widmer, LECHUGUILLA, LA PLUS BELLE CAVERNE DU MONDE, paru aux éditions Speleo Projects ont révélé des formations de calcite, d'aragonite et de gypse exceptionnelles uniques au monde. Chandelier Ballroom est certainement l'image symbole de la grotte.

Cette grotte a fait rêver beaucoup d'entre nous.

Vous êtes nombreux à vous poser des questions : Peut-on visiter la grotte ? A qui s'adresser ? Peut-on faire de la photographie ? Faut-il être recommandé par quelqu'un ? Existe-t-il une association de gestion ? Quelle est l'adresse du site Internet de la grotte ?

Daniel Chailloux et Michel Renda cumulent plus de 20 expéditions de longue durée à Lechuguilla. Ils sont devenus familiers de cette grotte et vont tenter de répondre à vos interrogations. Ils développeront plus particulièrement les sujets propres à l'environnement souterrain et à la protection de la caverne. Ils aborderont l'esprit dans lequel les explorations sont organisées et menées. Ils montreront que cette grotte a permis le développement de nouveaux matériels et l'utilisation de nouvelles techniques.



Les Monts Guadalupe sont situés à l'extrémité sud-est du Nouveau-Mexique, à l'ouest du Texas aux Etats-Unis. Pas moins de 300 cavités se sont développées dans le massif calcaire appelé Capitan Reef Complex à la forme d'un fer à cheval de 8 km de large et de 650 km de périmètre qui ceinture le bassin de Delaware. Lechuguilla Cave est l'une de celles-ci.

Elle doit son nom aux agaves épineux qui recouvrent les flancs des canyons du désert de Chihuahuan. En espagnol, Lechuguilla signifie «petite laitue». Elle s'ouvre à 1420 mètres d'altitude. C'est la première cavité naturelle des Etats-Unis avec une dénivellation de 475 mètres et la troisième pour sa longueur avec plus de 220 km de galeries (2014).

La découverte

Explorée à partir de 1987, Lechuguilla Cave se révèle être une cavité exceptionnelle. La formation de la grotte est originale. En effet, elle s'est formée du bas vers le haut grâce à l'action combinée de l'hydrogène sulfureux gazeux et de l'eau atmosphérique qui a dissout le calcaire et donné naissance à un important réseau de galeries, à d'énormes salles et à de nombreux labyrinthes sur plusieurs niveaux. La morphologie des galeries et leur direction témoignent de la manière dont l'eau se déplaçait et a creusé la cavité. La grotte est certainement le plus bel exemple au monde de ce qu'on appelle une grotte arborescente. La topographie des galeries permet de mesurer l'importance de ces vides. En effet, les 220 km de galeries se trouvent concentrés dans un parallélépipède calcaire de 3 km de longueur, de 1,6 km de largeur et de près de 500 m d'épaisseur.



La grotte renferme un concrétionnement hors du commun. La calcite et l'aragonite sont omniprésentes. Le gypse occupe une place très importante. C'est la réaction de l'hydrogène sulfureux avec l'oxygène de l'air de la grotte et l'eau de condensation sur les parois humides qui a transformé le calcaire en gypse. Par endroits, l'épaisseur de ce carbonate de calcium atteint 10 mètres, à Glacier Bay par exemple. Sa protection a été immédiatement prise en compte. Le balisage du cheminement permet de minimiser l'impact des spéléologues au cours de leurs explorations. De nombreuses études pluridisciplinaires sont toujours menées dans la grotte.

Lechuguilla Cave est considérée comme la plus belle grotte de la planète. Elle attire de nombreux spéléologues du monde entier. Chaque année, plusieurs expéditions sont organisées et engagent quelques dizaines de spéléologues passionnés par la topographie et l'exploration.

Invité en décembre 1997 par Peter Bosted, topographe et cartographe reconnu, Daniel Chailloux participe à un premier camp souterrain d'une semaine et contribue à la découverte de nouvelles galeries. Il s'implique dans l'exploration de la cavité. C'est ainsi qu'en mai et août 1998, il participe à deux autres expéditions de longue durée durant lesquelles un nouveau secteur de grandes galeries richement concrétionnées est découvert. En août et septembre 2002, il participe à deux nouvelles expéditions fructueuses puisque deux nouveaux kilomètres de galeries sont topographiés.

Peter Bosted, de passage en France, séjourne quelques temps à la Montagne Noire dans un secteur très riche en cavités exceptionnelles découvertes et protégées par Michel Renda et ses amis spéléologues du Club de Béziers. En remerciement, Peter invite Michel pour une prochaine expédition à Lechuguilla. Tous deux passionnés par la topographie et la photographie souterraine, ils sont entrés aujourd'hui dans la famille des cartographes et topographes reconnus par le Parc national de Carlsbad Caverns.



Historique de la découverte

Connue depuis de nombreuses années et exploitée au 19^{ème} siècle pour le guano de chauve-souris qu'elle renfermait, Lechuguilla Cave reçoit en 1953 la visite des premiers spéléologues, qui notent la présence d'un important courant d'air sortant de l'éboulis terminal. En 1977, une autre équipe tente une importante désobstruction à la cote -25 mètres mais se décourage rapidement.

A partir de 1984 et durant les deux années qui suivirent, Dave Allured et des spéléologues de la Cave Research Fondation reprennent les travaux de désobstruction et aménagent un passage dans l'éboulis avec pour seul indice et guide le puissant courant d'air qui laisse présager une importante cavité.

En 1986, ils débouchent dans une galerie descendante richement décorée mais très vite ils sont arrêtés par un puits profond de 45 mètres, Boulder Falls. Une grande aventure commence. Sans difficulté majeure, ils atteignent une succession de grandes salles, Colorado Room, Glacier Bay, Windy City, Sugarlands. Le courant d'air les conduit à circuler dans une importante fissure, le Rift, orientée nord-sud. En quelques semaines, ils topographient plus de 1000 mètres de galeries et dépassent la cote des -200 mètres.



En 1987, à la demande du Parc national de Carlsbad Caverns, une organisation de gestion pour l'exploration de la grotte – Lechuguilla Cave Project - se met en place. La topographie révèle la complexité de la grotte. Des expéditions de longue durée se succèdent. Des conflits entre les spéléos topographes et les spéléos explorateurs conduisent le Parc National à suspendre les explorations dans la cavité pour deux ans. En 1997, une nouvelle organisation voit le jour, Lechuguilla Exploration and Research Network – LEARN. Le Parc national rédige un règlement et gère les expéditions. Les explorations reprennent à raison de deux à trois par an.

L'organisation d'une expédition

Plus de 300 phénomènes karstiques sont inventoriés dans le Parc National de Carlsbad Caverns.

Le plus important d'entre eux est la grotte touristique de Carlsbad, qui accueille toute l'année des milliers de visiteurs. Toujours en cours d'exploration, une organisation de gestion s'est mise en place il y a plusieurs années déjà. Stan Allison, spéléologue et employé par le Parc, gère aujourd'hui les explorations spéléologiques dans les cavités du Parc.

Chaque année, deux à trois expéditions sont organisées pour poursuivre les travaux de recherches dans Lechuguilla.

Au cours de l'année, un appel à candidatures est lancé. Une équipe est constituée de 12 personnes maximum. Un rapide calcul montre que seulement 24 à 36 spéléos par an pourront prétendre explorer la grotte. Une équipe est dirigée par un responsable d'expédition. La plupart des membres de l'équipe sont topographes ou ont de bonnes notions de topographie. Ils savent que la topographie est la priorité numéro un.

Une expédition se met en place assez longtemps à l'avance. Le responsable d'expédition, après en avoir discuté avec les participants, propose au Parc un projet qui peut comporter plusieurs objectifs d'exploration. Les membres de l'équipe se retrouvent généralement quelques jours avant le déroulement de l'expédition dans un des gîtes du Parc mis à disposition gracieusement pour la durée de l'expédition. Ces quelques heures sont mises à profit pour arrêter les objectifs et fixer les équipes souterraines généralement constituées de trois personnes. Une expédition dure généralement une semaine entière.

Le Parc réunit les membres de l'expédition autour d'une présentation durant laquelle il rappelle les règles de conduite d'une expédition concernant plus particulièrement la topographie, la protection de l'environnement souterrain et la sécurité des personnes.



L'exploration de la cavité

Ici, comme un peu dans toutes les grottes du territoire américain, exploration et topographie sont deux activités indissociables. En terrain vierge et c'est souvent le cas, il est parfois tentant d'aller voir comment se présente une galerie latérale avant d'en entreprendre sa topographie. L  où vous mettez les pieds, vous devez topographier. Le responsable de l'équipe saura vous rappeler à l'ordre.

Les règles de topographie sont clairement définies dans un document écrit par le Parc. Compte tenu du nombre important de bouclages dans les différents labyrinthes de la cavité, il est absolument nécessaire de faire des contre-mesures. C'est ainsi que les directions et les pentes sont mesurées en visée directe et en visée inverse. L'erreur admise n'est seulement que de 2 degrés. Il vaut mieux s'apercevoir d'une erreur directement sur place plutôt que de revenir spécialement pour la corriger.

Le laser-mètre et de plus en plus le DistoX, sont utilisés. Ils permettent de mesurer lus précisément la hauteur des plafonds et la largeur des galeries. Les dessins du profil et du plan des galeries parcourues collent au mieux avec la réalité du terrain. Dans cette cavité où le concrétionnement est important, le faisceau du laser-mètre permet de passer au-dessus des buissons d'aragonite ou de pointer une paroi l  où l'impact humain aurait été irrémédiable.

Les feuilles de notes ont été spécialement élaborées afin que toutes les équipes travaillent selon le même standard.

Les données topographiques sont saisies dans un ordinateur spécialement dédié. Elles sont consultables uniquement en lecture. Trois ou quatre spéléos cartographes ont pris en charge le dessin et l'habillage des galeries de la cavité afin de mettre à jour un atlas cartographique.





Aucoursdelatopographie,lesobservations minéralogiques,faunistiques,géologiques, biologiques sont scrupuleusement notées à chaque station. Les départs des galeries non explorées sont répertoriés. Ces renseignements permettent aux autres équipes de poursuivre le travail.

Les notes journalières permettent, dès le retour en surface, de réaliser un compte rendu presque définitif de l'exploration. Le responsable de l'expédition mettra en ligne sur le site web de l'association le compte rendu final dans le mois qui suit.

Le sas d'entrée

La cavité débute par un puits de 25 mètres au fond duquel se développe une galerie d'une centaine de mètre de longueur. Le long de la paroi, on peut remarquer les anciens lieux de désobstruction. Un puits de 4 mètres livre l'accès à une petite salle dans laquelle est implanté le sas qui isole la cavité de l'extérieur.

Afin de conserver le climat souterrain, une porte et un tube d'accès ont été installés dès la découverte. Vieilles de près de 15 ans, ces protections ont été remplacées par de nouvelles installations en 2000-2001.

Les explorations ont donc été suspendues et remplacées par de nombreuses séances de travaux d'aménagement. Depuis décembre 2001, un sas et deux portes étanches donnent l'accès à un conduit elliptique de 9 mètres de profondeur conduisant à l'aide d'échelons judicieusement soudés, aux premières galeries concrétionnées de la grotte. Le courant d'air souffle parfois à plus de 80 km/h !





Le camp souterrain

Les expéditions se déroulent généralement sur 7 jours. On ne bivouaque pas n'importe où, quatre lieux de camps souterrains sont actuellement autorisés dans la cavité. Deep Seas est un de ceux-ci à partir duquel les explorations de la branche Ouest de la cavité s'organisent. C'est le départ d'une galerie, le Western Borehole, imposante par sa section et son développement. Deep Seas semble irréel. Il faut s'imaginer cet endroit entièrement envahi par l'eau pour comprendre sa genèse. Le plafond façonné par l'eau acide a pris des formes arrondies comme des mamelons. Le sol est recouvert de fines plaques de calcite. C'est le camp de base de l'expédition. Il peut accueillir confortablement les douze membres d'une l'expédition.

Le spéléo dispose d'environ 3 à 4 m pour s'installer. Il s'isolera du sol par une feuille de plastique sur laquelle il répartira le contenu de son kit. Généralement le centre est occupé par son matelas. Tout autour de lui sont répartis ses vivres et ses autres effets personnels. Un autre petit carré de plastic isolera le réchaud à gaz ou à alcool.

Il est impératif de préparer ses repas et de manger avec le plus de soin possible, aucune miette ne doit tomber au sol.

Les cheveux et les peaux mortes sont également des sources de contamination. Il faut veiller à se brosser les cheveux ou faire sa toilette sur sa feuille de plastique !

Dans toute la cavité règne une température très clémente de 20°C, mais l'hygrométrie de l'air atteint presque les 100%. Le choix des matériaux des vêtements utilisés ici est assez important car rien ne sèche, vous l'aurez compris. Les tee-shirts et calçons longs en polypropylène sont plus que souhaitables, ils sont indispensables. Ils évacuent très bien la transpiration et séchent assez rapidement sous l'effet de la chaleur dégagée par le corps.



L'eau potable

L'eau est rare dans la cavité. Le Lac Louise situé à moins de 5 minutes du camp est la source d'eau potable. Le niveau de l'eau est relevé et noté au début et à la fin du camp. C'est la condensation de l'air sur les parois de la grotte qui alimente le lac. Le prélèvement de l'eau est quasi journalier. Nous en avons besoin le matin pour le petit déjeuner et durant la journée pour boire abondamment et ainsi compenser la perte d'eau de transpiration du corps. Les aliments lyophilisés sont également gros consommateurs du précieux liquide. En général, un spéléo consomme entre 4 et 5 litres d'eau par jour !

Le lac est légèrement à l'écart du balisage. Un sentier spécialement aménagé conduit à la berge du lac. D'innies précautions doivent être prises pour remplir les gourdes et autres récipients. Généralement deux personnes se portent volontaires pour effectuer cette tâche. Elles chaussent des sur-bottes en PVC qui isolent leurs chaussures du sol du sentier. Un pichet en plastique sert à transférer l'eau dans les gourdes. A aucun moment le bec verseur du pichet ne doit toucher le goulot des récipients. Le transvasement de l'eau s'effectue loin du lac afin d'éviter que les pertes inévitables ne retournent directement dans celui-ci en transportant des contaminations.

Les urines et les matières fécales

Avez-vous déjà estimé la quantité d'urine éliminée quotidiennement ? Dans la vie courante, 1,5 litre. Ici, un litre est un maximum.



A proximité immédiate du camp, un endroit est réservé au stockage temporaire l'urine et des matières fécales. Le matin, c'est un endroit très fréquenté ! Une paire de sur-bottes vous y attend. En effet vous devez isoler du sol la semelle de vos chaussures afin de ne pas transporter d'éventuelles contaminations vers d'autres lieux. L'urine de la journée est récupérée dans un flacon qui vous suit dans tous vos déplacements. Le soir, après votre journée d'exploration, vous viderez le contenu du récipient dans un sac étanche de plus grande contenance. Ce sac pourra être par exemple un sac ziploc, sac assez résistant et étanche. L'urine est conservée en lieu sûr et les odeurs d'ammoniac seront atténuées. Toute cette urine, et cela en fait beaucoup (12 spéléos x 7 jours x 1 litre = 84 litres) sera vidée à la fin du camp en un seul endroit, toujours le même, dans une fissure du sol.

En ce qui concerne les matières fécales, il est impensable de déféquer directement sur le sol et de poser une pierre dessus comme il est courant de faire dans la nature. La solution est simple. Vous visez une feuille de papier d'aluminium de 40 x 40 cm posée au sol. Cette feuille consciencieusement repliée ressemblera à un petit paquet que vous enfermerez dans un sac ziploc de taille appropriée. Ainsi normalement, si vous n'avez pas de trouble digestif, vous obtiendrez 7 petits paquets que vous remonterez en surface à la fin du camp.

La signalétique dans la grotte

Dans les parties les plus fréquentées de la grotte, le cheminement est matérialisé par deux rubanises rouges continues délimitant ainsi l'espace de circulation du spéléo. La prise en charge se fait dès l'entrée ! Vous pouvez vous imaginer les kilomètres de ruban déroulés dans la cavité. Seuls les axes principaux sont balisés. Les zones sensibles, parois concrétionnées, massifs stalagmitiques, perles, gours sont marquées d'un ruban rouge et blanc attirant l'attention.



Il arrive parfois de rencontrer des petits panneaux nous invitant à retirer les gants pour franchir des zones d'une grande beauté. Le cheminement dans les galeries secondaires est signalé par les stations topographiques notées sur un ruban bleu. Le ruban bleu et blanc est réservé à marquer le départ d'éventuelles galeries que vous n'avez pas encore topographiées. Toute cette signalétique parfaitement rodée est respectée par l'ensemble des explorateurs de la grotte. Elle permet de minimiser l'impact humain dans la cavité.

L'éclairage

Comme dans la plupart des cavités américaines, ici, à Lechuguilla l'éclairage à acétylène n'est plus d'usage depuis de nombreuses années. En 1994 il a même été interdit. L'éclairage électrique qui était jusqu'alors destiné à l'éclairage de secours est devenu l'éclairage principal. Les piles n'avaient pas les capacités d'aujourd'hui, il fallait en descendre beaucoup. Certains spéléos avaient trouvé la parade pour économiser l'énergie, ils adaptaient l'ampoule de leur lampe frontale en fonction du volume à éclairer et par-là même ils contrôlaient le courant et la puissance consommée.

D'autres spéléos, électroniciens de surcroît, ont vite développé des dispositifs d'éclairage à régulation électronique. Jim Sturrock était l'un de ceux-là. Il s'agissait d'un régulateur de la taille d'un morceau de sucre qui s'installait très simplement dans la plupart des boîtiers des lampes frontales du commerce. Un potentiomètre réglait l'intensité lumineuse d'une ampoule halogène. Doug Straight avait mis au point un éclairage à tube fluorescent. Il n'en avait malheureusement fabriqué qu'une petite série. L'autonomie du dispositif était de trois



jours avec comme alimentation une grosse pile alcaline de 6 volts. En 1997, les diodes électroluminescentes blanches apparaissent sur le marché. Henri Schneiker, un autre spéléo américain, met au point un éclairage révolutionnaire. Il assemble sur une même platine 24 LED blanches. Pilotées par un régulateur électronique, les diodes fournissent assez de lumière pour remplacer une ampoule à incandescence. Les éclairages à diodes entrent dans l'univers du spéléo. Elles n'ont plus l'inconvénient de la fragilité du filament de l'ampoule à incandescence, elles fournissent une lumière blanche, trop blanche peut être pour certains et en plus elles peuvent être alimentées par des piles au lithium réduisant le poids de l'ensemble. Très vite donc, les spéléos qui explorent Lechuguilla sont équipés de tels dispositifs. Les Américains utilisent principalement la StenLight, l'équivalent de la Scurion que nous utilisons en Europe.

Conclusions

Les méthodes d'exploration et les moyens de protection de Lechuguilla Cave ont permis et continuent de préserver l'intégrité de la cavité. Rappelons-les en quelques points :

- La grotte est gérée par le Parc.
- L'autorité du Parc est suprême.
- Les règles de fonctionnement sont clairement définies.
- Le nombre des expéditions annuelles et des explorateurs sont limités.
- Les expéditions ont un caractère scientifique.



Perspectives d'avenir

Près de 30 ans plus tard, les expéditions se poursuivent et livrent encore de nouvelles et très spectaculaires découvertes. Les deux plus récentes sont certainement l'escalade d'un puits de 160 mètres de hauteur, Kansas Twister, conduisant dans une salle titanesque, Munchkin Land, aux dimensions spectaculaires de 180 mètres de longueur pour 40 mètres de large et 30 mètres de hauteur (décembre 2013) et également la découverte d'un puits de 80 mètres de profondeur à proximité du Lake Lebarge, dans la branche sud et livrant plus d'un kilomètre de nouvelles galeries (novembre 2014). La grotte de Lechuguilla est classée 5ème au rang des plus longues cavités naturelles des Etats-Unis avec près de 220 kilomètres de développement (décembre 2014).

Lechuguilla n'est pas terminée, ça continue !

Daniel Chailloux – danielchailloux@orange.fr

Explorateur, topographe, stéréophotographe, membre de la Fédération française de spéléologie, membre de l'Association de Recherche et d'Etude du Milieu Souterrain - France, membre de La Salle 3D International Team

Michel Renda – michel.renda@neuf.fr

Explorateur, topographe, stéréophotographe, membre de la Fédération française de spéléologie, membre du Spéléo-Club de Béziers – France, membre de la Salle 3D International Team

Caving Exploration in Papua New Guinea

Phil Bence

EXPLOS

3 Avenue de la Carane 09000 Foix (France) phil@explos.fr

Résumé

En 2002 je postule comme participant à l'expédition régionale Midi Pyrénées sur le massif de la Bairaman sur l'île de Nouvelle Bretagne en Papouasie. Ma première expédition là-bas, c'est le début d'une belle histoire de passion pour ces montagnes karstiques, les forêts primaires, les papous et leurs culture fascinante et bien sûr les innombrables grottes et gouffres à découvrir sur ce vaste territoire de 5500 km²! Des cavités incroyables, majestueuses, des rivières souterraines puissantes, des concrétions magnifiques, un rêve de découverte pour tout spéléologue. J'ai participé et organisé depuis 6 expéditions en Papouasie sur 3 zones : Bairaman, Matali et Iowa avec à la clé des découvertes majeures : plus de 60 km de nouveaux réseaux dont Wowo, le plus long de Nouvelle Bretagne et le second plus profond de Papouasie avec 22 km et - 620 m.

Mots-clés. Papouasie, Wowo, exploration, Massif de la Bairaman, L'île de Nouvelle Bretagne.

Exploració espeleològica a Papua Nova Guinea

Resum

El 2002 vaig anar com a participant en l'expedició regional Migdia-Pirineus al massís de Bairaman a l'illa de Nova Bretanya a Papua. La meua primera expedició allà, és el començament d'una bella història de passió per aquestes muntanyes de pedra calcària, boscos primaris, els papús i la seva fascinant cultura, i per descomptat les innombrables coves i pous per descobrir en aquest vast territori de 5.500 km. Cavitats increïbles, majestuoses, rius subterranis poderosos, belles concrecions, un somni de descobriment per a qualsevol espeleòleg. He participat i organitzat 6 expedicions a Papua en 3 àrees: Bairaman, Matali i Iowa amb els grans descobriments clau: més de 60 quilòmetres de noves xarxes on WOWO, és la més extensa de Nova Bretanya i la segona més profunda a Papua amb 22 quilòmetres i -620 m.

Paraules clau. Papua, WOWO, exploració, Massís de la Bairaman, Illa de Nova Bretanya.

Exploración espeleológica en Papúa Nueva Guinea

Resumen

En 2002 fui como participante en la expedición regional Midi Pyrénées en el macizo de Bairaman en la isla de Nueva Bretaña en Papúa. Mi primera expedición allí, es el comienzo de una hermosa historia de pasión por estas montañas de piedra caliza, bosques primarios, los papúes y su fascinante cultura, y por supuesto las innumerables cuevas y pozos por descubrir en este vasto territorio de 5500 km! Cavidades increíbles, majestuosas poderosos ríos subterráneos, hermosas concreciones, un sueño de descubrimiento para cualquier espeleólogo. He participado y organizado 6 expediciones en Papúa en 3 áreas: Bairaman, Matali y Iowa con los grandes descubrimientos clave: más de 60 kilómetros de nuevas redes donde WOWO, es la mas extensa de Nueva Bretaña y la segunda más profunda en Papúa con 22 kilometros y -620 m.

Palabras clave. Papua, WOWO, exploración, Macizo de la Bairaman, Isla de Nueva Bretaña.

Caving Exploration in Papua New Guinea

Abstract

In 2002 I applied for the Mid-Pyrenees regional expedition at the Bairaman Massif in the New Britain Island in Papuasia. My first expedition there is the beginning of a beautiful love story for these karstic mountains, the prime forests, the Papuans and their fascinating culture and of course for the uncountable caves yet to be discovered within this vast territory of 5500km². Amazing caves, majestic, powerful underground rivers, wonderful concretions, the dream discovery for any caver. I have taken part and organized 6 expeditions in Papuasia since then in 3 different regions: Bairaman, Matali and Iowa with consequent major discoveries: More than 60km of new passageways, being Wowo the longest in New Britain and the second deepest in Papuasia with 22 km and -620m.

Keywords. Papua, Wowo, Exploration, Massif de la Bairaman, New Britain Island.



Passage discovered in Phil Pato cave, 580 m deep in Iowa area.
Its the deepest cave we founded there during our last expedition and the 4 deepest in Papua.



An amazing passage in Wowo cave system 22 km long pure white calcite, an incredible place !



*Typical village in Nananai range, New Britain Papua New Guinea.
People are friendly and curious about what we do in caves !*



Wowo cave system at 400 m deep there is a junction with 3 rivers at this place going to a sump undred meter further.





*Wara Kalap resurgence more than 5 m³/sec are going out with power from there !
it's one of the main resurgence form this area*



*Passage discovered in Philip Pato cave (580 m deep) in Iowa area.
Fantastic upper galleries reach from the river at 500 m deep.*

Jinbar, explorando el abismo etíope

José Javier Ruiz Zubikoa ^(1,2), Iñigo Barbarin San Martín ⁽¹⁾

(1) Grupo Espeleológico Otxola de Pamplona

(2) José Javier Ruiz Zubikoa

C. Guelbenzu 36 bajo 31005 Pamplona-Iruña (Spain)

zubikoa@hotmail.com

Resumen

La película cuenta el primer descenso de la cascada Jinbar, la segunda cascada más alta de África con 480 metros en el Parque Nacional de las Montañas Simien en Etiopía. Tras bajar la cascada descubrieron un impresionante cañón que convirtió a Jinbar en uno de los grandes barrancos del mundo con 1400 metros de desnivel y 60 rapeles, en la que tuvieron que emplear 4 días para su apertura, teniendo que dormir en el interior del barranco, todo ello en un entorno muy aislado. En la apertura participaron un equipo compuesto por 5 navarros y 2 italianos. Tras el descenso se realizó una caminata de 8 días por el Parque Natural en el que ascendieron el monte Ras Dashen con 4543 metros.

Palabras clave. Barrancos, Etiopía, segunda cascada más alta de África.

Jinbar, explorant l'abisme etiòp

Resum

La pel·lícula explica el primer descens de la cascada Jinbar, la segona cascada més alta d'Àfrica amb 480 metres en el Parc Nacional de les Muntanyes Simien a Etiòpia. Després d'abaixar la cascada, van descobrir un impressionant canó que va convertir Jinbar en un dels grans barrancs del món amb 1.400 metres de desnivell i 60 ràpels, on van haver d'emprar 4 dies per a la seva obertura, i de dormir a l'interior del barranc, tot això en un entorn molt aïllat. A l'obertura, hi va participar un equip compost per 5 navarresos i 2 italians. Després del descens es va fer una caminada de 8 dies pel Parc Natural en què van ascendir la muntanya Arran Dashen de 4.543 metres.

Paraules clau. Barrancs, Etiòpia, segona cascada més alta d'Àfrica.

Jinbar, exploring the Ethiopian abism

Abstract

The film tells the story of the first descent of the Jinbar waterfall, the second highest waterfall in Africa with a height of 480 meters in the Simien Mountains National Park in Ethiopia. When abseiling the waterfall, an impressive canyon was discovered turning Jinbar into one of the great canyons in the world with 1400 m height and 60 rappels. 4 full days were needed in this isolated area to completely rig the canyon, spending the nights there, too. 5 Navarrans and 2 Italians were part of the team who did the work. After the descend, they made an 8-day trek in the Natural Park and climbed the 4543-meter high Mount Ras Dashen.

Keywords. Canyons, Ethiopia. second highest waterfall in Africa.

Introducción:

El presente artículo recoge la exploración del cañón Jinbar a cargo de una expedición navarro-italiana en el parque nacional de las Simien Mountains de Etiopía. Los datos del descenso presentan a Jinbar como una de las propuestas más interesantes del momento en el descenso de cañones. Presenta 1400 metros de desnivel a lo largo de más de 5 kilómetros y casi 60 rapeles, una cascada intermedia de 480 metros, siendo todo el descenso muy acuático y encajonado en un entorno aislado.

Situación:

El descenso se desarrolla en la región de Amhara al norte de Etiopía, concretamente en el parque nacional de las simien mountains (patrimonio de la humanidad desde 1978). Aquí se encuentra el monte Ras Dashen que con sus 4543 metros es el monte más alto del país. También podemos ver animales endémicos como el lobo etíope, la cabra de abisinia y los monos gelada.



Figura 1. Mapa de la zona

Antecedentes:

Llevábamos tiempo con ganas de hacer un viaje para abrir barrancos. Pero todos sabemos lo que todo esto supone (es necesario conocer muy bien la zona para ir definiendo objetivos) y es necesario una dedicación muy grande.

En octubre de 2012, tres amigos nuestros viajan a Etiopía para subir el Ras Dashen 4553m con sus bicicletas de montaña y realizar el descenso con bicis. A la vuelta comentan y enseñan la gran cascada Jinbar a José Javier Ruiz. Una cascada de unos 500 metros, la segunda más alta de África y todavía sin descender, dentro del parque nacional de las Simien Mountains.

La idea no tarda en cuajar y nos ponemos manos a la obra. Contactamos con gente de allí para preparar la logística del viaje y contactamos con el director del Parque Nacional para conseguir los permisos oportunos. Uno de los problemas que se nos plantean es que una vez descendida la cascada, deberemos seguir por el río bajando otros 700 metros de desnivel hasta poder llegar a un camino que nos lleve hacia el campamento. Esta zona no se ve desde ningún mirador y la única información que tenemos son de un mapa. No sabemos si esta zona será encañonada o no y si puede tener muchos rápeles. Además desde el final del barranco (cota 1850m) deberemos subir de nuevo hasta el campamento pasando por un collado a 3700m. Esto supone 1800 metros de desnivel.

Otro de los grandes problemas es la incertidumbre de la roca (basalto) y la autonomía de los taladros, ya que allí no tenemos posibilidad de recargar las baterías. Tras realizar pruebas con rocas duras, fabricamos unas baterías caseras e impermeables que nos dan una autonomía de más de 100 agujeros.

Expedición Internacional

La expedición inicial la componen los navarros Iñigo Barbarin, Evaristo Noveleta, Ismael Makeda, Iker Garcia y José Javier Ruiz. A falta de 10 días de iniciar el viaje (noviembre de 2013) reciben un correo de unos Italianos que también habían preparado una expedición para intentar descender Jinbar para octubre. Debido a la prolongación de la época de lluvias no pueden intentar el descenso y tras enterarse por internet de nuestra expedición nos proponen unirse 2 de ellos a nuestro intento de Noviembre. Tras las dudas iniciales aceptamos la propuesta y así conseguir una expedición única más fuerte y segura y sobre todo no entrar en competiciones y poder disfrutar todos del descenso. Nuestros nuevos compañeros son Matteo Rivadossi y Stefano Panizzon.

Apertura del Cañón

Una vez solucionada la burocracia en Debark (entrada del parque nacional), avanzamos hasta el campo base, situado justo encima de la cascada Jinbar y autorizado excepcionalmente para acometer el descenso por su estratégica situación. El camino de acceso es una larga pista en la que realizamos una parada para ver por primera vez la cascada desde un magnífico mirador. Por suerte los pronósticos se han cumplido y esta vez baja el agua perfecta para poder realizar el descenso con garantías.



Figura 2. Vistas del campamento base

A la tarde observamos el cañón en su parte superior y la garganta es magnífica y nos cae la primera de las numerosas tormentas que nos acompañarán a lo largo del viaje. Son intensas tormentas pero de poca duración con lo que según los partes meteorológicos no deberían comprometer la realización de la actividad.



Figura 3. Vistas generales de la cascada Jinbar

15 noviembre (día 1): Nos encargamos de abrir la parte superior del cañón hasta una zona 400m antes de la gran cascada. Makeda que no se encuentra bien se dedicará a instalarnos un escape con cuerda fija de donde salir del barranco hasta el campamento para poder seguir desde este punto al día siguiente.

La entrada del cañón se realiza por un cómodo camino desde el campamento que en media hora nos deja en el cauce del río. La alegría es inmensa y la expectación total entre los lugareños que nos observan como si fuésemos verdaderos marcianos con todo ese material que por primera vez ven.

Un pequeño rapel da comienzo a la actividad que nos deposita en una gorga en la que continuamente deberemos combinar los destreps con continuas badinas en las que es necesario nadar. No tarda mucho en aparecer un gran rapel de 65 metros que deja boquiabiertos a los Etiópes al vernos bajar.

La roca, nuestra gran incertidumbre antes de viajar no es demasiado buena y cuesta encontrar un basalto bueno donde expandan bien nuestros parabolts, ya que es un basalto muy poroso y en ocasiones muy malo. Los parabolts de 10mm agarran sin problemas pero con los de 8mm tenemos más problemas y algunos no los logramos expandir.

Esta zona superior del cañón arranca a 3200 metros de altura y acaba a 2980m en la cabecera de la gran cascada. Es muy soleada y relajada ya que entre los rapeles se suceden zonas de andar o nadar. El caudal lo estimamos en algo más de 100 litros/s. Cuando llegamos a la cuerda fija avanzamos un poco más pero enseguida retrocedemos para salir al campamento. El camino de salida y acceso es bastante herboso y resbaladizo con lo que tenemos que extremar las precauciones sobre todo al día siguiente para bajar con el rocío matutino. Hubiera sido mejor salir y acceder por un afluente situado pocos centenares de metros antes. Durante la tarde decidimos y preparamos los materiales para los días siguientes ya que a partir de ahora ya no vamos a disfrutar del confort del campamento.



Figura 4. Día 1, zona superior.

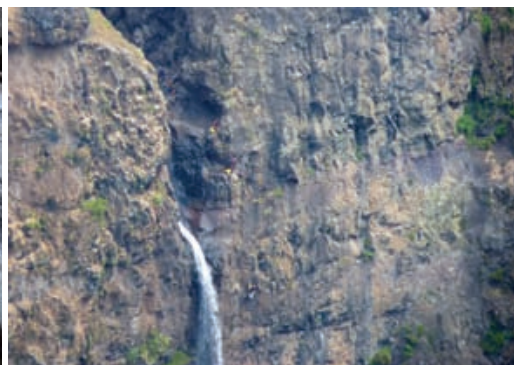


Figura 5. Día 2, Cabecera de la gran cascada.

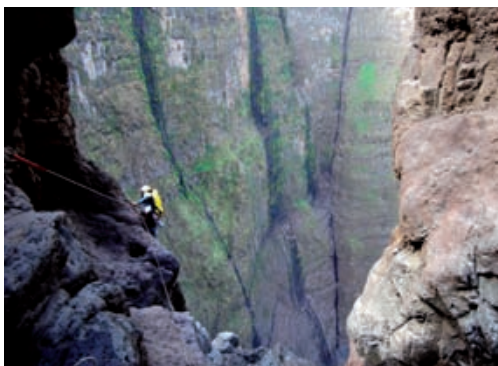


Figura 6. Día 2, Makeda instala inicio de la cascada de 480 m.



Figura 7. Día 2, Detalle desde la gran cascada. Al fondo puede apreciarse el cañón.

16 noviembre (día 2). Madrugamos y para las 6 de la mañana ya estamos en marcha. Tras bajar por la cuerda fija instalada el día anterior, avanzamos por el barranco en poco tiempo llegamos a un bonito rapel con su badina circular que nos deposita en la impresionante cabecera de la cascada.

El sitio es sobrecogedor. Una gran “V” por donde cae la cascada en un gran circo en el que pequeños afluentes bajan por las paredes. Bajamos por la izquierda orográfica y Makeda es el encargado de instalar la primera parte de la cascada. Esta parte es volada y luego encontramos alguna zona por la pared con riesgo de caída de piedras. Como teníamos planeado el viento desvía el agua de la cascada en dirección contraria a nuestro lado, pero el riesgo de caídas de piedras nos obliga a ir penduleando continuamente por la pared y alejarnos del agua, ya que el circo es un gran embudo que canaliza las piedras, además debemos buscar la roca “buena” que no abunda ya que es una roca muy porosa.

A mitad de descenso Jotas continua la instalación y nos vemos sorprendidos por una fuerte tormenta eléctrica que provoca la caída de algunas piedras que por suerte no nos alcanzan. La gran cascada la instalamos en 12 rápeles, el más grande de ellos de 80 metros. Tras 7 horas en la pared todo el equipo llega al suelo tras descender sus 480 metros (cota 2500), pero debemos aprovechar la poca luz para avanzar ya que estamos en una estrecha grieta con paredes de más de 800 metros sobre nuestras cabezas. El espectáculo es impresionante en esta pasillo con la cascada como telón de fondo.

Comienza a oscurecer y ya con los frontales seguimos bajando. Matteo tras un difícil péndulo para evitar el agua que ha crecido debido a la tormenta baja una cascada de 70 metro que es la única visible desde el mirador de arriba. El descenso de esta zona la hacemos a oscuras. Ya todos abajo valoramos el continuar pero decidimos montar un vivac en unas piedras. Allanamos lo que podemos el terreno y hacemos un muro de piedras para protegernos de la corriente de aire y colocamos una rafia para protegernos de la lluvia y las turbulencias de la cascada que arrastra agua en suspensión además de una corriente helada de aire. En el suelo colocamos las cuerdas y petates y tras cenar pasamos la noche malamente.

Durante la noche otra tormenta nos obliga a mejorar el vivac con mantas térmicas ya que los sacos se nos mojan. Es “el vivac del Infierno”.



Figura 8. Día 3. Vivac del Infierno.

En cuanto amanece el 17 (día 3) nos ponemos manos a la obra tras un escaso desayuno. La tormenta ha dejado el agua completamente turbia estropeando la estética del barranco pero por suerte el caudal ha vuelto a bajar. El cañón en esta zona a duplicado su caudal y debemos extremar las precauciones ya que vamos con unos petates de más de 80 litros con muchísimo peso que nos convierten en torpes cuando avanzamos.



Figura 9. Día 2, detalle colgado desde la pared. Se aprecia a 2 barranquistas en ella.

El comienzo de este cañón es una gorga estrecha y continua donde los rapeles se suceden uno tras otro sin descanso hasta la cota 2200. Ni en el mejor de los sueños hubiéramos imaginado abrir un cañón así. Comenzamos a darnos cuenta que Jinbar es mucho más que una cascada. Tras el subidón inicial, calculamos que el cañón debe acabar pronto (hacia la cota 2200), pero nada mas lejos de la realidad. El cañón parece infinito. Tras la cota 2200 la morfología cambia pero los rapeles y los caos del bloques se suceden intercalados por varias zonas estrechas. A veces nos cuesta encontrar el camino correcto entre los gigantescos bloques y la anchura del cañón ha aumentado considerablemente. No paramos de mirar el mapa y el altímetro ya que según nuestros cálculos la parte encañonada se debería acabar.

Pero cuando parece que ya la parte técnica a pasado de repente la preocupación aumenta. Se trata de una

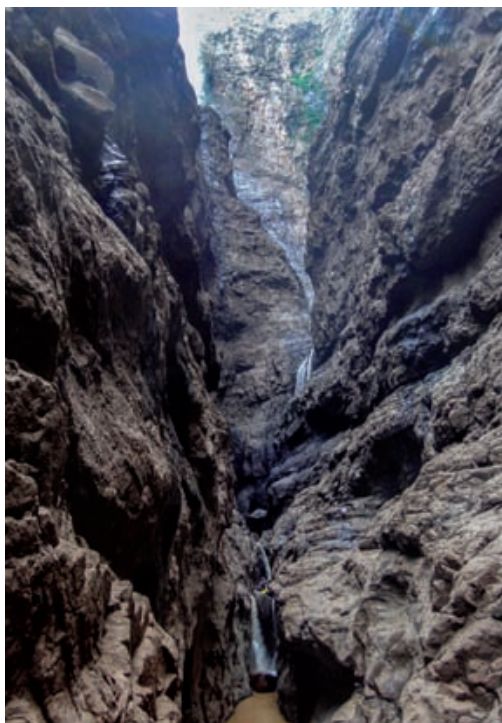


Figura 10. Día 3. Detalle del comienzo del cañón día 3. Puede apreciarse a un barranquista y la gran cascada al fondo.



Figura 11. Día 3, Comienzo del cañón.

estrecha grieta de 80 metros de profundidad que rompe la monotonía. Aquí el caudal ha aumentado y el material de instalación comienza a escasear a pesar de dosificarlo extremadamente, realizando la mayor parte de rapeles de 1 punto y usando continuos puentes rocas. El espectáculo de la grieta y su larga badina de nadar nos enchufa de nuevo las pilas. Por suerte no tarda mucho en abrirse de nuevo y a la salida podemos observar una cueva en la que no entramos ya que las horas se nos echan encima.

Seguimos avanzando en este interminable cañón mentalizándonos de que vamos a pasar una nueva noche en el y sin comida. Mientras instalamos la cabecera de uno de los rápeles, nos empiezan a caer piedras que por suerte no nos alcanzan. Se trata de los babuinos que viven por las paredes del cañón y nos lanzan piedras. Tras varios rapeles se nos hace de noche. Matteo y Lillo han equipado otro rapel y Evaristo y Jotas esperan al resto a que lleguen, ya que a Iñigo no le funciona la frontal. Hablamos de vivaquear en una zona bastante llana pero tenemos que juntarnos con nuestros compañeros Italianos. Tras arreglar la linterna de Iñigo vamos bajando el rapel. Conforme vamos llegando nos vamos enterando que el scout armado y los porteadores están ahí mismo. La alegría es infinita, los abrazos y la emoción se suceden al grito de "welcome". La tensión entre ellos también era grande, además de la tormenta tenían miedo al ataque de algún leopardo...Llevaban desde el día anterior esperándonos.

Subimos a una zona a 5 minutos del río donde una hoguera nos reconforta. La cena es escasa, tan solo un trozo de pan con unas latas de sardinas y atún. Llamamos por nuestro teléfono satélite a David para confirmar que todo está bien. Una sensación placentera nos envuelve en la noche alrededor de la hoguera bajo un gran árbol y la luna llena, una sensación difícil de explicar. Lo que acabamos de hacer probablemente no tenga ninguna importancia para la mayoría de la gente, pero a nosotros nos hace tremendamente felices.

Día 18 (día 4). Al levantarnos repartimos el peso entre las mochilas que nos van a llevar los porteadores,



Figura 12. Día 3, Estrecho.

desde luego sin ellos la subida hubiese sido un autentico infierno. Pasamos por Muchila Camp donde por las caras con las que nos miran creemos que pocas veces han visto un hombre blanco por allí. El paisaje es esplendido. Estamos en las low lands y los arboles, el paisaje y sus gentes nos dejan claro que estamos en lo



Figura 13. Día 3. Rapel de 50 m.



Figura 13. Día3. Base cascada 55 m.

más profundo de Afiqa. Tenemos por delante 1800 metros de desnivel por un camino muchas veces expuesto con pasos de 2º y 3 grado. Por suerte en algunos tramos hay colocadas unas escaleras metálicas para afrontar tramos verticales. Llegamos arriba absolutamente agotados y deshidratados, y es que 4 días de actividad se notan. Ya en el campamento nuestros amigos Italianos tienen que marcharse rápidamente. Nos despedimos con la firme convicción de que es un hasta pronto. Ya atardeciendo nuestro chef vestido con las mejores galas nos regala un pastel con las palabras CONGRATULATIONS. Nuestro guía nos hace entrega a cada uno de un pañuelo con los colores de Etiopía. Un bonito detalle inesperado que nos emociona.

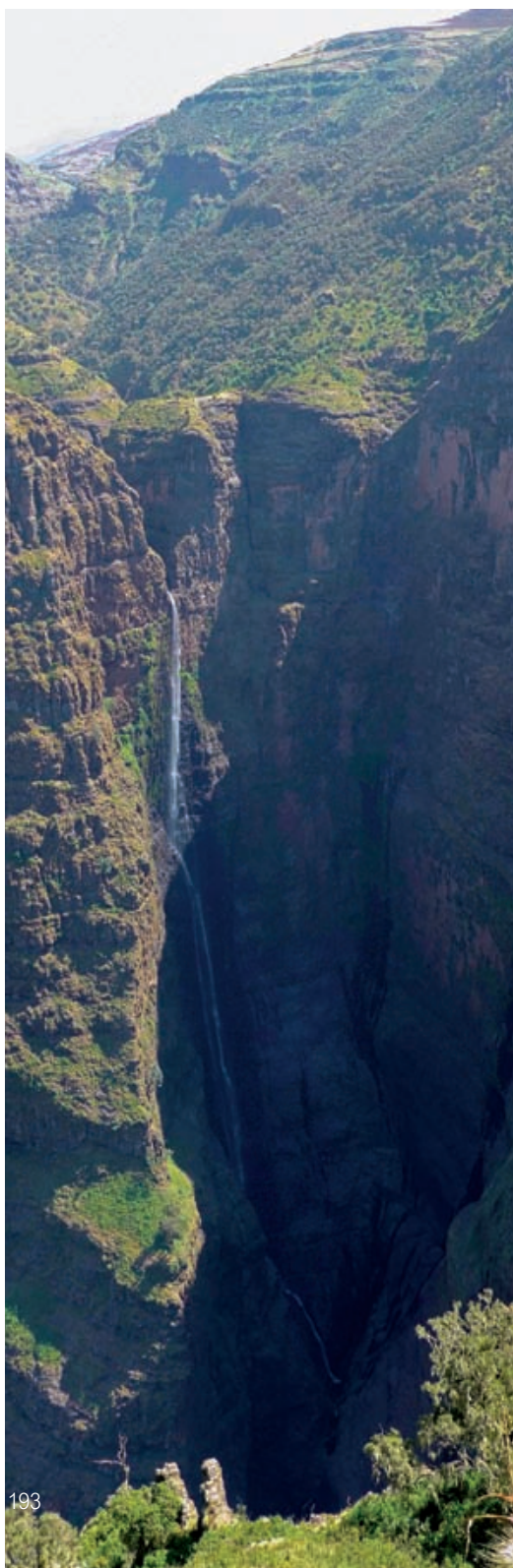
Resumen

El Cañón Jinbar lo podemos dividir en 3 claras partes.

1.- Zona superior: Se trata de un tramo de 1.5 km de longitud y 250 metros de desnivel, en el que se intercalan badinas y zonas de andar con cascadas, la más alta de ellas de 60 metros. Todo en un cañón bien formado.

2.- Cascada: El río Jinbar se precipita en una impresionante cascada de 480m de altura (abismo Geech). Es una cascada muy vertical. Volada en su primera parte y que va tumbando moderadamente al llegar a su final. Está enclavada en un circo por el que se precipitan otros arroyos menores.

3.- Zona inferior: La gran sorpresa de la expedición. Durante más de 3 kilómetros el río Jinbar se encaja en una estrecha grieta con paredes de más de 800 metros de altura a los lados. En un primer tramo, los saltos de agua son continuos y seguidos salvando rápidamente el desnivel. El caudal aumenta y las zonas de nado son continuas. La estrechez en este tramo hace que el caudal sea muy limitativo en esta parte. Tras la cota 2200, el cañón cambia de morfología y aparecen grandes caos de bloques y sucedidos por cortos y profundos estrechamientos.



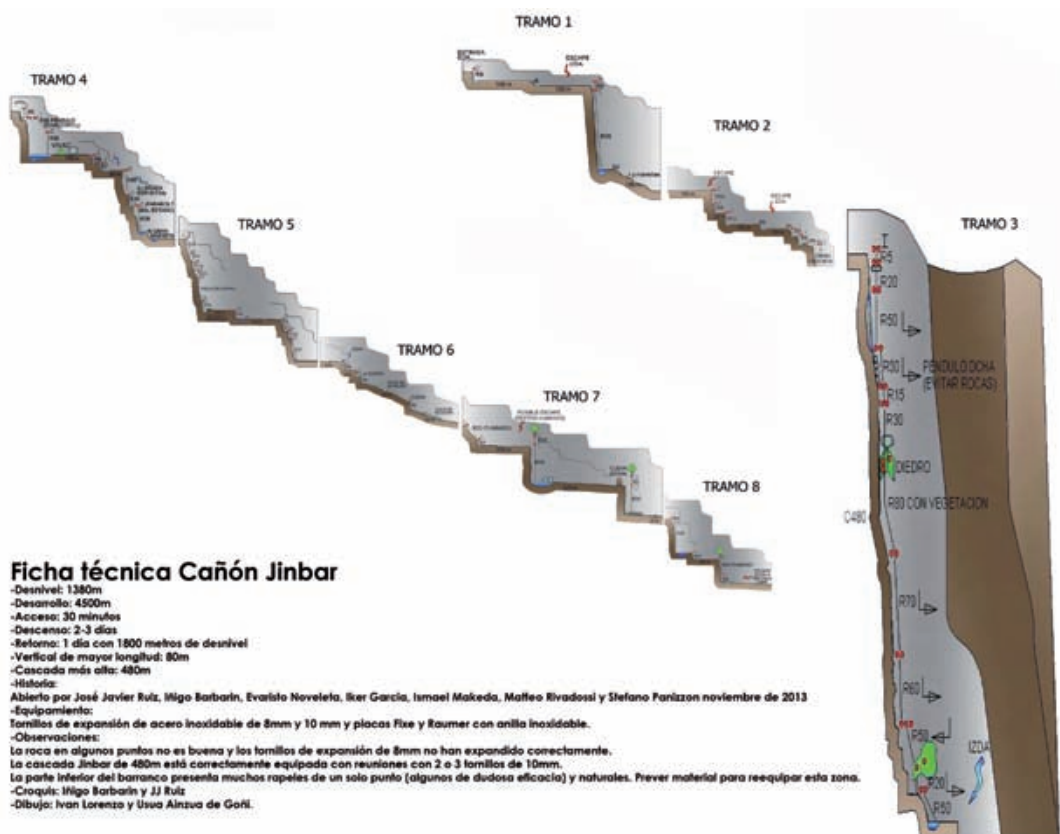


Figura 14. Equipo tras el descenso. Iñigo, Iker, Matteo, Evaristo, Makeda, Lillo y Jotas.

Prevenció, seguretat i rescat vertical

Jorge Membrado Ferreres

Centre formatiu de progressió, seguretat i rescat vertical
Instructor de progressió i rescat vertical des de fa 30 anys-Tècnic esportiu en espeleologia
 C. Sant Julià, 52 2º A
 12300 MORELLA (CS-SPAIN)
 jorge@esportverd.com
 www.esportverd.com/www.quipus.es

Resum

Les malalties i accidents produïdes dins de les cavitats subterrànies poden arribar a ser molt greus o si més no, a agreujar-se donades les especials circumstàncies d'aïllament, humitat, fred, fosc, etc. Afortunadament els accidentats en el món de la espeleologia són poc freqüents. Tal vegada és per aquest motiu que la majoria d'aficionats que s'endinsen en el món subterrani pensen que la possibilitat de patir un accident o malaltia en cavitat és lleu o inclús molt lleu. Pot ser per això i resulta curiós un comportament de deixadesa i menyspreu del perill àmpliament contrastat. Encara i que la majoria del col·lectiu reconeix la gravetat que suposaria un accident o malaltia en qualsevol de les activitats sota terra, pocs d'ells canvien comportaments i actituds per a evitar-los. Per si fora poc, en els darrers anys hi han sorgit arreu del territori nacional un bon grapat de grups de rescat i dels seus corresponents rescatadors, molts d'ells ben equipats i amb una acceptable formació de rescat. Aquest fet, en principi, positiu, ha portat a un bon nombre de gent (la majoria no espeleòlegs) a "jugar" amb cordes en entorns verticals. Molts són bons rescatadors de civera, però quant practiquen o tenen de portar a terme un rescat real dintre les cavitats i barrancs, no es troben ni còmodes ni adaptats a l'entorn. Aquesta circumstància ha provocat no pocs ensurts i algun que altre accident, i és que una cosa es conèixer les maniobres bàsiques de rescat amb civera i una altra molt diferent és aplicar-les amb seny i efectivitat per a desenvolupar el millor rescat possible. Bona part d'ells (espeleòlegs i rescatadors) han abandonat un esgrà ben important, el mal anomenat "AUTOSOCORS", que no ho oblidem, és el primer pas dins d'un rescat i vital si l'accidentat penja d'un arnès. La majoria dels espeleòlegs per la deixadesa esmentada i pensant que ja ho faran els professionals, i la majoria dels rescatadors perquè com si d'una vareta màgica és tractés, pensen que el ferit sempre se'l trobaran dins de la civera. Pocs d'ells coneixen el potencial perill afegit que suposaria un rescat d'alta envergadura a qualsevol gran sistema subterrani peninsular. En aquesta comunicació es fa un repàs als aspectes formatius i actitudinals de l'espeleòleg i del rescatador per a intentar esmenar aquest aspecte tan important i absolutament primari dins d'un rescat.

Paraules clau. Progressió, rescat, vertical, autosocors, seguretat, prevenció, accidents.

Prevención, seguridad y rescate vertical

Resumen

Las enfermedades y accidentes producidos dentro de las cavidades subterráneas pueden llegar a ser muy graves o cuando menos, a agravarse dadas las especiales circunstancias de aislamiento, humedad, frío, oscuridad, etc. Afortunadamente los accidentes en el mundo de la espeleología son poco frecuentes. Tal vez es por este motivo que la mayoría de aficionados que se adentran en el mundo subterráneo piensan que la posibilidad de sufrir un accidente o enfermedad en cavidad es leve o incluso muy leve. Puede ser por eso y

resulta curioso un comportamiento de dejadez y menosprecio del peligro ampliamente contrastado. Aunque la mayoría del colectivo reconoce la gravedad que supondría un accidente o enfermedad en cualquiera de las actividades bajo tierra, pocos de ellos cambian comportamientos y actitudes para evitarlos. Por si fuera poco, en los últimos años han surgido del territorio nacional un buen número de grupos de rescate con sus correspondientes rescatadores, muchos de ellos bien equipados y con una aceptable formación de rescate. Este hecho, en principio, positivo, ha llevado a un buen número de gente (la mayoría no espeleólogos) a "jugar" con cuerdas en entornos verticales. Muchos son buenos rescatadores de camilla, pero en cuanto practican o tienen que llevar a cabo un rescate real dentro las cavidades y barrancos, no se encuentran ni cómodos ni adaptados al entorno. Esta circunstancia ha provocado no pocos sustos y algún que otro accidente, y es que una cosa es conocer las maniobras básicas de rescate con camilla y otra muy diferente es aplicarlas con sensatez y efectividad para desarrollar el mejor rescate posible. Buena parte de ellos (espeleólogos y rescatadores) han abandonado un eslabón muy importante, el mal llamado "AUTOSOCORRO", que no lo olvidemos, es el primer paso dentro de un rescate y vital si el accidentado cuelga de un arnés. La mayoría de los espeleólogos por la dejadez mencionada y pensando que ya lo harán los profesionales, y la mayoría de los rescatadores porque como si de una varita mágica se tratara, piensan que el herido siempre le encontrarán dentro de la camilla. Pocos de ellos conocen el potencial peligro añadido que supondría un rescate de alta envergadura en cualquier gran sistema subterráneo peninsular. En esta comunicación se hace un repaso a los aspectos formativos y actitudinales del espeleólogo y del rescatador para intentar subsanar este aspecto tan importante y absolutamente primario dentro de un rescate. Palabras claves:

Palabras clave. Progresión, rescate, vertical, autosocorros, seguridad, prevención, accidentes.

Prevention, safety and rescue vertical

Abstract

Illnesses and accidents occurred inside a cave may end up being quite serious due to the especial circumstances of isolation, humidity, cold, darkness, etc. Fortunately, accidents in speleology are not common. It is maybe because of this that many cavers think that the possibility of suffering an accident or an illness in a cave is low or very low. There is a certain attitude of neglect and underestimate of the danger that has been verified. Although most of the collective are aware of how serious it would be to suffer an accident or an illness underground, only a few change their behaviour or attitude to avoid it. To make matters worse, many cave-rescue teams have been created in Spain in the past years. Many of them are well-equipped and are acceptably trained. This fact, actually positive, has induced many amateurs (not cavers most of them) to "play" with ropes in vertical environments. Many are good rescuers when it comes to stretchers, but they are not at all adapted to conduct a rescue in caves or canyons. This can cause many unpleasant surprises and/or accidents. To know the basics about moving a stretcher and apply this with sense and effectivity for a successful rescue are different things. Both cavers and rescuers have forgotten about the "self rescue" technique, which we shouldn't forget it is the first step during a rescue if the victim is suspended in a harness. Most of the cavers due to negligence and most of the rescuers because they think the victim will already be in a stretcher. Only a few know the potential danger lying in a high-scale rescue in any underground system in the Peninsula. In this communication, both training and the attitude from cavers and rescuers are reviewed to make up for such an important aspect in a rescue.

Keywords. Progression, rescue, vertical, autosocorros, safety, prevention, accident.

Materials, actituds i comportaments en entorns verticals. El “saber fer i estar”

Les referències a incidents i accidents en els esports de muntanya, son abundants, ben documentades i àmpliament divulgades pels mitjans de comunicació. No entra dintre d'aquest comunicat detallar aquest aspectes. Més be s'haurien de fer algunes reflexions al respecte de coses que es veuen amb una certa freqüència en espeleòlegs i rescatadors (amateurs i professionals) i que poden desencadenar un accident, agreujar-lo o dificultar-ne la primera assistència quant encara hi es a la corda.

Alguns materials personals de verticals:

- Adaptat a l'activitat a fer:
 - No es el mateix un gran barranc o sistema subterrani a molts metres de profunditat que sortir el diumenge de matí per a fer una quedada
 - Els perills a la vertical i al medi (aigua, fred, calor, etc.) poden ser pareguts però les condicions d'aïllament poden ser molt diferents
- Una cursa descontrolada per els lúmens oblidant la necessària llum alternativa i la no menys necessària font d'escalfor per a un cas de retenció (accident, pèrdua, bloqueig, etc.)
- Davalladors tipus Stop que son de tot menys “Stop” o davalladors que no van acompanyats del corresponent sistema autoblocant
- Mosquetons de fre que poden encaixar en facilitat amb el davallador en cas d'entrar en tensió la corda inferior (autosocors o ruptura del ancoratge inferior) i provocar un descens incontrolat
- Bloquejadors ventrals i de ma amb les dents gastades o poc eficients
- Mal manteniment dels components del material (especialment de l'arnès i de les bages d'ancoratge) pretenen, a més a més, que siguin un poc dinàmiques
- Absència de materials complementaris (material complet de reequipament, xiulet, navalla, topo

Algunes actituds:

- De respecte amb la vertical, donat que una vegada que hi som, l'accident està esperant-nos. La major part de vegades, de nosaltres depèn arriscar més o menys
- Un dels riscos més importants es el de caure i en freqüència es perd de vista l'accés a la vertical i la sortida d'aquesta
- També les estretors, l'aigua i les pedres. Es comú reptar als companys a “escapar-se'n de l'accident” quant un se'n a sortit
- El famós “lliure” no es deu de fer sistemàticament al canviar de fraccionament o acabar la vertical, es deu de dir quant estem protegits de la caiguda de pedres o altres objectes
- Fer bones instal·lacions no es tan complicat amb un poc de pràctica. Netejar de pedres, fer un accés segur, bones capçaleres i protegir la corda en tot moment, es més d'actituds que saber fer
- Una continuïtat en les activitats, un entrenament constant, mesura en els objectius i una bona planificació, farà que coves i barrancs siguin bons llocs d'esbarjo i no de patiment
- Si malauradament es produeix l'accident, uns bons i actualitzats coneixements de primers auxilis i unes eficients tècniques d'evacuació immediata de la vertical, poden suposar la diferencia entre l'incident i el desastre

Autosocors:

Totes les informacions rebudes al respecte del “Síndrome del Arnès” i les seves conseqüències insisteixen en la rapidesa en la que un accidentat inconscient damunt la corda pot morir en molt pocs minuts.

Però es curiós, aquesta informació, lluny de mobilitzar al col·lectiu per a aprendre i practicar aquestes tècniques, sembla que caigui en l'oblit. Tampoc al 100%, perquè en unes informacions que vaig recollir durant 2013 i 2014 gairebé un 80 % coneixen el més fonamental i les greus conseqüències que poden patir els inconscients suspesos de l'arnès. Però amb tot, el més impressionant és que tan sols un 18 % havien fet una pràctica de rescat en els darrers ... 2 anys.

Podria parèixer que dins del col·lectiu de rescatadors fora diferent, i així és, però per a mal. El 46 % no sap explicar ni perquè es produeixin ni quines són les conseqüències de romandre inconscient i suspès de l'arnès. Però encara es pitjor el percentatge de pràctiques de l'anomenat "Autosocors" en els darrers 2 anys, tan sols un 6 %. Com ja deia abans, molts deuen pensar que tenen una vareta màgica per a treure al ferit de la corda i empaquetar-lo, o si més no que mai hi haurà un company del propi grup de rescat que necessitarà una ajuda urgent penjat de la corda.

Es precisament aquest primer escaló en la intervenció d'un accidentat suspès de l'arnès el més preocupant, sobretot per l'abandonament individual, dels propis clubs i dels grups de rescat.

El rescat en civera:

Es precisament aquest primer escaló en la intervenció d'un accidentat suspès de l'arnès el més preocupant, sobretot per l'abandonament individual, dels propis clubs i dels grups de rescat.

A la darrera gran moguda que vaig participar, setembre-2014 al Perú, es va mostrar una vegada més el que fa anys que vinc observant, per tant puc considerar com un resum d'algunes millores en alguns grups de rescat. A més de treure prou dades de la meua enquesta al respecte de l'autosocors en rescatadors, vaig confirmar algunes conclusions preocupants:

- Gran quantitat dels rescatadors coneixen les maniobres bàsiques amb la civera, però menys de la meitat són capaços de dissenyar-les i ubicar-les per ells mateixos dins la cavitat. I és que molta gent pensa que en quant han fet un curs de rescat o han participat en alguna macro pràctica estan preparats per a qualsevol cosa.
- Alguns, ni tan sols dirigits compleixen amb les precaucions bàsiques de qualsevol espeleòleg (lligar bé les saques per no anar soltant "lastre" a les verticals, fer els corresponents nusos de final de corda, posar les cunyes al spits i mantenir-ne distàncies de seguretat, disposar d'una il·luminació de reserva, etc.)
- Per si fora poc l'esmentat, i açò afecta també als considerats experimentats, pareix que quant un rescatador agafa una civera, s'ha de córrer sistemàticament. Com si no fer-ho fos símptoma de mal rescatador o poc eficient. En un cas com el del Perú, açò es va donar el darrer dia d'extracció, quant el ferit portava ni més ni menys que 11 dies accidentat dins la cova (per lo que no li venia d'una hora més o menys) i en canvi, el perill de agreujar-li les lesions vertebrals que tenia eren molt elevades. Afortunadament tot va eixir bé, però és cert que els rescatadors deuen estar més en contacte en els serveis mèdics i aquests saber imposar-se davant els rescatadors (de vegades es tracta d'una evacuació urgent siga com siga i d'altres no hi ha tanta presa i es pot tindre més cura en fer una bona feina).
- Per altra banda em va resultar extraordinàriament cridanera, la per a mi desmesurada eufòria en quant va sortir fora la civera. Quedaven més de 40 saques per traure, fer algunes desinstal·lacions de rescat arriscades i esperar els resultats de l'hospital per si s'havien agreujat les lesions del ferit. Una vegada fora la civera, el relaxament i la sempre companya, desmotivació, han seguit històricament fons de molts d'accidents.



Figura 1. Espeleosocors València



Figura 2. Rescat IntiMachay-Perú

- També va resultar cridaner com alguna gent deia ¡Somos los mejores!, ¡No hay rescate que se nos resista! Velles preocupacions dintre grans cavitats em venien al pensament. Inti Machay al Perú es una cavitat que una vegada equipada es relativament còmoda, l'accés a la cota del ferit es podia fer perfectament en 2 hores. La temperatura, acceptablement confortable, sempre per damunt dels 8° C i les possibilitats de vivaç abundants encara i que no necessàries donat el bon accés al campament 2 h de cova + 1 d'aproximació.
- Lo del Perú no va ser una broma, però una vegada a l'avenc, no te res a veure en un possible accident en profunditat en llocs on arribar a la punta pot costar 4 dies i on no hi han a penes possibilitats de muntar bivacs per als rescatadors. Però açò serà motiu d'una altra comunicació.

Agraïments:

A tots els companys espeleòlegs, barranquistes i rescatadors que amablement han contestat a les meves enquestes. També perquè segueixen descobrint nous espais meravellosos i preparant-se per si alguna vegada tenen de prendre la decisió d'ajudar a un company inconscient a la corda, ells seran el primer escaló del rescat. Als meus companys de la Federació Valenciana d'Espeleologia (Escola i Socors) dels que tan he après i que tanta motivació me transmeten.



REFERENCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Dulanto, Diego. 2011-2015. <http://descendedor.blogspot.com.es>

Dulanto, Diego et Al. 2004. Monitorización en ambientes difíciles.

Esocan. 2010-2015. <http://www.espeleosocorro.es/>

Gobierno Vasco. 2001. Encuentros Cantábrico-Pirenaicos de Espeleosocorro.

Gómez, Pedro y Escola Valenciana d'Espeleologia. 2011. Rompiendo nudos

Membrado, Jorge. Manuales de rescate para la seguridad pública.

Membrado, Jorge. 2009. Cursos de espeleología alpina.

Membrado, Jorge. 2015. Rescate vertical para personal de emergencias

Membrado, Jorge y Escola Valenciana d'Espeleologia (Inédito). Cuadernos técnicos.

Spencer FC. 2010. Human error in hospitals and industrial accidents.

SSF. 1994-2012. Informes de rescates reales.

SSF. 2009-2014. <http://ssf.ffspeleo.fr>

VVAA. Coordina SOS Aragónés. 2006-2012. Criterios técnicos de espeleosocorro

