

# ENDINS

PUBLICACIÓ D'ESPELEOLOGIA  
 FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA  
 Núm. 31 • NOVEMBRE 2007 • MALLORCA

ENDINS NÚM. 31 NOVEMBRE 2007



Govern de les Illes Balears  
 Conselleria de Medi Ambient  
 Direcció General de Biodiversitat



Govern de les Illes Balears  
 Conselleria de Medi Ambient  
 Direcció General de Recursos Hídrics



Govern de les Illes Balears  
 Conselleria d'Esports i Joventut  
 Direcció General d'Esports



Govern de les Illes Balears  
 Conselleria d'Educació i Cultura  
 Direcció General de Política Lingüística



# ENDINS

Publicació d'Espeleologia. Federació Balear d'Espeleologia  
núm. 31 • Novembre 2007.

## Sumari

ELS FENÒMENS ENDOCÀRSTICS DE LA ZONA DE CA N'OLESA: LA COVA DE S'ÒNIX I ALTRES CAVITATS VEÏNES (Manacor, Mallorca) per Joaquín Ginés, Joan J. Fornós, Miquel Trias, Àngel Ginés i Gabriel Santandreu .....	5
ELS SOTERRANIS DEL CASTELL DE SANT FELIP, ESPELEOLOGIA URBANA A MENORCA per Miquel Trias .....	31
LA COVA DE SA GLEDA I. SECTOR CLÀSSIC, SECTOR DE Ponent I SECTOR CINC-CENTS (Manacor, Mallorca): GEOMORFOLOGIA, ESPELEOGÈNESI, SEDIMENTOLOGIA I HIDROLOGIA per Francesc Gràcia, Joan J. Fornós, Bernat Clamor, Mateu Febrer i Pere Gamundí .....	43
DATAció DELS SEDIMENTS RECENTS QUE REBLEIXEN LES CAVITATS DE SA GLEDA I DEL SISTEMA PIRATA – PONT – PIQUETA: PRIMERES DADES per Joan J. Fornós i Francesc Gràcia .....	97
LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca): 40 KILÓMETROS DE DESARROLLO TOPOGRAFIADO per Antoni Merino, Antoni Mulet, Guillem Mulet, Antoni Croix y Francesc Gràcia .....	101
ALGUNOS ESPELEOTEMAS POCO HABITUALES HALLADOS EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA. NUEVAS OBSERVACIONES por Antonio Merino .....	111
PRIMEROS DATOS SOBRE LA FAUNA CAVERNÍCOLA TERRESTRE DE LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca, Balears) por Mateo Vadell, Rafael Jordana y Alberto Sendra .....	117
QUINZE ANYS D'ESTUDIS QUIROPTEROLÒGICS A LES ILLES BALEARS (1993-2007) per Jordi Serra-Cobo, Blanca Amengual, Marc López-Roig, Josep Márquez, Xavier Bayer, Cisco Guasch, Antònia Sánchez i Joan Antoni Oliver .....	125
LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA. ZONA 9: SON BORONAT – L'HOSTALET (Calvià, Mallorca) per Damià Crespí, Antelm Ginard, Damià Vicens, Mateu Vadell i Miquel Àngel Barceló .....	141
NOVES BALMES METAL·LÚRGIQUES A LES MUNTANYES D'ESCORCA I DE POLLENÇA per Josep Antoni Alcover, Miquel Trias i Salvador Rovira .....	161
DATOS SOBRE LOS QUILOPODOS <i>Lithobius vivesi</i> SERRA 1983 y <i>Lithobius piceus tabacaru</i> NEGREA & MATIC 1973, LOCALIZADOS EN EL CLOT DES SERO (Calvià, Mallorca) por Mateo Vadell .....	179

### Foto portada:

Cova de sa Gleda. Circuit dels Pirates (Manacor, Mallorca).  
Fotografia: César Bodi. Assistents: Bernat Clamor i Pere Gamundí.

### Foto contraportada:

Cova des Pas de Vallgornera. Zona dels Cubans (Llucmajor, Mallorca).  
Fotografia: Antoni Merino. Assistent: Antoni Mulet.

## NORMES DE PUBLICACIÓ

ENDINS publica tot tipus de treballs sobre el carst, les coves i l'espeleologia de les Balears en tots els seus aspectes, prèvia acceptació per part de la Junta de Publicacions.

Igualment, ENDINS dóna cabuda a originals que, encara que surtin de l'àmbit geogràfic anteriorment descrit, siguin considerats d'interès a criteri de la Junta de Publicacions.

L'idioma oficial d'ENDINS és el català. No obstant això, es poden publicar també treballs en qualsevol dels idiomes següents: castellà, anglès, francès, italià i alemany.

De tots els treballs s'ha de presentar un original i una còpia, en fulls DIN A4, en una sola cara, a doble espai i amb un marge de 2,5 cm per cada costat. S'ha d'adjuntar una còpia en suport informàtic feta amb un processador de textos actual per facilitar les tasques d'edició.

S'ha d'especificar, en full a part, el títol del treball, el nom de l'autor o autors, l'adreça de contacte i, si és possible, un número de fax o adreça de correu electrònic.

L'extensió no ha de sobrepassar les 20 pàgines, incloent-hi la bibliografia, les figures i les taules. La Junta de Publicacions es reserva la possibilitat de publicar articles més extensos. S'ha d'adjuntar obligatòriament dos resums, en català i en anglès. Opcionalment, se pot afegir un altre resum en l'idioma que l'autor o autors considerin oportú, amb un màxim de 25 línies cada un d'ells.

Les figures han d'estar clarament referenciades amb un número, al qual s'ha de fer referència al text. Les fotografies s'han de presentar preferentment en diapositives o en còpies de paper, tant en color com en blanc i negre. Totes les figures s'han d'enviar en paper vegetal, en format DIN i s'exigeix una presentació i una retolació acurades. En el cas concret de topografies, és convenient que incloguin les informacions següents:

1.- Nom de la cavitat i del municipi on s'ubica.

2.- Nom dels autors dels treballs topogràfics, precedits del que dirigeix la feina.

3.- Nom del grup o grups espeleològics que realitzen la topografia, si s'escau.

4.- Escala gràfica. Una sola escala per al conjunt de la topografia. Els detalls i els diagrames es poden presentar en una escala diferent, però ben diferenciats de la resta del dibuix.

5.- Nord magnètic amb data de l'aixecament topogràfic.

I és convenient, a més, seguir les normes següents:

a.- El dibuix ha d'estar correctament delineat, amb retolació clara i espaiada per fer possible reduccions òptimes.

b.- La topografia ha d'estar formada per plantes, seccions i detalls de l'espai subterrani que es vol representar, correctament col·locats d'acord amb les normes elementals del dibuix i l'estètica.

Es poden presentar fotografies no publicades de les cavitats o el carst de les Balears, per a la portada de la revista, sense necessitat de presentar cap treball. El màxim serà de 3 diapositives per autor. Cada imatge haurà d'estar correctament identificada i s'especificarà detalladament el lloc on està pressa.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

ENDINS publica todo tipo de trabajos sobre el karst, las cuevas y la espeleología de las Baleares en todos sus aspectos, previa aceptación por parte de la Junta de Publicaciones.

Igualmente, ENDINS da cabida a originales que, aún saliendo del ámbito geográfico balear, sean considerados de interés general a criterio de la Junta de Publicaciones.

El idioma oficial de ENDINS es el catalán. No obstante se publicarán asimismo trabajos en cualquiera de los idiomas siguientes: castellano, inglés, francés, italiano y español. De todos los trabajos se ha de presentar un original y una copia, en hojas DIN A4, por una sola cara, a doble espacio y con un margen de 2,5 cm por lado. Se ha de adjuntar una copia en soporte informático hecha con un procesador de textos actual para facilitar la edición.

Se especificará el título del trabajo, el nombre del autor o autores, la dirección de contacto y, si es posible, un número de fax o dirección de correo electrónico.

La extensión no ha de sobrepasar las 20 páginas, incluyendo la bibliografía y las figuras. La Junta de Publicaciones se reserva la posibilidad de publicar artículos más extensos. Se ha de adjuntar obligatoriamente dos resúmenes, en catalán y en inglés. Opcionalmente, se puede añadir otro resumen en el idioma que el autor o autores consideren oportuno, con un máximo de 25 líneas cada uno.

Las figuras han de estar claramente referenciadas con un número y hacer referencia de ellas en el texto. Las fotografías se

han de presentar preferentemente en diapositivas o en copias en papel, tanto en color como en blanco y negro. Todas las figuras se han de enviar en papel vegetal, en formato DIN y con una presentación y rotulación esmeradas. En el caso concreto de las topografías, es conveniente que incluyan las informaciones siguientes:

1.- Nombre de la cavidad y del municipio en que se ubica.

2.- Nombre de los autores de los trabajos topográficos, precedidos por el que dirige el trabajo.

3.- Nombre del grupo o grupos espeleológicos que realizan la topografía.

4.- Escala gráfica. Una única escala para el conjunto de la topografía. Los detalles y los diagramas se pueden presentar en una escala diferente, pero bien diferenciados del resto del dibujo.

5.- Norte magnético con la fecha del levantamiento topográfico.

Además es conveniente seguir las normas siguientes:

a.- El dibujo ha de estar correctamente delineado, con rotulación clara y espaciada para hacer posible reducciones óptimas.

b.- La topografía ha de estar formada por plantas, secciones y detalles del espacio subterráneo que se quiere representar, correctamente colocados de acuerdo con las normas elementales del dibujo y de la estética.

Se pueden presentar fotografías inéditas de las cavidades o el karst de las Baleares, para la portada de la revista, sin necesidad de presentar ningún trabajo. El número máximo será de 3 diapositivas por autor. Cada imagen estará correctamente identificada y se especificará detalladamente el lugar de procedencia.

## PUBLICATION RULES

ENDINS publishes a wide-range of papers on the speleology and karstology of the Balears in all their aspects.

The journal will also consider for publication papers on the caves and karst of other geographical regions.

The official language of ENDINS is Catalan, but even so, it will also publish papers written in English, French, German, Italian and Spanish.

All submission are subject to the approval of the journal's Editorial Board.

All papers must be submitted in duplicate on DIN A4 paper written on one side only, double-line spaced and with 25 mm margins. Also the text and any tables should be submitted on a 3.5" diskette under a widely used file format to easy editing.

On a separate sheet of paper, the title of the paper, the names of the author or authors, a contact address, and, if possible, a fax number or an e-mail address should be included.

All papers should have at least two abstracts being no more than twenty-five lines long each, one of which must be in English and the other preferable in Catalan or Spanish.

No paper, including all figures, tables and the bibliography, should exceed, except at the Editorial Board's discretion, twenty pages in all.

All figures and tables have to be clearly numbered with a reference to each one in the text.

Any photographs should be submitted preferably as slides, or as prints in colour or in black and white.

All figures should be done on DIN A-sized tracing paper with carefully executed linework and labelling.

In the specific case of surveys, the following should be included:

1.- the name of the cave and of the municipality (or equivalent) where it is located;

2.- the name of the lead surveyor followed by any others;

3.- date of survey;

4.- the name of speleologic club or clubs, if applicable; a scale bar and, if there is more than one, each one must be clearly labelled;

5- true north or magnetic north and date;

It is also recommendable to follow the following guidelines:

a.- the survey must be correctly draughted in accordance with accepted practices with clear lettering and labelling, keeping in mind that the survey may be reduced in size for publication;

b.- the survey should consist of a floor plan, an extended or main section, cross-sections and other details, as required by the cave's development and layout.

Unpublished photographs, as slides, of caves and the karst on the islands can also be submitted for the journal's cover. It is not necessary that the author has submitted a paper. There is maximum of three slides an author and each slide must be correctly identified and the location specified.

La publicació d'aquest número d'ENDINS ha estat possible gràcies a les subvencions concedides per:



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria de Medi Ambient  
Direcció General de Biodiversitat



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria de Medi Ambient  
Direcció General de Recursos Hídrics



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria d'Esports i Joventut  
Direcció General d'Esports



**Govern de les Illes Balears**

Conselleria d'Educació i Cultura  
Direcció General de Política Lingüística



**Consell de Mallorca**

■ Departament de  
Medi Ambient



**Consell de Mallorca**

*Fundació*  
**"SA NOSTRA"**



FEDERACION ESPAÑOLA  
DE ESPELEOLOGIA



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

## FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA

### JUNTA DIRECTIVA

PRESIDENT:	Julián VEGA SANZ
VICE-PRESIDENT:	Francisco Javier DÍAZ DELGADO
SECRETARI:	Antonio SALAZAR MIRA
TRESORERA:	Josefina LUENGO VERGAZ
DIRECTORA EBE:	Beatriz PAYA GALLEGO
VOCAL ESPELEOSOCORS:	Manuel LÓPEZ TOLEDANO
VOCAL CONSERVACIÓ:	Antoni MERINO JUNCADILLA
VOCAL PUBLICACIONS:	Francesc GRÀCIA LLADÓ

### JUNTA DE PUBLICACIONS

DIRECTOR: Francesc GRÀCIA LLADÓ

Pere BOVER ARBÓS  
Damià CRESPI BESTARD  
Antelm GINARD FULLANA  
Vicenç PLA MARTÍNEZ  
Guillem PONS BUADES  
Miquel TRIAS GUSÓ  
Damià VICENS XAMENA  
Peter WATKINSON

© ENDINS

ISSN 0211-2515

Dipòsit Legal: PM 165-1974

Correspondència i intercanvi:

ENDINS

**Federació Balear d'Espeleologia**

Carrer Margarida Xirgu, 16, baixos.

07011 - PALMA DE MALLORCA

(Spain)

e-mail: xescgracia@yahoo.es

Impressió:

Sairpa S.L.

C/ Islas Baleares, 26

Poligono Ind. Son Bugadellas

07180 Santa Ponsa (Calvià)

Tel. 971 69 76 76

e-mail: sairpa@terra.es

Maquetació i fotomecànica:

Colorgràfic

C/ Llampugol, 33.

07005 Palma de Mallorca

Tel. 971 27 83 55

e-mail: colorgrafic@ono.com

# ELS FENÒMENS ENDOCÀRSTICS DE LA ZONA DE CA N'OLESA: LA COVA DE S'ÒNIX I ALTRES CAVITATS VEÏNES (Manacor, Mallorca)

per Joaquín GINÉS<sup>1,2</sup>, Joan J. FORNÓS<sup>2</sup>, Miquel TRIAS<sup>3</sup>, Àngel GINÉS<sup>1,4</sup> i Gabriel SANTANDREU<sup>3</sup>

## Resum

Es descriuen tres cavitats de les rodalies de Portocristo (Manacor), entre les quals destaca la Cova de s'Ònix amb un desenvolupament superior als 600 m i una rica decoració d'espeleotemes. Aquesta cavitat fou explotada, durant la primera meitat del segle XX, per extreure'n les seves colades estalagmítiques com a pedra ornamental; en aquest sentit, amb materials d'aquesta localitat es bastí, el 1931, la tomba del cardenal Rafael Merry del Val que es troba a la basílica de Sant Pere, al Vaticà.

Les coves estudiades es desenvolupen dins les calcarenites del Miocè superior post-orogènic de la Marina de Llevant i arriben a assolir el basament mesozoic plegat –corresponent en aquest punt a les calcàries bioclàstiques del Juràssic superior–, fet fins ara no reportat en la literatura espeleològica mallorquina. Pel que fa a l'espeleogènesi, es tracta de formes de col·lapse que es distribueixen a la perifèria d'una àmplia zona d'abisament de prop de 200 m de diàmetre, la qual s'ha originat a partir de la carstificació de les calcàries juràssiques i ha afectat, així mateix, els materials suprajacents del Miocè superior. La gènesi i evolució de les cavitats no sembla veure's influïda pel fet d'interessar dues unitats litològiques ben diferenciades, la inferior de les quals s'emmarca dins les alineacions estructurals que configuren les Serres de Llevant.

S'estudien així mateix les característiques del rebliment sedimentari de les coves, on destaquen els sediments fins vermells de composició silícia (principalment quars i argiles) que rebleixen algunes sales de les cavitats, així com uns nivells de calcarenites relacionades amb fàcies d'entrada i corresponents a dipòsits d'eo-lianites pleistocenes introduïdes per gravetat. Es comenten els processos d'alteració que afecten la roca i, en particular, uns curiosos processos degradatius relacionats amb la interacció sediments–roca.

## Abstract

Three caves located near Portocristo village (Manacor, Mallorca) are described, outstanding among them Cova de s'Ònix that shows a development exceeding 600 m together with a rich speleothem decoration. During the first half of the XXth century, this cave was economically exploited quarrying its thick flowstone layers as ornamental stone. In this respect, the tomb of the Spanish cardinal Rafael Merry del Val –in the Basilica of Sant Peter, Vatican City– was built in 1931 with materials coming from this Mallorcan site.

The studied caves are developed in the post-orogenic Upper Miocene calcarenites, but their lower parts get to reach the folded Mesozoic basement corresponding, in this place, to the Upper Jurassic bioclastic limestones; this fact is not reported until now from other caves in the island. Regarding the speleogenesis, these caves are breakdown features which are fringing a wide collapse zone over 200 m in diameter, originated by the karstification of Jurassic limestones as well as the Upper Miocene overlying beds. It seems that the genesis and evolution of the cavities has not been influenced by their development through two well-differentiated lithological units, the lower one appertaining to the structural alignments of Serres de Llevant mountain range.

The sedimentary infillings of the caves are also studied, being worth to mention the reddish silty sediments of silicic composition (mainly quartz and clays) that partially fill up some chambers, as well as the presence of calcarenite layers corresponding to entrance facies and consisting in pleistocene aeolianite deposits placed by gravity. Some comments are included on the degradative processes affecting the rock walls and, specifically, on conspicuous penetrative weathering processes related to the interaction between silty sediments and rock.

1 Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca.  
2 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.

3 Secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca. Palma de Mallorca.  
4 Laboratori d'Ecologia. Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.

## Introducció

El conjunt de cavitats càrstiques situades als voltants de les cases de Ca n'Olesa (MASCARÓ-PASARIUS, 1962-67) —on avui en dia s'aixeca l'hotel Castell dels Hams, proper a les coves turístiques homònimes— inclou algunes de les poques coves importants del municipi de Manacor que no han estat objecte encara d'estudis espeleològics recents i detallats.

Concretament, la Cova de s'Ònix era mereixedora d'una atenció particularitzada tant per la bellesa de la cavitat com per l'elevat interès geomorfològic, i fins i tot etnològic-històric, que presenta. Aquests aspectes, juntament amb un recorregut subterrani que supera els 600 m, justificaven amb escreix la realització de la topografia detallada de la cova i el seu estudi geoespeleològic, els quals de fet constitueixen el nucli d'aquest treball. Cal tenir present així mateix que, malgrat la rellevància d'aquesta cavitat subterrània, tan sols havia estat objecte de molt escasses i poc aprofundides referències, situades cronològicament dins la primera meitat del segle passat.

Per tal de donar coherència a la present aportació, també s'inclouen dades i topografies d'altres dues localitats ben properes a la Cova de s'Ònix —la Cova des Fumassos i el Pou des Fumassos— cavitats, totes tres, que estan molt lligades entre sí des dels punts de vista geogràfic i genètic.

## Aspectes històrics i toponímics

Els fenòmens subterranis que ens ocupen són coneguts als ambients espeleològics locals a partir dels anys 70 del passat segle (ENCINAS *et al.*, 1974), arran de les activitats realitzades aquells anys per un dels autors (MT) en el municipi de Manacor. Els successius inventaris espeleològics que s'aniran publicant amb posterioritat (TRIAS *et al.*, 1979; ENCINAS, 1997, 2006) inclouen les tres coves objecte del nostre interès, sempre amb les mateixes denominacions que emprarem en el present treball, donat la manca d'una toponímia més precisa i tradicional per a designar algunes d'aquestes formes endocàrstiques.

Sembla ser que la Cova de s'Ònix (la més important del conjunt) fou descoberta al voltant de l'any 1914 per Pere Caldentey, aleshores també descobridor i explorador de les turístiques Coves dels Hams (Figura 1). En aquelles dates situa FAURA Y SANS (1926) l'exploració d'uns abisaments existents a algunes desenes de metres de les cases de Ca n'Olesa —propietat de l'esmentat Pere Caldentey— que denomina amb el topònim de "Cuevas dels Tomasos" (sic). Aquesta denominació (que apareix també recollida al llibret de FERRER & COSTA, 1945) probablement sigui una mala transcripció del topònim *es Fumassos*, que de ben segur al·ludeix als fenòmens de condensació que tenen lloc a l'hivern, en sortir aire calent de les diverses cavitats i esclatxes que configuren la gran zona d'esfondrament on s'obren les coves estudiades (Figura 2),



Figura 1: Postal de les primeres dècades del segle XX on s'observa l'hotel que es va construir en terrenys de Ca n'Olesa, quan es condicionaren les Coves dels Hams per a la seva visita turística. Les cavitats estudiades es troben a les rodalies d'aquest edifici, actualment reconvertit en un modern i més gran establiment hotelier.

Figura 1: A postcard from the beginning of XXth century showing the hotel built in Ca n'Olesa, when Coves dels Hams were reconverted for tourism. The studied caves are situated in the vicinity of the building, which in the last decades has been converted in a modern and bigger tourism establishment.

tal i com apunta MAHEU (1912). Aquest naturalista i espeleòleg francès visità la zona el 1911 (quan encara no havia estat descoberta la Cova de s'Ònix) i va explorar alguna de les cavitats del conjunt, concretament la que avui coneixem com a Cova des Fumassos. L'àrea amb senyals d'enfonsament, on es localitzen totes les coves que tractam ara, presenta prop de 200 m de diàmetre amb una superfície aproximada de 30.000 m<sup>2</sup>, essent visible amb facilitat en fotografies aèries recents (Figura 3).

Sempre seguint les informacions que subministra FAURA Y SANS (1926), l'any 1918 s'efectuaren algunes investigacions per tal d'avaluar el potencial del "...yacimiento de caliza espática marmórea" (sic) existent en la Cova de s'Ònix, de cara a la seva explotació econòmica per a l'extracció de pedra ornamental. L'informe elaborat pel mateix Faura y Sans, en col·laboració amb uns tals Sr. Fontrodona i Sr. Rexach (enginyer de mines i enginyer industrial, respectivament), avaluà el volum del dipòsit susceptible d'explotació en més de 1.000 m<sup>3</sup> de calcita, disposada en bancs d'aspecte marmeri de fins a 1,1 m de gruixa.

Les tasques d'excavació i eixamplament de les galeries d'accés a la Cova de s'Ònix, caldria situar-les amb bastant seguretat entre el 1914 (l'any del seu descobriment) i el 1926, ja que en aquesta darrera data la cova apareix descrita amb la seva morfologia i aparença actual (FAURA Y SANS, 1926); en aquestes mateixes dates també es degueren bastir els caminols i escales de l'interior de la cova, amb la finalitat de facilitar el seu recorregut i tal vegada pensant en una possible explotació turística. Les feines extractives de materials rocosos cristal·lins i fortament laminats, que es qualificaven poc encertadament com a "ònix", es perllongaren al manco durant la primera meitat del segle XX, tal i com es desprèn de l'opuscle de VIDAL-ISERN (1946) on s'esmenta la venda d'objectes decoratius elaborats amb el fals ònix extret d'aquesta cova. El citat autor fa referència també a que aquesta mateixa localitat forní la

pedra ornamental amb la qual es va confeccionar, l'any 1931, la tomba del cardenal espanyol Rafael Merry del Val (Londres, 1865 - Ciutat del Vaticà, 1930), personatge destacat que fou home de confiança del papa Pius X i arribà fins i tot a ser Secretari d'Estat de la Santa Seu.

L'espectacular tomba del cardenal Merry del Val, feta amb dipòsits de calcita procedents del subsòl de Manacor –...“onyche maioricensi”... segons s'indica a una de les làpides situades sobre el sepulcre–, es pot visitar a la cripta de la basílica de Sant Pere, al Vaticà (Figura 4).

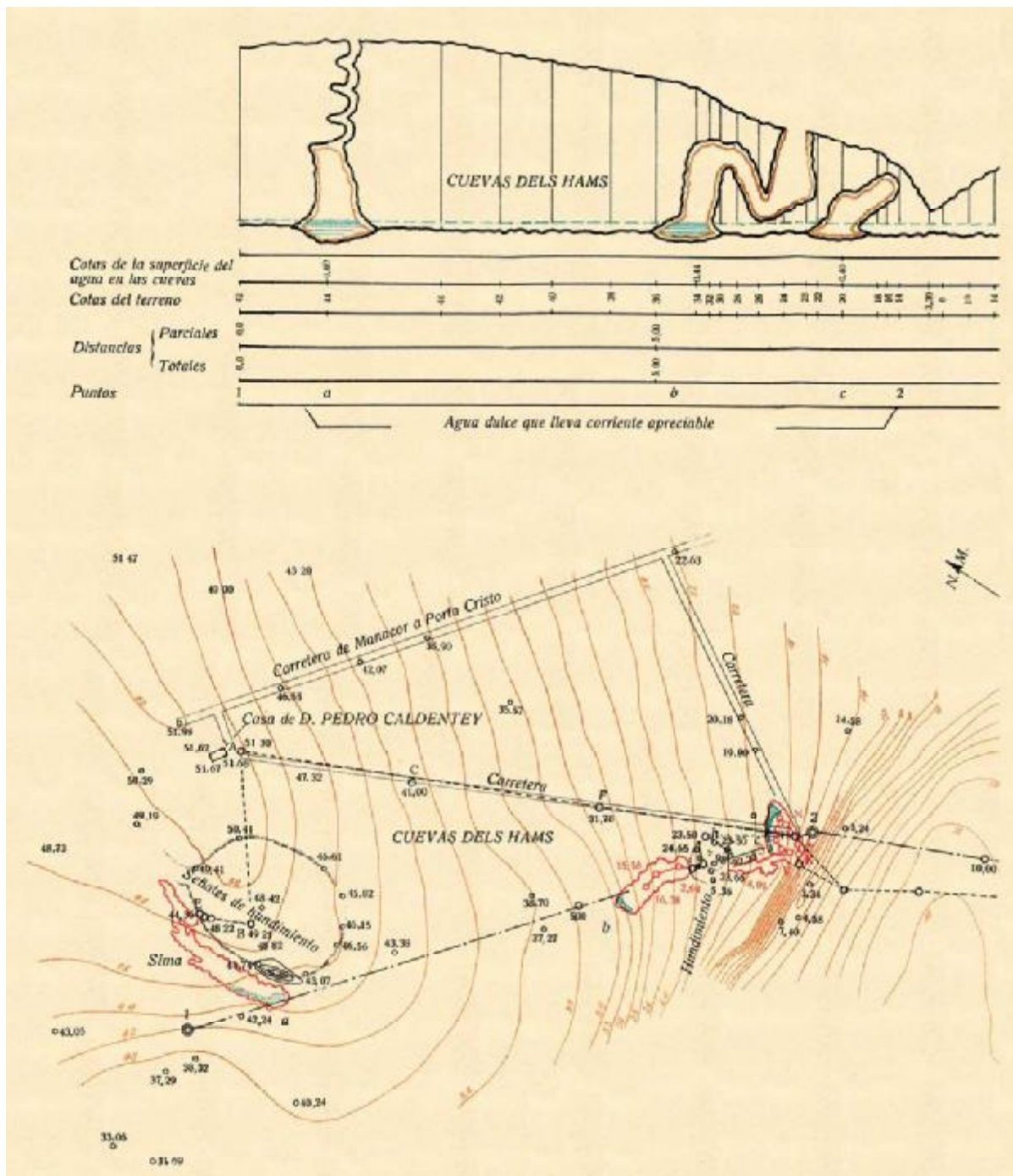


Figura 2: Plànol topogràfic de la zona de Ca n'Olesa extret de l'obra de FAURA Y SANS (1926) sobre les coves de Mallorca, publicada en ocasió del XIV Congrés Geològic Internacional. Apareix reflectida la topografia de les Coves dels Hams (part inferior-dreta de la imatge), així com un croquis esquemàtic de la Cova de s'Onix (assenyalada com a "Sima" a la part inferior-esquerra) al costat de la gran àrea d'enfonsament on s'obren les cavitats estudiades.

Figura 3: Topographical survey of Ca n'Olesa area included in the FAURA Y SANS (1926) book on Mallorcan caves, published on the occasion of XIV International Geological Congress. A simplified map of Caves dels Hams can be observed (lower right part of the image), together with a schematic sketch of Cova de s'Onix (signaled as "Sima" in the lower left part) besides the collapsed zone where the studied caves are situated.





Figura 3: Fotografia aèria de les rodalies de Portocristo, amb indicació de la zona d'abisament (línia discontinua) on es localitzen les coves estudiades. O: Cova de s'Ònix; F: Cova des Fumassos; H: Coves dels Hams; P: Pedrera de s'Ònix. Foto cortesia de SITIBSA, Palma de Mallorca.

Figure 3: Aerial photography of the Portocristo area, with indication of the collapse zone (dashed line) where the investigated caves are located. O: Cova de s'Ònix; F: Cova des Fumassos; H: Coves dels Hams; P: Pedrera de s'Ònix. Photo courtesy of SITIBSA, Palma de Mallorca.

Pel que fa a la toponímia de la cavitat principal del conjunt —la Cova de s'Ònix— és precís deixar constància que aquesta denominació, que emprarem al llarg d'aquestes planes, és de fet un neotopònim introduït quan la cova va ser inclosa en els primers inventaris espeleològics illencs (ENCINAS *et al.*, 1974; TRIAS *et al.*, 1979), en mancar-ne cap denominació tradicional més adient. El neotopònim amb el que designam la Cova de s'Ònix està en consonància amb la referència que en fa VIDAL-ISERN (1946), qui descriu breument aquesta localitat sota la denominació general de “las canteras de ònix” (sic). L'autor esmentat també es refereix a la cavitat amb el topònim més específic de “canteras dels Hams”, mentre que FAURA Y SANS (1926) utilitza gairebé sempre la denominació “sima dels Hams”, donat el caràcter relativament subvertical del fenomen subterrani i la seva proximitat a les conegudes Coves dels Hams. Aquesta darrera denominació (“sima dels Hams”) la trobam poc afortunada, donat que no es tracta en realitat d'un avenc, a més del fet que un topònim similar (“Aven d'els Hams”) fou emprat ja per MAHEU (1912) per referir-se al gran esfondrament existent en les Coves dels Hams pròpiament dites.

En el cas de la Cova des Fumassos la primera cita

correspon a MAHEU (1912), malgrat que el seu topònim és transcrit de forma no gaire correcta: “Grotte des Fumases” (sic). Aquesta mateixa cavitat probablement apareix referida de passada al llibre de FAURA Y SANS (1926), encara que sense esmentar cap topònim concret per designar-la. De fet aquest autor, en descriure la gran zona d'esfondrament propera a les cases de Ca n'Olesa, parla d'altres coves —a més de la Cova de s'Ònix— on és factible assolir una profunditat superior als 40 m, amb grans dificultats per les reduïdes proporcions d'alguns passatges. Finalment, el Pou des Fumassos consisteix en una petita cavitat descendent, veïna de l'anterior i sense gaire transcendència. Aquestes dues formes endocàrstiques comparteixen un topònim amb una certa tradició —es Fumassos—, que suposam extensiu a tota l'àrea d'abisament situada al darre de l'actual hotel Castell dels Hams, i que estaria relacionat com ja s'ha dit abans amb les manifestacions atmosfèriques lligades a la presència de cavitats subjacentes (MAHEU, 1912). Cal recordar que FAURA Y SANS (1926) utilitza el topònim deformat “Cuevas dels Tomaso” —al qual ja hem fet menció—, referint-se també al conjunt de la gran zona enfonsada i les diverses cavitats que s'hi localitzen.

Una menció a part requereix la localitat epigea coneguda com la Pedrera de s'Ònix, situada tan sols uns centenars de metres cap al sud de la nostra àrea de treball (veure Figura 3). Es tracta d'una explotació de pedra ornamental a cel obert que aprofita els materials calcaris del Miocè superior, els quals mostren aquí importants i espectaculars processos diagenètics. Concretament, ens trobam amb unes fàcies caracteritzades per la presència d'abundants buits reomplerts per gruixudes capes de ciments carbonatats d'origen freàtic, que arriben a formar una mena de nòduls cristal·lins de mida decimètrica; fàcies similars són visibles també amb claredat a la Cova de s'Ònix, sobretot en els laterals de la principal galeria artificial d'accés. En el cas d'aquesta pedrera, l'explotació no interessà dipòsits cristal·lins calcítics originats en un medi hipogeu –com succeeix a la Cova de s'Ònix–, sinó que els materials extrets consisteixen en rocam calcarí Miocè amb un grau de recristal·lització força important i cidaner. En la Pedrera de s'Ònix, les tasques d'explotació tallaren uns materials superficials llimosos que forniren restes de *Myofragus kopperi*, espècie arcaica (corresponent al límit Plio-Quaternari) del rupicàpid fòssil que caracteritza la fauna prehumana de les Gimnèsies; aquesta és, de fet, la localitat-tipus de l'espècie esmentada (ALCOVER *et al.*, 1981; MOYÀ-SOLÀ & PONS-MOYÀ, 1981).

## Context geològic i litològic

Les cavitats de la zona de Ca n'Olesa es troben situades des d'un punt de vista geològic dins la unitat morfo-estructural de la Marina de Llevant (FORNÓS & GELABERT, 1995; RODRÍGUEZ-PEREA & GELABERT, 1998), caracteritzada per presentar un relleu tabular amb una lleugera inclinació en direcció E, que acaba a la línia de costa mitjançant un penya-segat gairebé continu d'uns 20 m d'altura mitjana (BALAGUER, 2005). Aquest penya-segat litoral només es veu tallat per les incisions dels barrancs que han modelat la plataforma miocena, els quals, en arribar a la mar, constitueixen les característiques cales. Es tracta de dipòsits de composició carbonatada (calcàries, calcarenites i margocalcàries) corresponents a la progradació d'una plataforma carbonàtica dominada pels esculls de corall, atribuïda al Miocè superior (POMAR, 1991) i culminada per una sedimentació de plana arenosa oolítica amb un important desenvolupament dels estromatòlits (FORNÓS & POMAR, 1983).

La progradació de la unitat carbonatada del Miocè superior es realitza damunt d'un basament de topografia molt irregular, format pels materials estructurats d'edat mesozoica (SÀBAT, 1986). Aquesta estructura es



Figura 4: Tomba del Cardenal Rafael Merry del Val a la basílica de Sant Pere, Ciutat del Vaticà. Fou construïda el 1931 amb pedra ornamental extreta de la Cova de s'Ònix (Manacor, Mallorca), consistent en gruixudes colades estalagmítiques de calcita.

Figure 4: Tomb of Cardinal Rafael Merry del Val in the Basilica of Saint Peter, Vatican City. Was built in 1931 with ornamental stone quarried from Cova de s'Ònix (Manacor, Mallorca), consisting in thick calcite flowstone layers.

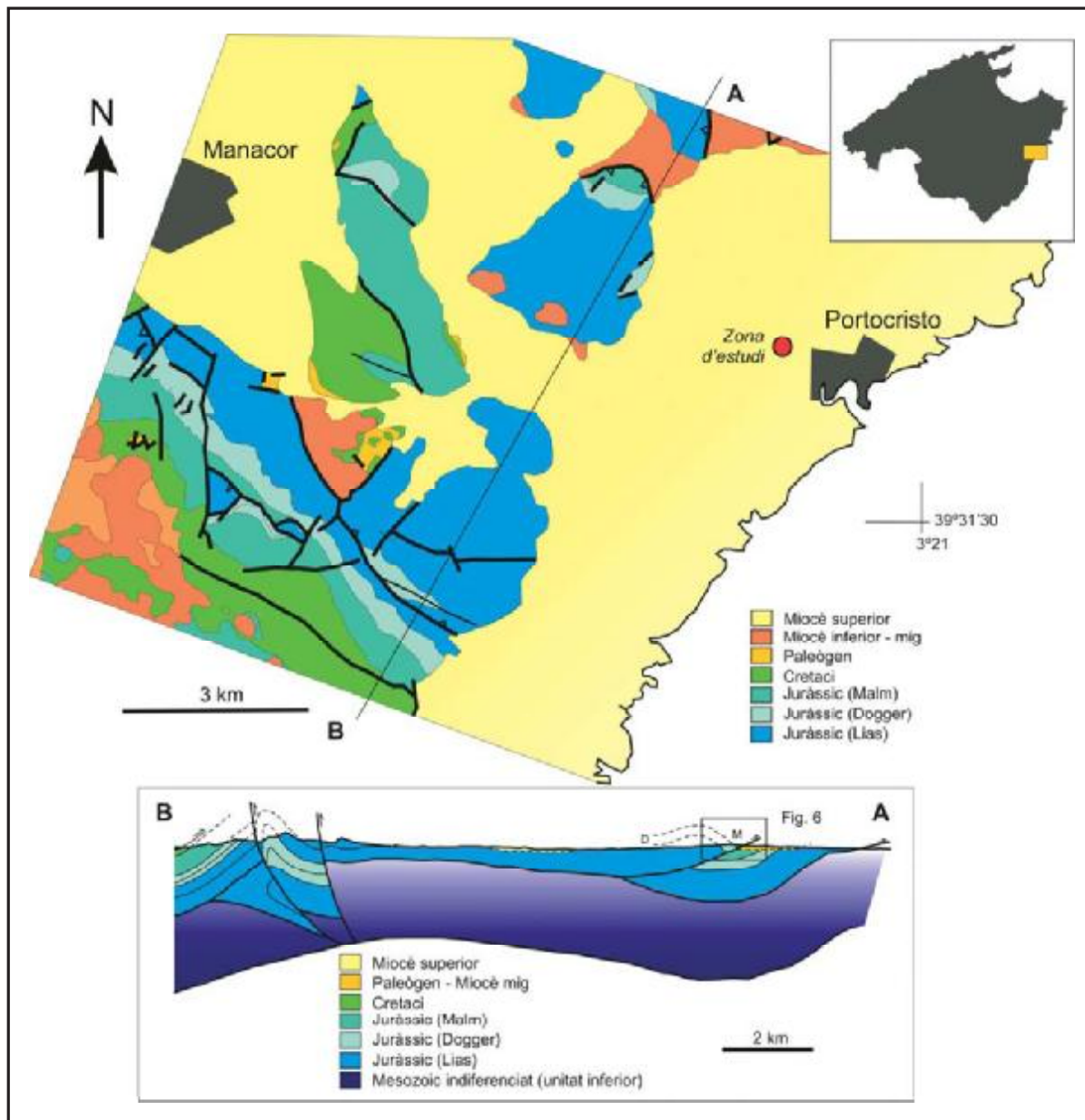


Figura 5: Mapa geològic simplificat de la zona oriental de Mallorca, entre les poblacions de Manacor i Portocristo, i tall geològic interpretatiu en el qual s'observa la disposició de les diferents unitats encavalcants. Modificat de SÀBAT (1986).

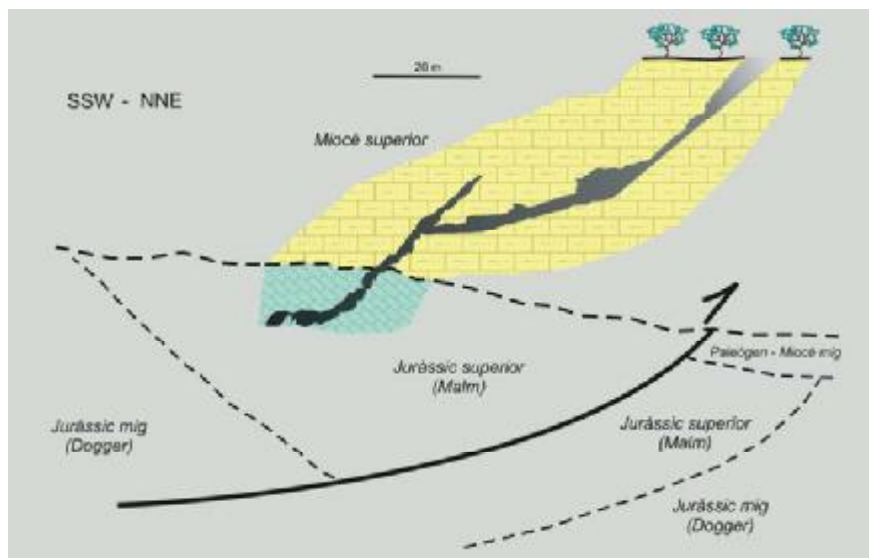
Figure 5: Simplified geological map of the eastern part of Mallorca Island, between Manacor and Portocristo villages, and interpreted relative geological section with the disposition of the different thrust units. Modified from SÀBAT (1986).

caracteritza per una sèrie d'encavalcaments de cabussament molt suau que cartogràficament donen direccions NW-SE (Figura 5), juntament amb falles verticals de direccions també NW-SE i plecs de diversa orientació, aïllats en unitats encavalcants imbricades entre si que presenten una pobre deformació interna. La major part de l'estratificació dona plans que cabussen cap el NE en clara concordància amb les estructures predominants; de fet, a la zona que ens ocupa hi ha una sèrie de plecs transversals (NW-SE) amb vergències cap al NE. L'edat de l'estructuració (emplaçament dels encavalcaments) és posterior a l'Eocè i anterior al Serraval·lià (SÀBAT, 1986).

Des del punt de vista geològic i espeleogenètic, les coves que es descriuen en aquest treball presenten un gran interès pel fet que el seu desenvolupament afecta tant les calcarenites miocenes com les calcàries del basament mesozoic. Fins ara, les cavitats estudiades dins les marines de Llevant i de Migjorn (constituïdes pels dipòsits calcarenítics neògens) afecten només aquests materials post-orogènics del Miocè superior (FORNÓS & GELABERT, 1995; GINÉS, 1995; GINÉS & GINÉS, 2007). Per tant és el primer cas en el qual es pot observar de forma directa, en aquesta àrea, el desenvolupament de cavitats a cavall entre dues formacions geològiques molt diferents. La Figura 6 mostra la secció

Figura 6: Esquema interpretatiu de la disposició de la Cova de s'Ònix en relació amb l'estructura de les Serres de Llevant. Vegeu la situació a la Figura 5.

Figure 6: Interpretative sketch of Cova de s'Ònix showing its relationship with the geological structure of Serres de Llevant area. See location on Figure 5.



de la Cova de s'Ònix en relació a l'estructura geològica deduïda a partir de les observacions de camp. No hi ha dades precises sobre la disposició del basament, i la cartografia geològica superficial no permet inferir-la amb precisió, per la qual cosa en la nostra interpretació –que ha estat feta basant-nos en la cartografia i talls geològics de SÀBAT (1986)– ens hem decantat per la pertinença a la làmina encavalcant superior, donada la direcció de l'estratificació i el seu cabussament; la disposició estructural proposada lligaria bé amb la presència d'un plec anticlinal al front d'encavalcament, tal i com queda reflectit a les Figures 5 i 6. Aquest fet implicaria probablement l'existència d'estructures distensives de direcció SW-NE que enfonsessin el bloc més proper a la marina, però mantenint l'estructura global en direcció SE i donant el plec anticlinal abans esmentat un alt topogràfic que es troba fossilitzat pels dipòsits miocens.

El desenvolupament de les cavitats no sembla tenir cap relació amb el contacte entre les dues unitats geològiques. Així, en les topografies incloses de la Cova de s'Ònix i de la Cova des Fumassos es pot comprovar que el traçat d'ambdues seccions talla el contacte entre les unitats miocena i juràssica, sense que aparentment hi hagi cap efecte especial. El traçat en planta de la Cova de s'Ònix, en canvi, sí que sembla seguir les direccions estructurals de les Serres de Llevant.

## DESCRIPCIÓ DELS MATERIALS ON SE SITUEN LES CAVITATS

Les coves de la zona de Ca n'Olesa, com ja s'ha comentat, es troben situades a cavall entre dues formacions (Figura 6), la superior d'edat miocena que abraça des de l'entrada fins els 38 m de profunditat (10 m per sobre el nivell freàtic actual) en el cas de la Cova de s'Ònix i els 36 m en el cas de la Cova des Fumassos (+ 9 m s.n.f.) i la inferior, d'edat mesozoica, on es desenvolupen els sectors més fons d'ambdues cavitats i s'assoleix ja el nivell freàtic, a la cota -47,5 m en el cas de la Cova de s'Ònix.

## Mesozoic

Es tracta d'una calcària arenosa de color ocre clar (Figura 7), amb una composició mineralògica formada pràcticament en la seva totalitat per calcita amb baix contingut en magnesi (LMC). Presenta una composició bioclàstica en la qual la major part dels seus components són esquelètics, caracteritzant-se pel seu elevat grau de fragmentació, rodament i mala classificació. Entre ells s'hi poden trobar abundants restes d'algues vermelles, pues i fragments d'equinoderms, foraminífers, principalment textulàrids, i mol·luscs, entre d'altres components bioclàstics. El fang carbonatat hi és present encara que en molt baixa proporció. La roca està ben cimentada. Les característiques texturals de la roca fan que les podem definir com una alternança de *packstones* i *grainstones*, amb una mida dels grans variable que oscil·la des d'arena fina a mitjana. A les



Figura 7: Paret de les sales inferiors de la Cova de s'Ònix, on s'observen les característiques macroscòpiques i la microfissuració dels dipòsits del Juràssic superior. Escala: 10 cm.

Figure 7: View of a wall in the lower chambers of Cova de s'Ònix showing the macroscopic and microfracturing of the Upper Jurassic rocks. Scale bar: 10 cm.

parets de la cavitat no hi són visibles estructures sedimentàries de detall (Figura 7), disposant-se les capes en bancs de 0,5 a 1 m de potència, més o menys massius, de calcàries que mostren un cabussament monoclinal de 40° cap els 35°E. La roca presenta molt poca porositat primària i s'hi observa una abundant microfissuració (al menys en dues direccions diferents) que estan reomplertes per calcita esparítica (Figura 8). També hi són presents els nòduls de sílex, que arriben a formar petites capes contínues d'ordre centimètric.

Pel tipus de fàcies i les seves característiques texturals, aquestes calcàries corresponen a dipòsits de tipus hemipelàgic. Els seus components, principalment de caràcter litoral i de plataforma, varen ser resedimentats per mecanismes de transport en massa i dipositats en condicions de certa profunditat en talussos abruptes i progradants. Aquest tipus de sedimentació caracteritza els nivells superiors del Juràssic (Malm) a la zona central de les Serres de Llevant (SÀBAT, 1986), pis al que creiem que s'han d'atribuir aquests nivells carbonatats.

Des del punt de vista de la meteorització en condicions hipogees, la roca presenta una alteració superfi-

cial que penetra al seu interior poc més d'un centímetre (Figura 9). Aquests processos de meteorització observables a les parets de les cavitats es caracteritzen per una variació del color (d'ocre passa a blanc) i de la textura de la roca, tornant-se aquesta més pulverulenta en presentar una cimentació molt baixa per mor dels processos de dissolució incompleta que han afectat les superfícies rocoses. Les anàlisis efectuades, tant de la part alterada com de la no alterada, mostren que no hi ha una variació mineralògica important, tal i com succeeix en exemples similars estudiats a coves d'Eslovènia (ZUPAN, 2003). La detecció de la presència de precipitats de clorur sòdic en grans quantitats (Figura 9) podria ser indicatiu de que la sal hi ha jugat un paper important en la meteorització superficial de la roca, probablement en relació amb el caràcter litoral de l'endocarstificació de l'àrea.

El contacte amb la unitat superior (el Miocè) és de tipus erosiu amb una discordança angular marcada i amb un contacte bastant net –sobretot a la Cova des Fumassos–, sense que s'observin fàcies de retreballament.

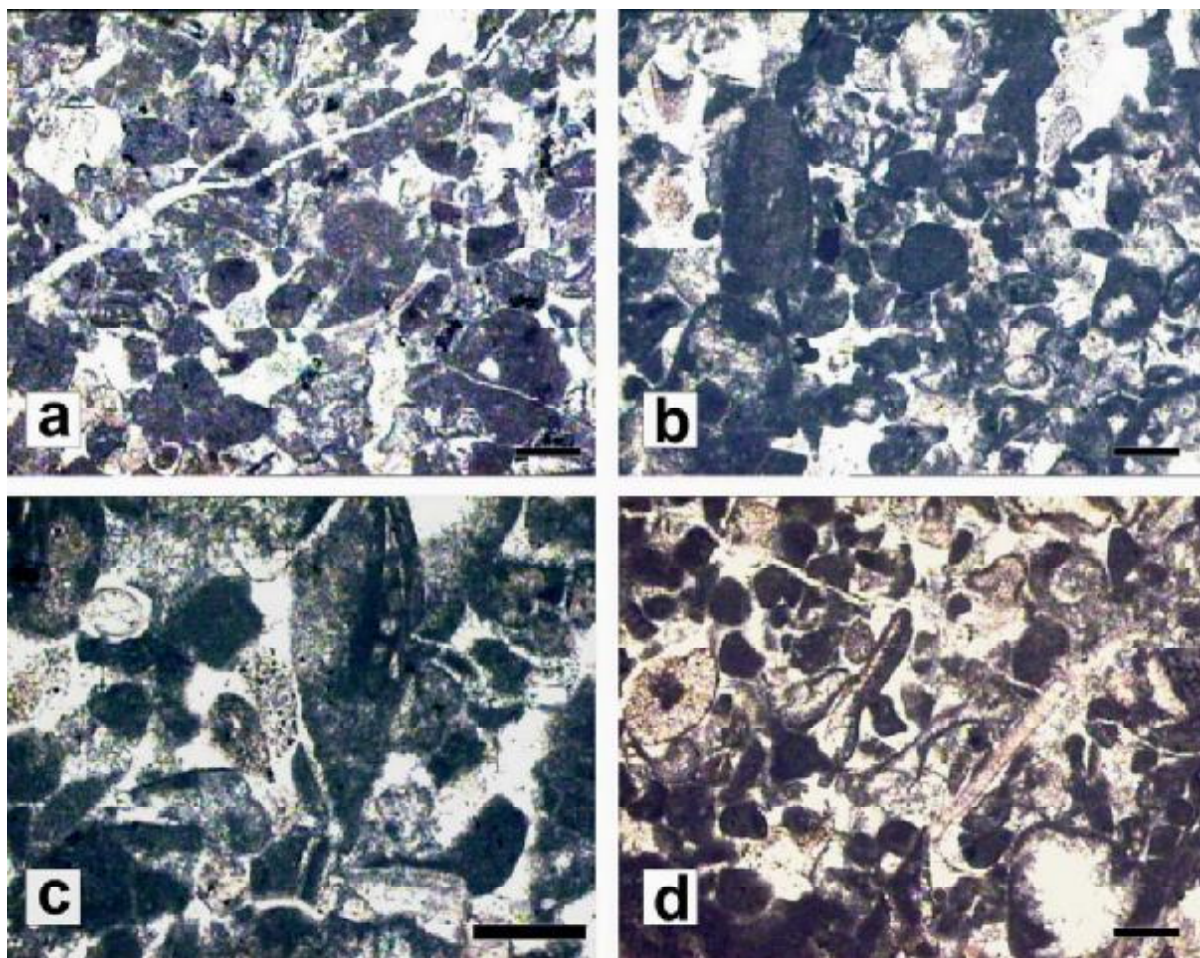


Figura 8: Seccions en làmina prima (llum paral·lela) de les microfàcies presents en el Juràssic superior a la Cova de s'Onix. Observi's la microfracturació (a), l'arrodoniment dels grans i el grau de classificació (b), la composició bioclàstica (c) i el grau de cimentació i porositat (d). Escales: 5 mm.

Figure 8: Thin sections of the Upper Jurassic carbonates in Cova de s'Onix. Notice the microfracturing (a), grain sphericity and roundness (b), bioclastic composition (c), and porosity and cementation (d). Scale bars: 5 mm.

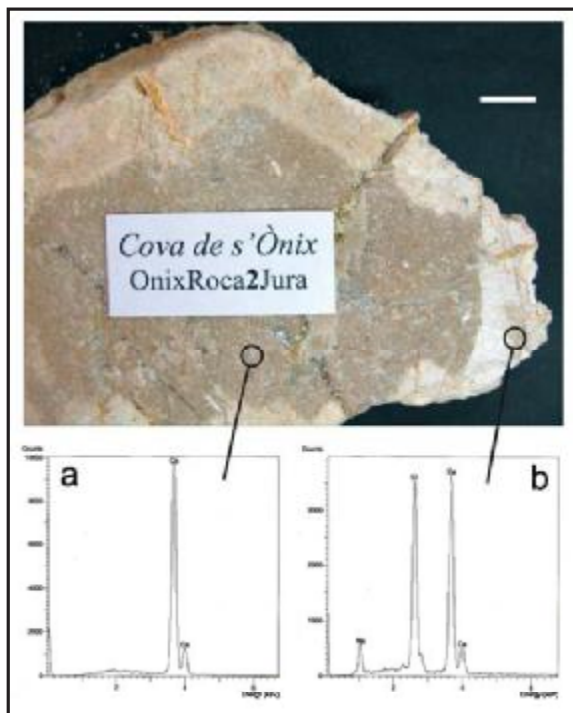


Figura 9: Alteració superficial que afecta les calcàries del Juràssic superior a la Cova de s'Ònix. Anàlisi d'EDX de la part fresca (a) i alterada de la roca (b). Escala: 1 cm.

Figure 9: Surface weathering of the Upper Jurassic limestone inside Cova de s'Ònix. EDX analysis of fresh (a) and weathered rock (b). Scale bar: 1 cm.

## Miocè

Està format per calcàries i calcarenites blanc-rosades amb una composició mineralògica dominada per la calcita amb baix contingut de magnesi (LMC) i que, de forma puntual, poden mostrar una lleugera dolomitització. La seva composició és bioclàstica grollera amb abundant macrofauna. Entre els seus components principals s'hi troben blocs de corall (Figura 10), fragments de mol·luscs, algues vermelles, foraminífers bentònics, etc., que en la seva majoria estan dissolts. La roca presenta una abundant porositat de tipus motlle que apareix parcialment reomplerta per ciment microesparític de calcita de caràcter freàtic (Figura 11), que dóna una bona cimentació a la roca. La presència de fang carbonat també hi és molt abundant. Les característiques texturals van des de *mudstone/framestone*, en els nivells amb presència de coralls, fins a *packstone* per a la resta. Aquests dipòsits del Miocè superior tenen aquí una potència 35-40 m i presenten una estructura massiva en la qual és difícil observar l'estratificació, que és horitzontal. Localment la roca exhibeix una forta bretxificació probablement relacionada amb colapses paleocàrstics intramiocens (FORNÓS, 1999).

A la zona del contacte amb la unitat juràssica subjacent, que com ja s'ha indicat és clarament discordant, els nivells del Miocè estan carstificats, amb la porositat tipus *vug* totalment reomplerta per grans cristalls de calcita esparítica (Figura 11), la qual cosa li confereix a la roca un aspecte cristal·lí.

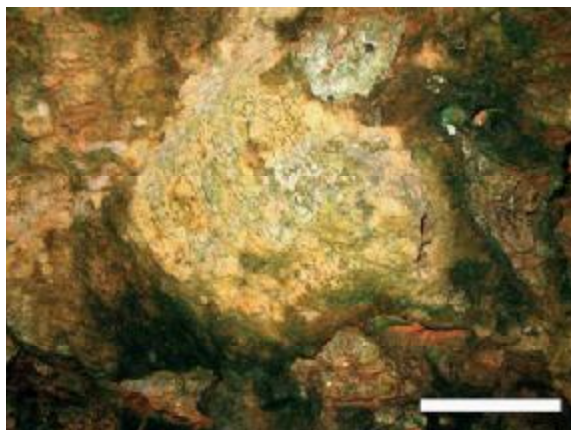


Figura 10: Fragment de corall (*Porites* sp.) localitzat prop de l'entrada principal de la Cova de s'Ònix, dins dipòsits brextats del Miocè superior. Escala: 10 cm.

Figure 10: Coral fragment (*Porites* sp.) in the Upper Miocene brecciated deposits near the main entrance to Cova de s'Ònix. Scale bar: 10 cm.

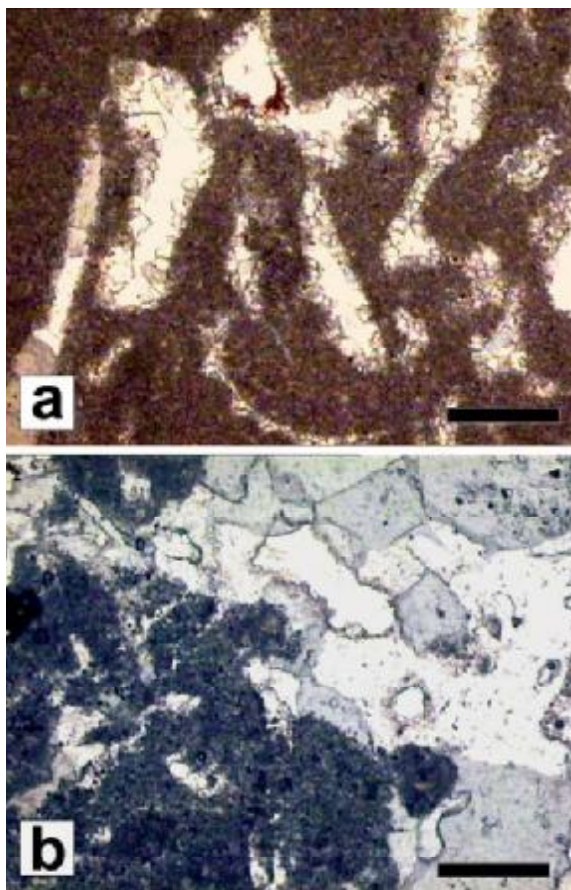


Figura 11: Seccions en làmina prima (llum paral·lela) de diferents microfàcies presents en el Miocè superior a la Cova de s'Ònix. Observi's la composició bioclàstica, porositat tipus motlle i cimentació freàtica dels *packstones* (a), i la presència de ciment esparític dins de la porositat tipus *vug* en alguns *mudstones* (b). Escales: 5 mm.

Figure 11: Thin sections of the Upper Miocene microfacies in Cova de s'Ònix. Notice the bioclastic composition, mold porosity and diagenetic cementation of packstones (a), and spar cement into the *vug* porosity in some mudstones (b). Scale bars: 5 mm.

Les característiques texturals de la roca així com la seva composició bioclàstica fan pensar en un subambient de *lagoon* similar al descrit per POMAR (1991), dins d'un ambient sedimentari de tipus escull de corall que cronològicament se situaria en el Tortonià (i/o Messinià?).

## Descripció de les cavitats

Les tres cavitats que es descriuran a continuació es troben molt properes entre sí, localitzades totes elles en una àrea planera lleugerament enclotada que es troba devora les antigues cases de Ca n'Olesa (Figura 2), on avui en dia s'aixeca un establiment hotel·ler. De les dues coves més rellevants –la Cova de s'Ònix i la Cova des Fumassos– s'aporten les topografies i descripcions, a partir de diverses activitats realitzades entre els anys 2005 i 2007 per tal de donar forma al present treball. En canvi, la topografia i descripció del Pou des Fumassos es basa en dades preses l'any 1972, ja que no ha estat possible tornar a localitzar aquesta petita cavitat donat que s'obre en un tros de garriga que està actualment molt bruta, circumstància que dificulta les tasques de prospecció.

### COVA DE S'ÒNIX

Aquesta important cova presenta dues boques obertes artificialment, o al manco molt retocades per l'activitat humana, situades al costat d'un vial de servei



Figura 12: Un dels caminoids que recorre el sector inicial de la Cova de s'Ònix, accedint per la seva entrada secundària, apareix inutilitzat per esfondraments recents del sostre.

*Figure 12: Descending via Cova de s'Ònix through its secondary entrance, a narrow of the original path is currently not of use due to recent roof collapses.*

que discorre pel darrera de l'hotel Castell dels Hams (Figura 3). Les coordenades UTM (ED-50) aproximades que defineixen la seva situació són: 527090/4378015-48. Com ja s'ha comentat abans, apareix a la bibliografia amb una toponímia força confusa: "Sima dels Hams" (FAURA Y SANS, 1926), "Cuevas dels Tomassos" (FAURA Y SANS, 1926; FERRER & COSTA, 1945), "canteras de ònix" o "canteras dels Hams" (VIDAL-ISERN, 1946) i, finalment, Cova de s'Ònix (TRIAS *et al.*, 1979; ENCINAS, 1997 i 2006), que ha estat el topònim adoptat en el present treball.



Figura 13: Dos aspectes de la pedrera subterrània que va explotar els bancs de colades estalagmítiques de la Cova de s'Ònix (Foto: A. Merino).



*Figure 13: Two views of the subterranean quarry which has exploited the thick Tortonian layers present in Cova de s'Ònix (Photo: A. Merino).*



Figura 14: Vista del llac d'aigües freàtiques salabroses que ocupa part de la sala principal de la Cova de s'Ònix. Observi's la gran formació estalagmítica situada a la part esquerra de la imatge, la qual es troba xapada pels processos de solifluxió (Foto: A. Merino).

Figure 14: Appearance of the freshwater ghybelle pool that partially occupies the main chamber in Cova de s'Ònix. Notice the big stalagmite fractured by solifluxion processes, visible at the left side of the image (Photo: A. Merino).

L'accés principal consisteix en una galeria artificial rectilínia, de direcció E-W i uns 50 m de llargada, que descendeix amb fort pendent fins a la cota -25 (punt f de la secció a-g); es troba dotada d'esglaons tot al llarg del seu costat dret, en el sentit del descens. En arribar a l'esmentat punt, la galeria sofreix una notable expansió volumètrica al temps que gira cap al S, fins connectar amb una altra galeria (també eixamplada artificialment) que s'obre a la seva paret oriental. Si agafem aquest passatge lateral, i després d'un recorregut planer, unes escaletes de pedra i un seguit de tiranys esglaonats ascendeixen per una cavitat amb notables expansions cap als costats, fins arribar a l'entrada secundària de la cova que es localitza a poc més d'una desena de metres de l'accés principal. Cal ressenyar l'existència de processos recents d'esfondrament del sostre, que inutilitzen un tram de caminó empedrat (Figura 12) obligant en el seu moment a l'adequació d'un itinerari alternatiu. Aquesta part de la cavitat sembla correspondre a una antiga entrada natural, suposició que estaria reforçada pels dipòsits d'eolianites que trobem a una fondària d'entre -15 i -20 m (punt k). Els contorns laterals del sector que s'ha descrit ara són molt imprecisos, arribant fins i tot a existir una ampla comunicació amb la gran galeria que descendeix des de l'entrada principal (secció B-B'). En realitat, el buit en acusat declivi que constitueix el sector inicial de la cova es perllonga també a l'altre costat de la gran galeria artificial —és a dir cap al N—, mit-

jançant uns rostos terrosos fortament descendents i amb abundants arrels de figuera.

Tot el conjunt de galeries que han estat descrites fins ara són transitables amb comoditat per mor de les tasques realitzades per a l'aprofitament econòmic, consistent en l'extracció de pedra ornamental. De fet, gran part de les excavacions i trinxeres, que s'efectuaren en el seu moment, tallen les colades estalagmítiques objecte d'exploració en les sales més internes de la cova. Per tal de donar una idea de la magnitud de les tasques d'excavació efectuades, a les seccions de la topografia s'ha emprat un texturat per indicar la posició del paviment original de les cavitats naturals.

Tornant de bell nou a l'entreforc de les dues galeries artificials, a la cota -28 m (punt d'), ens trobem als pocs metres una reixa de ferro que tanca el pas a un darrer tram de galeria, la qual desemboca en una sala àmplia (punt c) amb el paviment ocupat per potents colades estalagmítiques. En aquesta sala es localitza una mena de pedrera subterrània (Figura 13) d'on es varen extreure voluminosos blocs de fals ònix, entre els quals es compten els utilitzats per bastir el sepulcre existent a la basílica de Sant Pere del Vaticà (Figura 4).

A partir de la pedrera subterrània, segueix un camí esglaonat que davalla ràpidament en direcció S fins arribar a la sala principal de la cova, on trobarem un llac d'aigües salabroses poc pregones (Figura 14). En el transcurs de la davallada al llac —a la cota -38 m— aban-





Figura 15: Topografiant la sala principal de la Cova de s'Ònix. Cal destacar la rica decoració d'espeleotemes que caracteritza aquest sector de la cavitat (Foto: G. Santandreu).

Figure 15: Surveying tasks in the main chamber of Cova de s'Ònix. It is noteworthy the rich and unsequenced speleothem decoration (Photo: G. Santandreu).

donem les calcarenites del Miocè superior per introduir-los en les calcàries del Juràssic superior; el contacte entre ambdues unitats litològiques no resulta gaire evident. El llac on hem anat a parar es troba compartimentat en dos àmbits principals per algunes zones de sostre baix. La seva part més interna es caracteritza per la presència d'una gran estalagmita rabassuda (veure secció **a-b**; Figura 14), xapada pels processos de solifluxió i reajustament mecànic que han afectat les abundants colades pavimentàries existents en aquest sector de la cavitat. La sala principal s'expandeix cap al SE i mostra una decoració exuberant d'espeleotemes de degoteig (Figura 15); està proveïda d'algunes excavacions i adaptacions per tal de facilitar la visita. Arribant a l'extrem oriental de la sala, es localitza un darrer llac en un indret de sòtil bastant baix. El desenvolupament total de la cova assoleix la xifra aproximada de 600 m.

En diferents punts de la sala principal, les trinxeres artificials posen de manifest l'existència de potents acumulacions de sediments llimosos vermells, coberts sovint per colades estalagmítiques. Sembla que la mobilització parcial d'aquests sediments és la responsable de bona part dels processos de solifluxió que s'observen en aquesta porció inferior de la cavitat.

Malgrat l'elevat grau d'antropització dels sectors inicials de la cova, la seva morfologia general és la típica de les grans sales originades pel col·lapse de cavitats

subjacents (GINÉS, 2000a). La situació de la Cova de s'Ònix en la vorera occidental de la gran zona d'abisament observable en superfície, corrobora aquest mecanisme morfogènètic com a responsable de l'aparença actual de la cova. Cal remarcar la relativa varietat d'ambients sedimentaris que es poden observar, els quals són objecte d'atenció pormenoritzada més endavant; pel seu volum i vistositat, destaquen les colades estalagmítiques que arriben a formar bancs de potència superior al metre.

#### COVA DES FUMASSOS

Es localitza a tan sols 125 m de la Cova de s'Ònix, en direcció S (Figura 3); les seves coordenades UTM (ED-50) aproximades són: 527095/4377890-45. Apareix descrita amb cert detall a l'obra de MAHEU (1912), sota la denominació de "Grotte des Fumases".

Presenta una obertura àmplia allargada en sentit NW-SE, amb unes dimensions mitjanes en planta de 40 per 5 m. Cap a l'extrem SE de la boca es pot penetrar a dues cavitats descendents sense gaire rellevància, la més fonda de les quals assoleix la cota -15 m en un ambient força estret i d'incòmoda exploració (secció **d-e-f**). En direcció oposada —cap al NW— la boca de la cova configura una mena de trinxera a cel obert, que

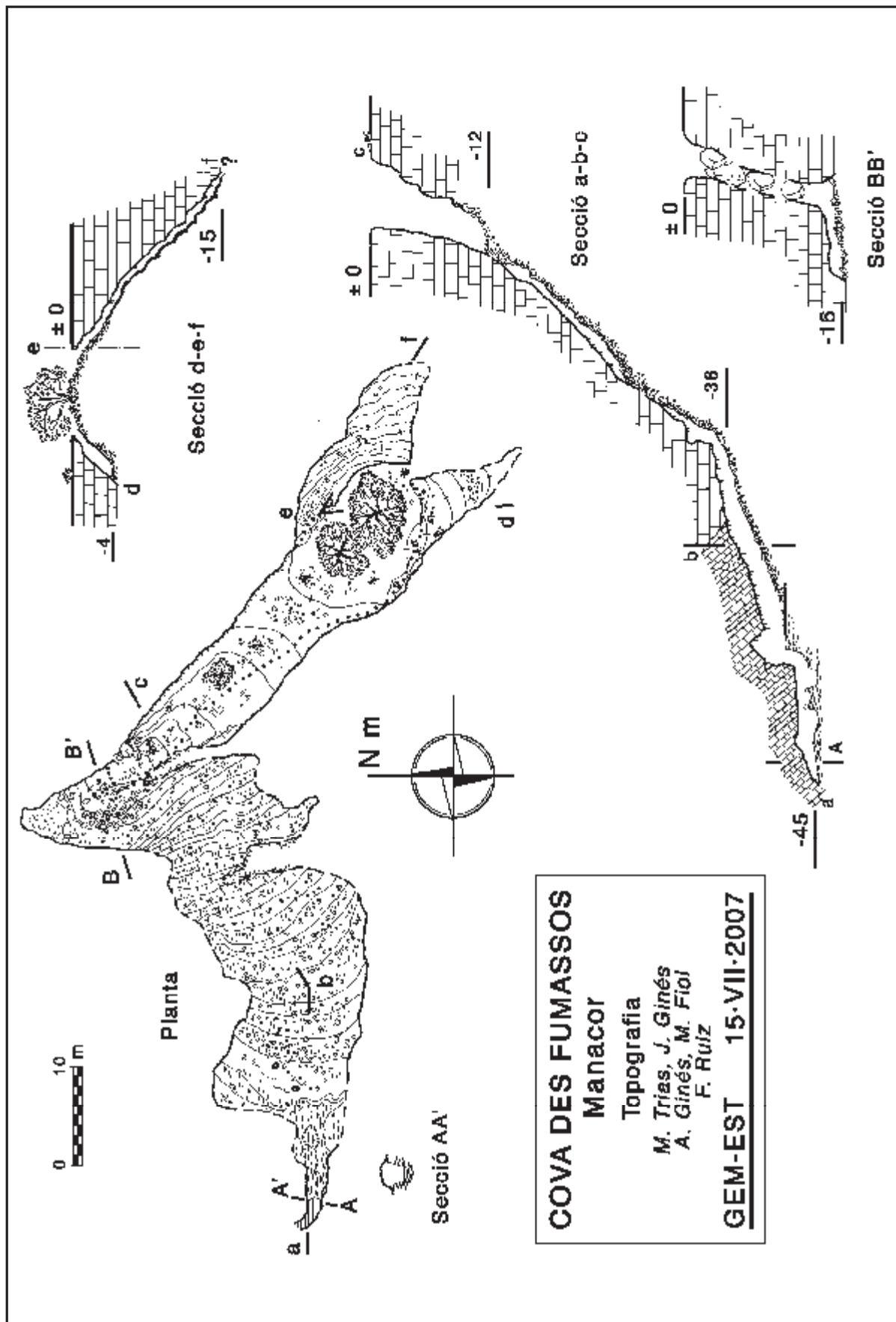


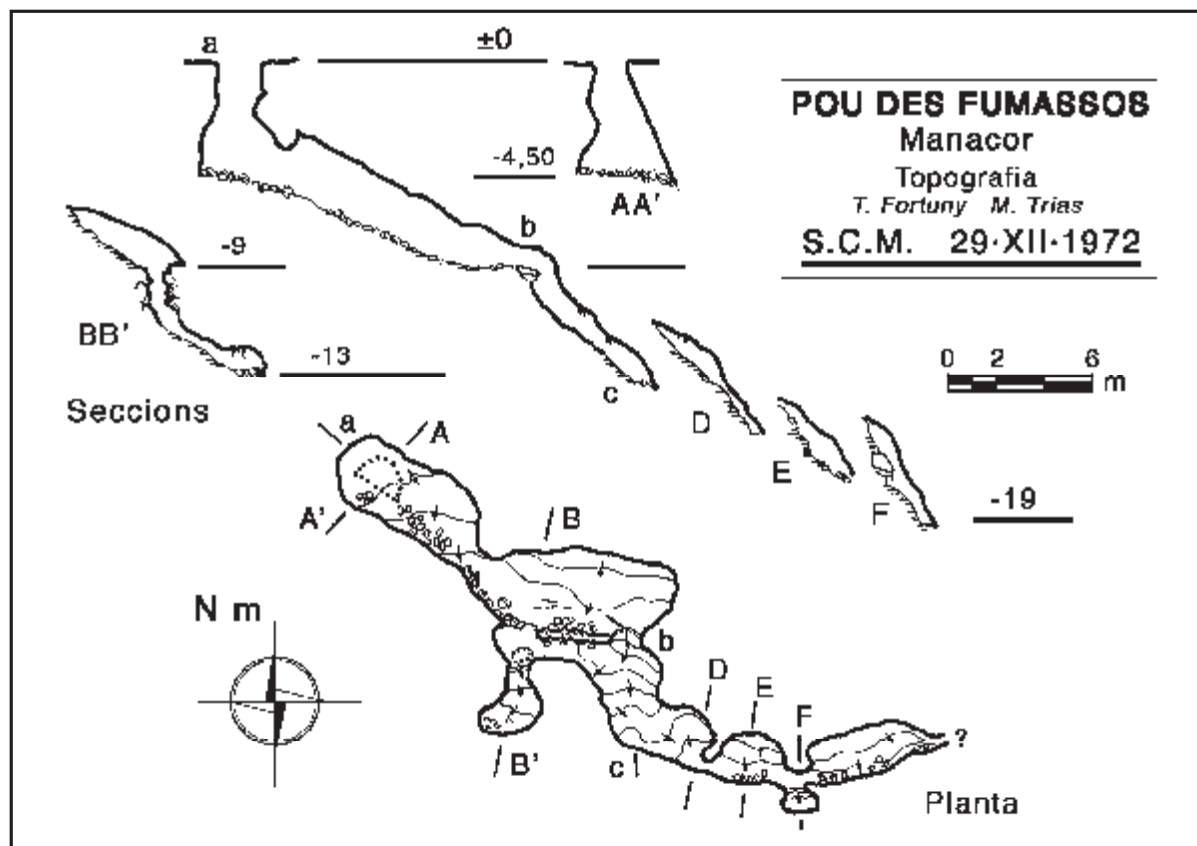


Figura 16: Aspecte de les zones inferiors de la Cova des Fumassos, on s'assoleixen les calcàries del Juràssic superior que presenten un acusat cabussament cap al NE. Coberta per una prima capa estalagmítica, s'observa la potent sedimentació llimosa vermella que ocupa la part final de la cavitat.

Figure 15: A view of the lower chamber in Cova des Fumassos, where the cave reaches the Upper Jurassic limestones that show a noticeable dipping towards the NE. Covered by a thin flowstone layer, a thick accumulation of silty reddish sediments fills up the ending sector of this cave.

guanya ràpidament fondària fins arribar a un colze de gairebé 180° situat a -16 m de profunditat, on s'accedeix a un curt passatge de sòtil baix i terra relativament horitzontal (secció B-B'). A partir d'aquí s'inicia una rampa fortament descendent –fins uns 50° de pendent en alguns llocs– i amb una escassa separació entre el sòtil

i el pis (vegeu secció a-b-c), fet que facilita el descens en oposició en determinats trams. L'esmentada rampa es caracteritza pel seu terra constituït per sediments argilosos, que engloben abundants fragments rocosos heteromètrics i restes de fauna vertebrada recent. En alguns punts el pas ha estat eixamplat artificialment,



donat que els sediments i blocs rocosos arriben a col·matar quasi del tot la galeria, per mor de la reduïda alçada del sòtil.

En assolir la cota -36 m (secció **a-b-c**), el pendent de la cova se suavitzava al temps que el sostre s'eleva fins als 2 m d'alçada. Aquest indret coincideix, més o manco, amb un canvi litològic molt clar, ja que apareixen les calcàries del Juràssic superior (Figura 16) que cabussen de forma acusada cap al NE amb total claredat. La cavitat arriba a constituir una mena de sala relativament adornada per algunes estalactites i estalagmites, i amb el pis ocupat per un potent banc de sediments llimosos vermellencs (secció **a-b-c**; Figura 16). En direcció W es recorre una trinxera excavada en els materials llimosos –sortejant un pouet també excavat artificialment– per anar a guaitar un forat impracticable mig ocupat per les aigües freàtiques salabroses, ja a la cota -45 m, on s'hi observa una abundant fauna de crustacis (*Typhlocirolana moraguesi*) entre nombroses restes de fusta en descomposició. El desenvolupament planimètric total de la cova se situa al voltant dels 230 m.

Els diferents sectors que conformen la cavitat obereixen a un mecanisme genètic comú: l'esfondrament d'uns buits inicials, generats a una certa fondària per dissolució de la massa rocosa calcària. Aquest procés ha causat un col·lapse generalitzat de l'àrea que s'ha propagat cap a la superfície, arribant fins i tot a tenir una plasmació en la morfologia exterior del paratge (Figures 2 i 3). La connexió molt directa de la cavitat amb l'exterior, a través d'una boca àmplia, ha facilitat l'entrada de materials superficials que pràcticament han arribat a col·matar-la per complet.

## POU DES FUMASSOS

Sens dubte es troba molt a prop de la cova homònima, encara que no ha estat localitzat de bell nou des que se'n va fer la topografia l'any 1972; per aquest motiu no s'aporten ara les seves coordenades.

Segons les dades recollides en el seu moment, un pouet vertical de 4,5 m de fondària dona accés a una galeria que descendeix suaument en direcció SE. En arribar a una profunditat de -9 m (secció **a-b-c**), uns passos estrets permeten prosseguir gairebé en la mateixa direcció, mitjançant un passatge que presenta un pendent lateral bastant acusat cap al S. La cavitat es fa impracticable a una cota aproximada de -19 m, després de tan sols 40 m de desenvolupament.

En tota la cavitat abunden els sediments argilosos grollers anàlegs als de la Cova des Fumassos. Des del punt de vista morfològic, es tracta d'una cova de col·lapse que ressegueix la vorera meridional de la gran zona d'abisament on se situen els tres fenòmens subterrànics objecte del nostre interès.

## Els dipòsits hipogeu

La Cova de s'Ònix, així com també, encara que en menor mesura, la Cova des Fumassos presenta una gran varietat de sediments de diferents característiques que omplen les cavitats (Figura 17). *Grosso modo* podem parlar de rebliments llimosos vermells, arenos

Mostra	Graves (%)	Arenes (%)	Fins (%)	Llims (%)	Argiles (%)	Mitjana $\mu\text{m}$	Mediana $\mu\text{m}$	Moda $\mu\text{m}$	S.D. $\mu\text{m}$
Impureses roques									
ONIX ROCA MIO SUP	0,00	47,90	52,10	41,90	10,20	166,00	48,52	391,00	7,80
ONIX ROCA MIO	0,00	38,30	61,70	56,70	5,00	98,13	33,97	127,70	147,30
ONIX ROCA 1 JURA	0,00	28,90	71,10	67,10	4,00	62,16	26,65	37,97	93,06
ONIX ROCA 2 JURA	0,00	36,50	63,50	56,20	7,30	244,00	17,75	6,45	404,20
Sòl edàfic									
ONIX SÒL	0,00	12,30	87,70	75,70	12,00	33,36	1,92	9,45	63,26
FU00 SÒL	0,00	37,18	62,82	58,02	4,80	117,14	41,26	41,68	194,35
Rebliments vermells									
ONIX AD	0,00	7,40	92,60	61,70	30,90	15,23	3,88	4,97	35,32
ONIX 1 SED	0,00	17,50	82,50	66,70	15,80	32,90	12,57	27,61	46,31
ONIX 2 SED	0,00	29,60	70,40	50,80	19,60	51,02	10,58	123,80	71,39
ONIX 3a SED	0,00	23,30	76,70	55,80	20,90	4,46	10,82	1,89	68,54
ONIX 3b SED	0,00	19,50	80,50	58,80	21,70	33,75	8,17	1,89	50,39
ONIX 4 SED	0,00	0,30	99,70	76,60	23,10	11,18	5,22	4,01	13,38
ONIX 5 DIG	0,00	3,20	96,80	81,00	15,80	19,43	12,49	47,19	18,99
FU01	0,00	0,00	100,00	81,00	19,00	8,78	5,22	4,88	9,20
Eolianita									
ONIX 2 DUNA	0,00	98,50	1,50	1,50	0,00	474,40	379,50	375,00	–
ONIX = Cova de s'Ònix FU = Cova des Fumassos									

Taula 1: Dades texturals percentuals i paràmetres estadístics elementals de les mostres de les cavitats de la zona de Ca n'Olesa.

Table 1: Percentual texture data and statistical parameters of the samples collected in the caves of Ca n'Olesa area.

bioclàstiques de tipus eòlic, bretxes i altres fàcies d'entrada així com els propis dipòsits càrstics, entre els quals destaquen les colades estalagmítiques i tot tipus d'espeleotemes. Per tal de caracteritzar aquesta sedimentació hipogea i estudiar els diferents processos de rebliment de la cavitat s'han agafat tota una sèrie de mostres que han estat estudiades al laboratori. Per a un major detall sobre la metodologia emprada en l'estudi i anàlisi dels sediments detrítics veure GRÀCIA *et al.* (2006).

### REBLIMENTS LLIMOSOS VERMELLS

Als sectors més interns de les cavitats és freqüent la presència de sediments fins vermells, que apareixen ja sigui reomplint conductes freàtics de pocs decímetres de secció com formant importants acumulacions en les sales principals i més fondes; aquestes acumulacions poden superar el metre de potència i es troben sovint recobertes per colades estalagmítiques (Figura 18). Les característiques dels rebliments llimosos vermells són les següents:

#### Color

Els sediments fins que reomplen tant la Cova de s'Ònix com la Cova des Fumassos presenten una coloració vermella intensa. Es tracta d'un color que va del vermell (10R4/8) o vermell fosc (10R3/6) en humit i que

és vermell groguenc (5YR5/8) o groc vermellós (5YR6/8) en sec. En el conjunt del rebliment no s'observen variacions destacables en cap de les acumulacions diferenciades, excepte potser alguna laminació incipient.

#### Matèria orgànica

El contingut de matèria orgànica dels sediments, que s'ha obtingut mitjançant pèrdua per ignició (LOI), mostra un valor mitjà del 4,94 % amb uns percentatges que oscil·len entre 3,35 % i 7,03 % en la Cova de s'Ònix, essent el valor més elevat el corresponent a un dels petits conductes freàtics totalment reblert (Figura 18a). La mostra de la Cova des Fumassos dóna, així mateix, uns valors relativament elevats molt propers al 7 % (6,79 %).

#### Anàlisi de la mida de gra

Les anàlisis granulomètriques dels rebliments de les cavitats de la zona de Ca n'Olesa mostren que es tracta de materials fins, principalment llims, amb una gran homogeneïtat. Així, tenim que a la Cova de s'Ònix (Taula 1), el valor mitjà de la mida de gra correspon a llims gruixats (24,76  $\mu\text{m}$ ) mentre que el valor de la mediana és de llims mitjans (D50: 8,54  $\mu\text{m}$ ). En el conjunt de mostres la fracció dels llims és la que hi predomina amb valors que oscil·len entre els 50,8 % i el

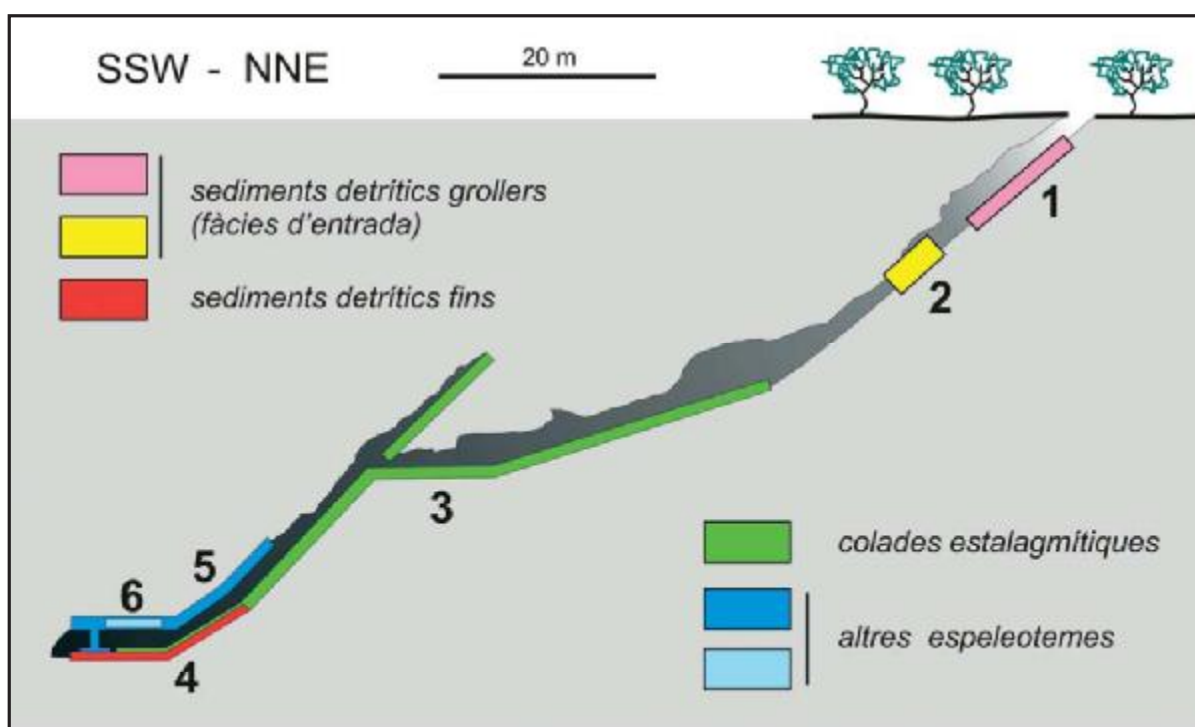


Figura 17: Representació esquemàtica de la distribució espacial dels dipòsits hipogeus en la Cova de s'Ònix. 1) bretxes, graves i llims corresponents a fàcies d'entrada; 2) eolianites emplaçades per gravetat a partir de l'entrada de la cova; 3) capes gruixudes de colades estalagmítiques; 4) dipòsits llimosos vermells; 5) espeleotemes de degoteig —estalactites, estalagmites, columnes...—; 6) espeleotemes freàtics que enregistren un paleonivell marí pleistocènic.

Figure 17: A simplified sketch showing the spatial distribution of the subterranean deposits in Cova de s'Ònix. 1) breccias, gravels and silt/clay sediments corresponding to entrance facies; 2) aeolianites gravely placed through the entrance to the cave; 3) thick flowstone layers; 4) redish silt/clay sediments; 5) drip/leak water speleothems —stalactites, stalagmites, columns...—; 6) phreatic speleothems that record a Pleistocene raised sea-level.



Figura 18: La sedimentació llimosa a la sala final de la Cova de s'Ònix. Els dipòsits fins vermells apareixen reomplint petits conductes freàtics (a), així com formant potents acumulacions (b) de vegades cobertes per colades estalagmítiques (c). La interacció dels sediments llimosos amb la calcària juràssica subjacent origina la seva profunda alteració (d) i total dolomitització (vegeu Figura 23 i explicació al text).

Figure 18: Some occurrences of silty sedimentation in the final chamber of Cova de s'Ònix. The fine reddish deposits appear filling up small passage conduits (a), as well as forming thick accumulations (b), sometimes covered with flowstones (c). The interaction between the silty sediments and the subjacent Jurassic limestone produces a pervasive weathering of the rock (d) that implies its total dolomitization (see also Figure 23 and explanation in the text).

76,6 %, amb un valor mitjà de 61,7 %. La següent fracció en importància són les argiles amb una mitjana del 22,0 %, amb uns valors que oscil·len entre els 15,8 % i els 30,9 %. Les arenès hi són representades amb una valor mitjà de 16,27 %, amb valors que oscil·len entre els 0,3 % i els 29,6 %, sempre dins del que serien les fraccions més fines (d'arenès molt fines a arenès fines). És aquesta fracció de les arenès la que mostra una major variabilitat dins de les mostres estudiades sense que s'observi cap gradient clar, encara que sembla que s'intueix una major presència de les arenès en els sediments que reomplen els petits conductes, mentre que a les grans acumulacions basals de la cavitat s'incrementa força la proporció d'argiles. Aquest fet lliga amb la clara bimodalitat que s'observa en la representació gràfica de les corbes granulomètriques (Figura 19), en la qual s'hi poden observar dos màxims: un corresponent als materials més fins i l'altre a la fracció d'arenès molt fines. La bimodalitat en les corbes és indicació de dos mecanismes de transport diferenciats, un que correspondria a l'arrossegament (de les fraccions més grol·leres) i l'altre, a la simple decantació (fraccions més fines) en un transport per suspensió.

A la Cova des Fumassos, la fracció arena es nul·la, estant representada la fracció llims per un 81 % mentre que les argiles representen el restant 19 %. En aquest cas el valor mig de la mida de gra correspon a llims mitjans (8,78  $\mu\text{m}$ ) mentre que el valor de la mediana és de llims fins (D50: 5,22  $\mu\text{m}$ ).

La comparativa entre ambdues cavitats indica que a la Cova de s'Ònix la mida de gra és lleugerament més gruixada, circumstància que ve donada per una presència més important de les arenès. En canvi però, la mida i proporció de la fracció llims és superior en el cas de la Cova des Fumassos, i per tant molt més similar a la del sòl edàfic (Figura 19); aquest fet podria indicar una major influència externa dins dels sediments d'aquesta cavitat.

#### Anàlisi mineralògica

La composició mineralògica dels sediments fins que reomplen les cavitats és força uniforme. Es tracta, en línies generals, de sediments de composició silícia (llims quarsosos amb diferent presència de minerals de les argiles). Així, a la Cova de s'Ònix, les dades semi-quantitatives obtingudes en les anàlisis per difracció de

Mostra	ARGILES			SILÍCICS		CARBONATS			2 θ HMC/LMC
	Il·lita	Caolinita	Altres	Quars	Feldspats	Aragonita	Dolomita	Calcita	
Roques									
ONIX ROCA MIO SUP	0,64	–	–	0,86	–	–	0,34	98,16	29,398 (LMC)
ONIX ROCA MIO	–	–	–	0,79	–	–	–	99,21	29,432 (LMC)
ONIX ROCA 1 JURA	–	–	–	–	–	–	–	100,00	29,409 (LMC)
ONIX ROCA 2 JURA	–	–	–	1,56	–	–	–	98,44	29,457 (LMC)
ONIX ROCA 3 JURA	–	–	–	–	–	–	–	100,00	29,388 (LMC)
Impureses roques									
ONIX ROCA MIO	4,62	2,21	–	93,17	–	–	–	–	–
ONIX ROCA 1 JURA	1,50	–	–	98,50	–	–	–	–	–
ONIX ROCA 2 JURA	5,39	–	–	94,61	–	–	–	–	–
Sòl edàfic									
ONIX SÒL	8,24	3,89	1,73	77,32	8,81	–	–	–	–
FU00 SÒL	5,21	1,78	-	88,61	4,40	–	–	–	–
Rebliments vermells									
ONIX 1 SED	7,41	4,81	4,54	78,31	–	–	4,94	–	–
ONIX 2 SED	14,74	7,05	-	78,22	–	–	–	–	–
ONIX 3a SED	0,76	0,52	1,44	96,37	0,91	–	–	–	–
ONIX 3b SED	4,68	2,96	-	92,36	–	–	–	–	–
ONIX 4 SED	2,32	1,39	0,89	95,40	–	–	–	–	–
ONIX 5 DIG	–	–	0,36	4,95	–	–	94,18	0,51	29,993 (HMC)
FU01	8,27	3,93	–	59,36	11,52	–	7,44	9,48	29,456 (LMC)
Eolianita									
ONIX 1 DUNA	i	–	1,43	7,90	–	3,75	–	81,46	29,456 (LMC)
ONIX 2 DUNA	0,75	–	i	15,07	–	7,22	22,05	54,91	29,449 (LMC)
Sediments entrada									
ONIX GRAVES 1	–	–	–	3,1	–	–	–	96,90	29,436 (LMC)
ONIX GRAVES 2	–	–	–	9,5	–	–	–	90,50	29,454 (LMC)

ONIX = Cova de s'Onix  
FU = Cova des Fumassos  
i = indicis

Taula 2: Valors mitjans de l'anàlisi semi-quantitativa dels principals components mineralògics de la totalitat de les mostres recollides a les cavitats de la zona de Ca n'Olesa.

Table 2: Mean values of the semi-quantitative analysis of main mineralogical components of all samples collected in the caves from Ca n'Olesa area.

raigs-X dels sediments (Taula 2) mostren una presència mitjana del quars que supera el 88 %, amb valors que oscil·len entre un poc més de 78 % i quasi el 96,5 %. Els següents components minerals en importància són els del grup de les argiles que estan presents amb valors que superen el 10 % de mitjana. La il·lita, amb una mitjana de quasi 6 % (amb percentatges que varien de quasi un 1 % a gairebé el 15 % segons les mostres), i la caolinita amb un 3,4 % de mitjana (amb percentatges que varien des de 0,5 % a poc més del 7 % segons les mostres) són els més importants, encara que s'han identificat altres espècies com pugui ser la montmorillonita, amb valors molt baixos que rarament superen l'1 %. També s'han detectat en alguna mostra feldspats i dolomita, però amb valors poc significatius.

A la Cova des Fumassos la mineralogia dels sediments és, encara que dins la mateixa tònica, força diferent (Figura 20). Així, encara que el component mineral majoritari segueix essent el quars amb un valor superior al 59 % i les argiles superen el 12 % (8,2 % per a la il·lita i un 3,9 % per a la caolinita), hi destaquen la presència dels feldspats amb més de un 11,5 % del total, de la calcita amb quasi un 9,5 %, i també la presència de la dolomita amb un valor superior al 7,4 %.

### Origen dels sediments llimosos vermells

Per tal d'avaluar el possible origen i/o procedència dels rebliments llimosos vermells s'ha efectuat una sèrie d'anàlisis, tant del contingut en impureses de les roques on es desenvolupa la cavitat com del sòl edàfic de les rodalies de la zona de Ca n'Olesa.

La coloració de les mostres de sòl edàfic va del bru obscur vermellós (5YR3/4) al vermell groguenc (5YR5/6) en humit i vermell groguenc (5YR5/6) en sec, molt similar al color dels sediments que rebleixen les cavitats. En aquest sentit, la distribució de la matèria orgànica sembla també relacionada amb les entrades de les cavitats, de tal manera que els valors més elevats es troben en les zones properes als seus accessos o en punts favorables per a l'entrada de materials superficials, com seria el cas de la Cova des Fumassos on els valors de matèria orgànica són pràcticament els mateixos que donen les anàlisis del sòl, que presenta una mitjana del 7,15 %. La granulometria dels materials edàfics (Figura 19 i Taula 1) es caracteritza per una molt baixa classificació de la mida de gra, predominant la fracció fina (75,26 %) per sobre de les arenes (24,74 %), essent la fracció graves inexistent (no s'han

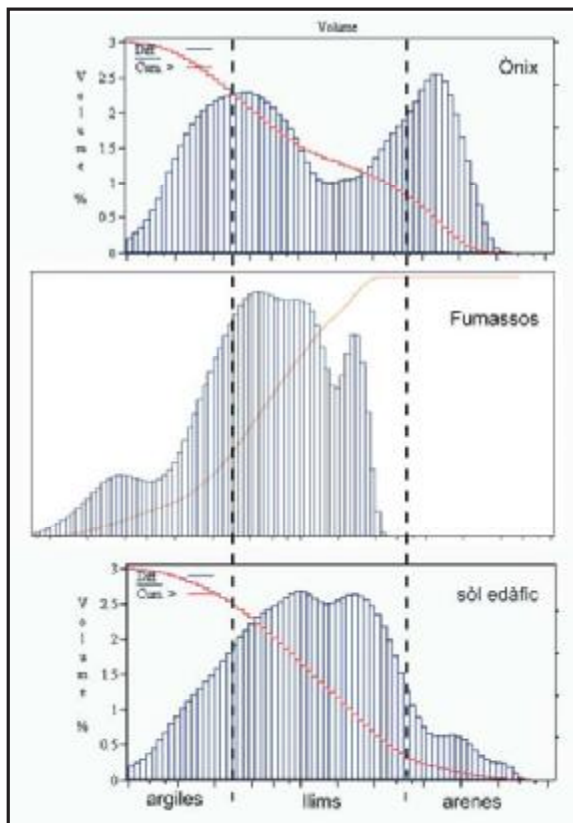


Figura 19: Histogrames de freqüències i corbes acumulatives representatives dels sediments de la Cova de s'Ònix, Cova des Fumassos i del sòl edàfic de la zona de Ca n'Olesa.

Figure 19: Representative frequency histogram and cumulative curves of sediments in Cova de s'Ònix, Cova des Fumassos and soil samples from Ca n'Olesa area.

tingut en compte en aquesta anàlisi els petits fragments de roca presents d'una forma més o menys aleatòria). La mitjana de la mida de gra del sòl és de  $75,25 \mu\text{m}$  (arenas molt fines) amb una mediana que correspon als llims gruixats ( $D_{50}: 21,59 \mu\text{m}$ ). Aquests valors de mida de gra són clarament superiors als materials que trobem a l'interior de les cavitats per la qual cosa s'ha de produir, en el seu cas, una selecció important en el seu transport cap a l'interior de la cavitat.

S'ha analitzat també el contingut en impureses de les roques encaixants. La proporció d'aquestes impureses dona valors mitjans de 0,48 % per a les calcàries juràsiques i un poc majors (0,60 %) en el cas de les calcarenites miocenes, que en qualsevol cas podem considerar com a testimonials.

Les dades granulomètriques d'aquestes impureses analitzades a les roques encaixants del Juràssic i del Miocè (Taula 1) indiquen una clara dicotomia. Mentre que a les mostres del Juràssic es marca una clara bimodalitat, amb dos màxims que corresponen als llims mitjans-fins i a les arenas gruixades-mitjanes, la gràfica miocena mostra una corba més plana amb clar predomini des llims gruixats (Figura 21). Així, a les calcarenites miocenes tenim uns valors mitjans de la fracció d'arenas del 43,1 %, de llims del 49,3 % i d'argiles de 7,6 %; la mediana correspon a llims molt gruixats ( $D_{50}: 41,25 \mu\text{m}$ ). D'altra banda, la granulometria de les impureses que contenen les calcàries del Juràssic està formada per un 32,7 % de mitjana de la fracció arena, un 61,65 % de la fracció dels llims i només un 5,65 % de la fracció argiles; en aquest cas la mediana és menor i correspon a llims gruixats ( $D_{50}: 22,2 \mu\text{m}$ ).

L'elevada proporció de la fracció arena fina en les mostres de sediments de la Cova de s'Ònix (Figura 19) podria implicar una major participació de l'àrea font de

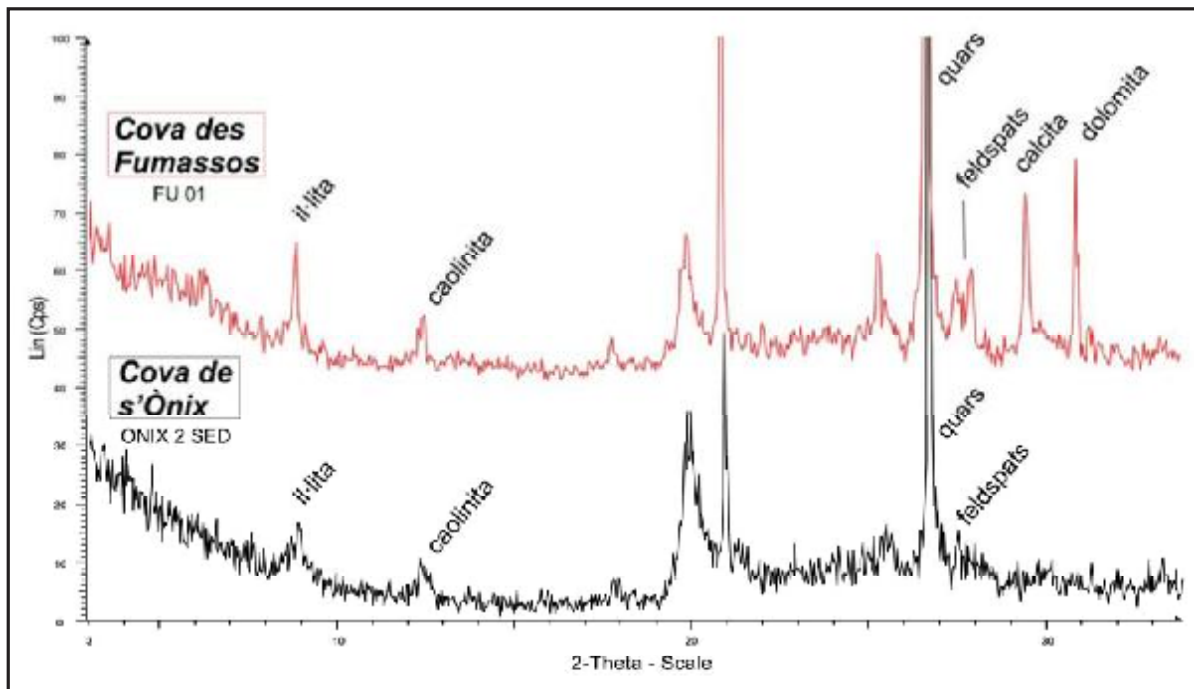


Figura 20: Difractograms de RX de mostres representatives dels sediments fins de les coves de la zona de Ca n'Olesa.

Figure 20: X ray diffractograms of representative samples of the fine grained sediments that infill the caves from Ca n'Olesa area.



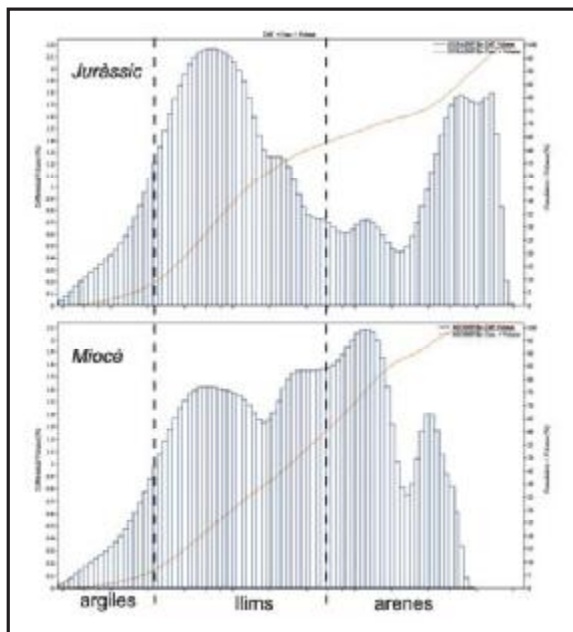


Figura 21: Histogrames de freqüències i corbes acumulatives de les impureses presents a les roques del Juràssic i del Miocè de la Cova de s'Onix i la Cova des Fumassos.

Figure 21: Frequency histograms and cumulative curves of rock impurities present in Jurassic and Miocene rocks in Cova de s'Onix and Cova des Fumassos.

la pròpia roca miocena; cal tenir present que dins dels sediments d'aquesta cavitat la fracció d'arenas gruixades és molt feble o inexistent, per la qual cosa un àrea font principal consistent en les impureses de les calcàries del Juràssic és molt improbable, donat que les impureses d'aquesta litologia mostren una presència acusada d'arenas gruixades-mitjanes (Figura 21). De la mateixa manera, la molt baixa proporció d'impureses de la roca, o dit d'altra forma la puresa de les roques, fa que ens decanem per una alimentació sedimentària majoritàriament externa.

Atenent a la composició mineralògica dels sediments s'ha analitzat també la mineralogia de les roques així com del material del sòl edàfic. L'anàlisi semi-quantitativa de la mostra de roca total que s'observa a la Taula 2, posa de manifest que es tracta de calcàries molt pures, tant pel que fa a les calcarenites del Miocè com a les calcàries del Juràssic. Així, la calcita amb baix contingut de magnesi (LMC) hi és clarament dominant amb valors que sempre superen el 98 %. El quars amb una mitjana de l'1 % i la presència testimonial d'alguns minerals de les argiles, en fan la resta. Per tal d'afinar aquests valors també es va realitzar l'anàlisi mineralògica detallada de les impureses de les roques. En aquest cas s'han pogut observar certes diferències entre els materials miocens i els juràssics (Figura 22). Així, les impureses incloses dins les calcàries juràssiques estan formades en un 96,5 % de mitjana per quars i la resta per il·lita. A les calcarenites del Miocè el quars hi és present en més d'un 93 % mentre que la resta està

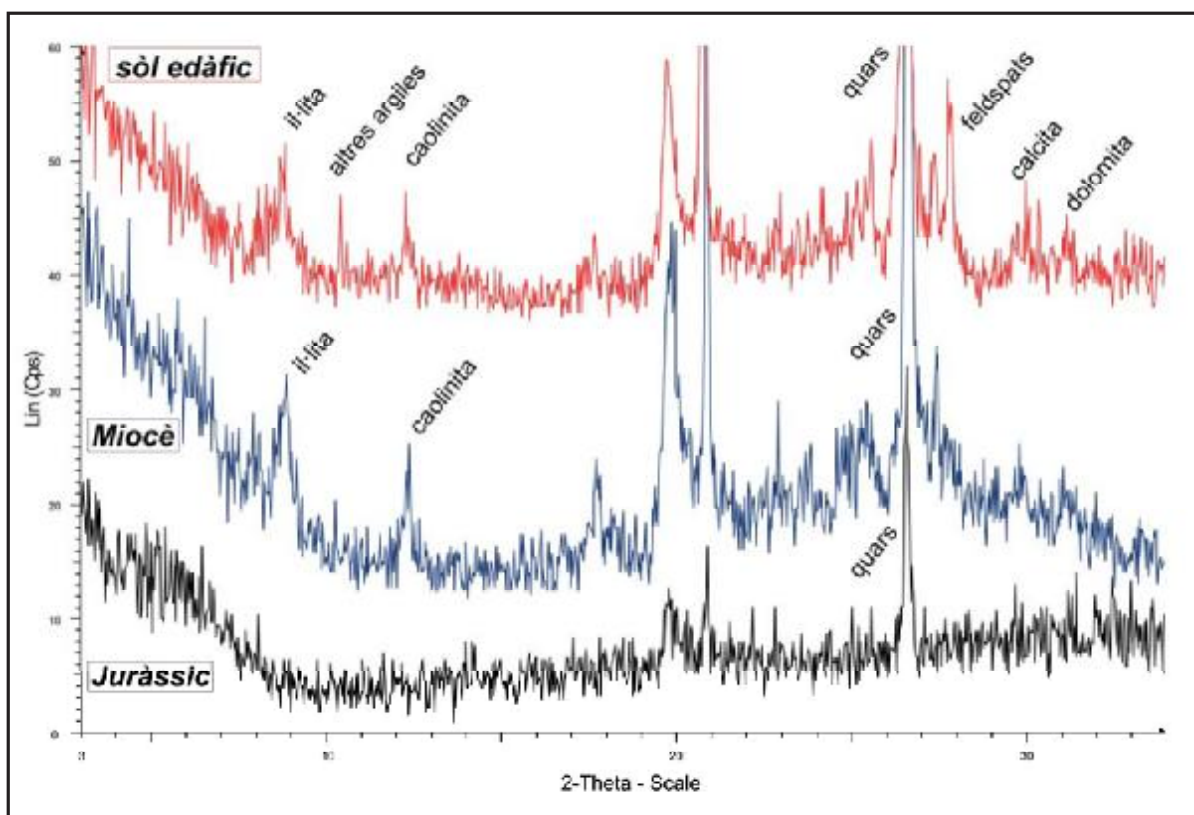


Figura 22: Difractograms de RX de mostres del sòl i de les impureses presents a les roques del Juràssic i del Miocè en la zona de Ca n'Olesa.

Figure 22: X ray diffractograms of soil samples and impurities of Miocene and Jurassic rocks from Ca n'Olesa area.

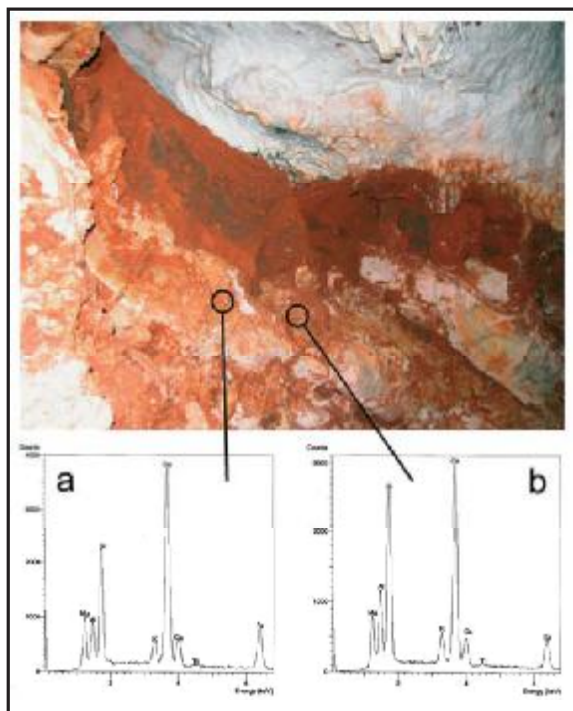


Figura 23: Alteració penetrativa intensa que afecta les calcàries del Juràssic superior a la Cova de s'Ònix en relació amb els rebliments de sediments llimosos vermells. Anàlisis d'EDX de la part groga (a) i la vermellosa de la roca alterada (b).

Figure 23: Intense penetrative weathering of the Upper Jurassic limestone inside Cova de s'Ònix related to the red silty sediments. EDX analysis of yellowish (a) and reddish weathered rock (b).

format per argiles (un 4,6 % d'il·lita i un 2,2 % de caolinita). La diferència principal amb les impureses juràssiques és doncs la presència de caolinita. Pel que fa a la composició mineralògica del sòl, aquest està compost principalment per quars, amb un valor mitjà de quasi el 83 %, i segueixen en importància els minerals de les argiles amb un 9,7 % (6,7 % per la il·lita, 2,8 % per la caolinita i un 0,8 % per altres) i més d'un 6,6 % pels feldspats, que en alguna mostra poden arribar al 10 %.

La comparació de la mineralogia dels sediments amb la composició mineralògica tant de les impureses de les roques encaixants com del sòl edàfic (Figura 22), sembla posar en evidència que la principal font del sediment que reomple les cavitats de la zona de Ca n'Olesa són les aportacions exteriors. La presència de feldspats dins dels sediments, no presents a les escasses impureses de les roques (o, en tot cas, presents en quantitats minses a les roques del Miocè superior), fonamentaria aquesta interpretació, que a la vegada indicaria un flux d'entrada més fàcil per a la Cova des Fumassos i un major temps de trànsit –i en conseqüència de possibilitat d'alteració dels feldspats– en el cas de la Cova de s'Ònix.

En resum, les dades granulomètriques i mineralògiques, així com el contingut en matèria orgànica, indicarien que el sòl edàfic (i en darrer terme la procedència dels materials que componen el sòl, com pugui ser la pols atmosfèrica, etc. –FIOL *et al.*, 2005–) seria l'àrea font principal del rebliment sedimentari de les coves de

Ca n'Olesa, de forma similar al que succeeix en altres cavitats estudiades de la zona oriental de Mallorca (GRÀCIA *et al.*, 2003, 2005 i 2006). Aquests sediments hipogeus s'enquadrarien principalment dins el que BOSCH & WHITE (2004) qualifiquen com a *backswamp facies*, dipòsits que consisteixen en residus meteoritzats de la roca encaixant juntament amb materials infiltrats a partir dels horitzons edàfics suprajacents, els quals han experimentat un transport lateral molt minso o fins i tot inexistent.

### Interacció entre els rebliments llimosos vermells i les calcàries del mesozoic

Des del punt de vista diagenètic i d'alteració dels materials rocosos del Juràssic superior cal destacar que a la part inferior de la cavitat, i relacionat amb les capes inferiors dels rebliments de materials llimosos, es produeix un altre tipus d'alteració (Figura 23) que ha afectat gairebé totalment alguns fragments del substrat calcari –probablement per l'intercanvi catiónic entre els dos materials–, que adquireixen una consistència plàstica i una coloració verdosa-groga. Les anàlisis mineralògiques efectuades indiquen que s'ha produït una total dolomitització dels fragments rocosos (Taula 2; mostra ONIX 5 DIG) i un intercanvi de cations, en diferents proporcions, amb els materials llimosos vermells (Figura 23). La dolomitització ha causat probablement una total pèrdua de cimentació de la roca juràssica, de manera que el material apareix totalment disgregat observant-se una mida de gra lleugerament superior a la dels sediments llimosos vermells (Taula 1).

### EOLIANITES

Accedint a la Cova de s'Ònix per la seva entrada secundària, entre -15 i -20 m de profunditat (punt k de la topografia), hi ha una acumulació important d'arenas bioclàstiques d'una potència superior a 1 m, en la qual s'hi poden diferenciar dos nivells: un d'inferior ben cimentat i amb una marcada laminació mil·limètrica que cabussa uns 35° cap a l'interior de la cavitat (Figura 24), i un de superior amb una cimentació tan sols molt incipient. En aquest sector de la cova s'ha trobat un crani incomplet de *Myotragus balearicus* (F. Gràcia i P. Bover, com. pers.) encara que fora de context, per la qual cosa no es pot establir cap relació cronològica amb els dipòsits d'eolianites.

El nivell inferior (Taula 2; mostra ONIX 1 DUNA) presenta una coloració que va de vermell groguenc en humit (5YR5/8) a groc vermellós en sec (5YR6/8), i està format per carbonats, calcita amb baix contingut en magnesi (82 %) i aragonita (< 4%), essent-hi present també quars (< 10%) i de forma testimonial minerals de les argiles com il·lita i alguna esmectita (< 2%). Els components bioclàstics que formen la roca són principalment els fragments d'algues vermelles, els mol·luscs i els equinoderms, a més de foraminífers i altres organismes bentònics de característiques força litorals (Figura 25). No hi ha matriu i el ciment és microesparític vadós, de tipus menisc. Des del punt de vista textural es tracta d'un *grainstone* amb una mida de gra d'arena mitjana



Figura 24: Presència d'eolianites prop de l'entrada natural a la Cova de s'Ònix.

Figura 24: *Accidental diposits eolianites near the natural entrance to Cova de s'Ònix.*

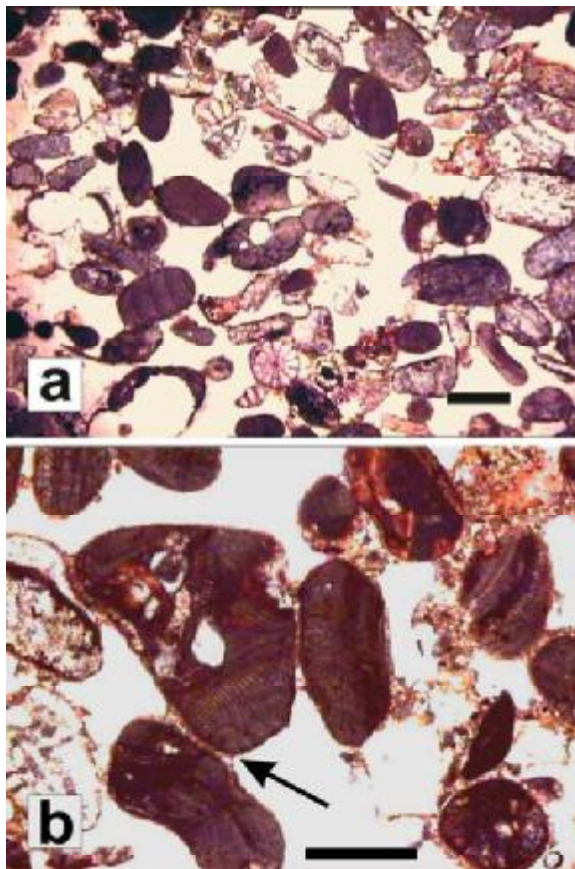


Figura 25: Seccions en làmina prima (llum paral·lela) dels dipòsits d'eolianites en la zona d'entrada a la Cova de s'Ònix. Observi's la composició bioclàstica i granoclassificació (a) i la presència de ciment tipus menisc característic del medi vadós (b). Escalles: 5 mm.

Figura 25: *Thin sections of the eolianites of the entrance zone of Cova de s'Ònix. Note the bioclastic composition and grain selection (a) and the presence of meniscus cement characteristic of the vadose environment (b). Scale bars: 5 mm.*

(D50: 379,50  $\mu\text{m}$ ) molt ben classificada i amb els grans ben arrodonits.

El nivell superior (Taula 2; mostra ONIX 2 DUNA), que té la mateixa coloració, es diferencia des d'un punt de vista mineralògic de l'inferior per la incipient dolomitització que presenta (conté dolomita en més d'un 20 %) i per una major proporció del contingut en aragonita (> 7 %) i quars (>15 %); la presència dels minerals de les argiles és similar i la calcita no arriba al 55 %. A més, la cimentació és pràcticament inexistent. Aquest nivell superior té un proporció de matèria orgànica al voltant de l'1,5 %, lleugerament superior a l'1 % dels nivells consolidats.

Es tracta de sediments típics de les fàcies d'entrada de les cavitats litorals (GINÉS, 2000b), que han estat introduïts per l'acció del vent i la gravetat configurant uns cridaners dipòsits d'eolianites (Figura 17), cronològicament atribuïbles al Pleistocè superior. Sens dubte haurien penetrat per l'obertura natural de la cova, avui en dia irreconeixible, la qual es correspondria molt probablement amb l'actual entrada secundària de la cavitat (vegeu la topografia).

## BRETXES I ALTRES FÀCIES D'ENTRADA

En el pis de la gran galeria semiartificial que constitueix el principal accés a la Cova de s'Ònix, i a una fondària aproximada de -10 m, es pot observar una petita seqüència de rebliment formada per bretxes, graves i llims disposats per sobre d'una colada estalagmítica; aquests dipòsits resulten visibles amb facilitat en haver estat tallats per les feines d'eixamplament de l'esmentada galeria.

Es tracta de 10 cm de bretxes amb abundant matriu llimosa, a la que segueixen 20 cm d'una altra bretxa (Figura 26) formada per clastos entre subangulosos i subarrodonits de calcarenita molt alterada, de 5 mm de diàmetre mitjà, molt poc classificats, inclosos en una

matriu llimosa molt ferruginitzada i amb abundant ciment calcífic vadós tipus menisc. Completen la seqüència 25 cm de llims vermells amb nombrosos clastos rocósos i, a sostre, un nivell de poc més d'un metre de potència constituït per una bretxa poc consolidada amb matriu llimosa, que té l'aspecte de correspondre a sediments subactuals. El conjunt s'interpreta com a dipòsits en massa relacionats amb l'entrada de la cavitat on penetren amb facilitat, ajudats per la gravetat i petites escorrenties, tant fragments rocósos heteromètrics disgregats pels processos de meteorització com materials llimosos procedents de les formacions edàfiques superficials.

Cal referir-se també a la Cova des Fumassos per comentar la importància que presenta en aquesta localitat la sedimentació detrítica, sota la forma de fàcies d'entrada compostes per materials terrosos que engloben abundants clastos rocósos i restes de fauna vertebrada recent. El fet que aquesta cova dreni bona part de l'àrea d'esfondrament on s'obren les cavitats estudiades, i la gran verticalitat que presenta, ha afavorit l'emplaçament d'un conjunt sedimentari subactual de gran potència que pràcticament arriba a colmar la cavitat en diversos punts.

## LES COLADES ESTALAGMÍTIQUES

La Cova de s'Ònix destaca pels seus espectaculars dipòsits consistents en gruixudes capes de calcita que de fet en són responsables del seu topònim, encara que sigui amb una terminologia gens correcta des del punt de vista petrològic. Al llarg de bona part de la cavitat abunden aqueixes capes calcítiques, disposades en bancs subhorizontals o lleugerament inclinats, la potència dels quals va des d'uns pocs centímetres fins més d'un metre; les capes mostren freqüentment ondulacions i corbes lligades a la presència d'estructures estalagmítiques integrades dins els bancs calcítics, així com zones fracturades per processos de reajustament mecànic del substrat. Aquests precipitats cristal·lins reomplen quasi totalment els sectors més estrets dels passatges relacionats amb la primitiva entrada natural de la cova, assolint la seva màxima potència (gairebé 2 m) en la sala de la pedrera, on han estat objecte d'intensa explotació econòmica (Figura 13).

FAURA Y SANS (1926) qualifica aquests dipòsits com a "caliza espática marmórea" (sic), esmentant la gran puresa dels materials (< 2% d'impureses). Aquest autor reconeix que els bancs cristal·lins no es troben

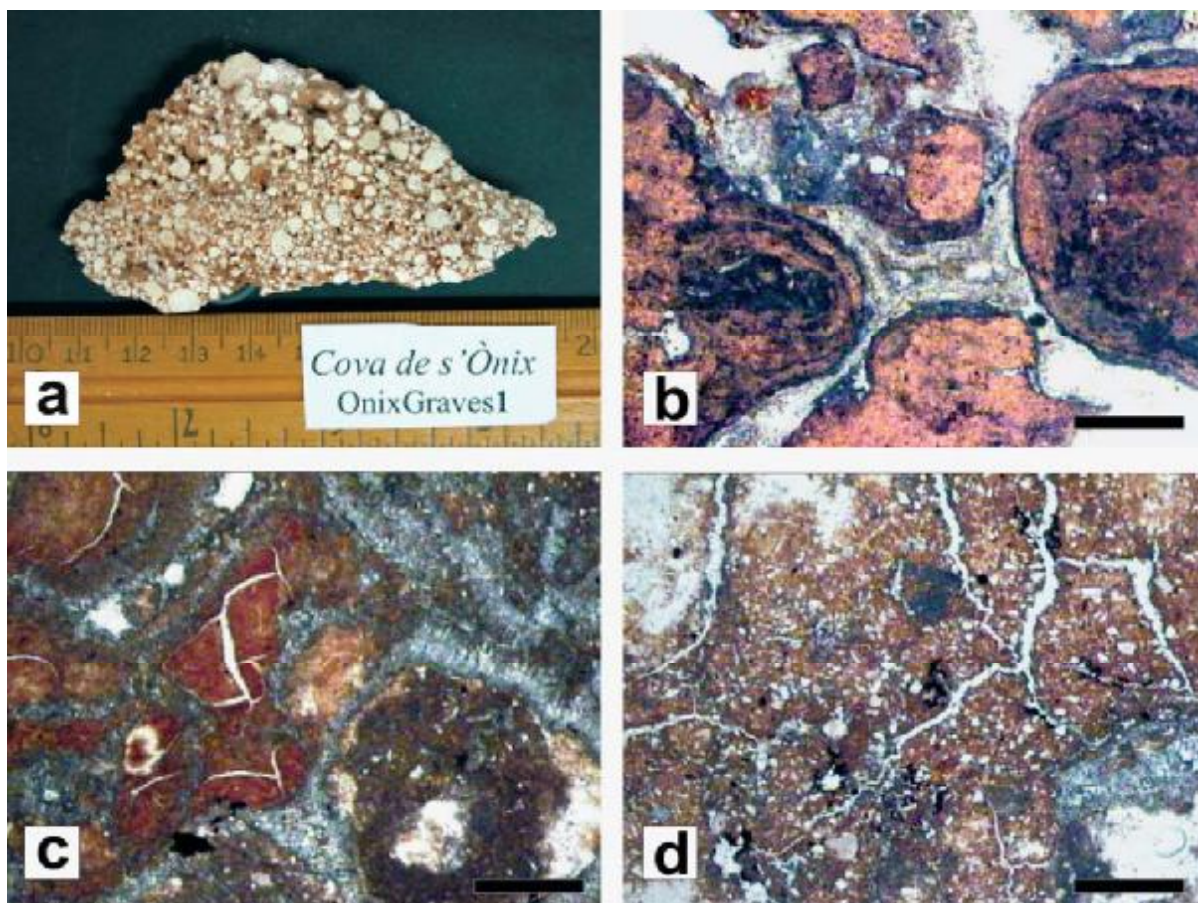


Figura 26: Mostra (a) i seccions en làmina prima (llum paral·lela) dels reblliments detrítics de bretxes presents a l'entrada de la Cova de s'Ònix. Observi's la ferruginització i ciment vadós tipus menisc (b), l'aspecte nodular tipus caliche (c), així com la microfracturació (d) probablement originada per processos edàfics. Escales: 5 mm.

Figure 26: Sample (a) and thin sections of detritic breccia fillings at the entrance of Cova de s'Ònix. Notice the ferruginization and micaceous vadose cement (b), the nodular facies resembling caliche (c) as well as the microfracturation (d) probably due to edaphogenic processes. Scale bars: 5 mm.

realment interestratificats dins les capes rocoses miocenes, sinó que es tracta de precipitats calcaris relacionats amb una antiga caverna, pràcticament reomplerta del tot en alguns punts. Per fortuna, les tasques de prospecció per a l'explotació econòmica de la cova han permès apreciar la magnitud i extensió dels dipòsits, mitjançant les trinxeres i galeries que han estat excavaades de forma artificial.

Els bancs cristal·lins explotats com a pedra ornamental (Figura 4) són de fet potents capes de colada estalagmítica, localitzades en aquells punts de la cavitat on el pendent més suau i la presència d'estretors han propiciat la deposició química de carbonats i la quasi total colmatació dels buits preexistents. La notable extensió i potència dels dipòsits s'ha vist afavorida sens dubte per les infiltracions molt difuses col·lectades per la gran zona d'abisament on s'obre la Cova de s'Ònix. Contràriament, resulta curiós que la veïna Cova des Fumassos es trobi desproveïda de precipitats d'aquestes característiques, tal vegada per la connexió més directa d'aquesta cavitat amb la depressió d'esfondrament exterior, de la qual actua gairebé com a engolidor.

## ALTRES ESPELEOTEMES

Pel que fa als espeleotemes en general, novament la Cova de s'Ònix sobresurt per la seva notable abundància i varietat, que es fa patent en particular a la sala final de la caverna. Abunden sobretot les estalactites, estalagmites i columnes que compartimenten l'esmentada sala principal, no faltant tampoc alguns exemplars d'estalactites excèntriques. No obstant això, les colades estalagmítiques –a les quals ja hem fet referència– constitueixen els espeleotemes més destacables al menys en termes quantitius.

Convé consignar la presència, en les immediacions dels dos principals llacs de la cova, d'espeleotemes freàtics que delimiten un paleonivell del llac, situat a una alçada de +3 m respecte de l'actual superfície de les aigües subterrànies. Una mostra d'aquests espeleotemes ha estat datada recentment mitjançant el mètode Th/U (TUCCIMEI *et al.*, 2006), subministrant una edat de 128,5 ka; aquesta dada indicaria que l'alineació d'espeleotemes freàtics de la Cova de s'Ònix registra un paleonivell marí corresponent a l'estadi isotòpic 5e, o sigui al darrer esdeveniment interglacial.

La Cova des Fumassos presenta, en canvi, una ornamentació natural bastant pobre, que es circumscriu tant sols a les zones més fondes de la cavitat.

## Morfogènesi endocàrstica de l'àrea

La morfogènesi dels tres fenòmens subterranis que s'han descrit en aquestes planes està totalment lligada a la zona d'abisament, lleugerament deprimida cap al SW, que es reconeix als voltants de les antigues cases de Ca n'Olesa (Figures 2 i 3). De fet, les coves estudiades es localitzen tot resseguint la vorera occidental de

l'àrea deprimida, compartint totes elles uns trets morfològics comuns: es tracta de sales fortament descendents i sòtil no gaire alt (vegeu les topografies), que són el resultat de l'esfondrament de buits primigenis subjacents. S'enquadrarien dins la categoria de *coves situades a la zona vadosa*, segons la classificació morfogenètica de GINÉS (1995), concretament dins la tipologia de cavitats d'esfondrament o *coves clàstiques*.

La carstificació responsable dels ulteriors processos de col·lapse ha afectat bàsicament en aquest cas la unitat geològica inferior (les calcàries bioclàstiques del Juràssic superior), encara que els reajustaments mecànics s'han propagat en direcció antigraavitatòria, interessant així mateix els materials calcarenítics del Miocè superior (Figura 6). En darrera instància els mecanismes d'esfondrament han tingut reflex en la superfície, originant l'àrea deprimida coneguda amb el topònim de "es Fumassos".

No queden gaire clares les característiques dels buits de dissolució inicials, que han propiciat els processos generalitzats d'esfondrament ja esmentats. No obstant això, a les parts inferiors de la Cova de s'Ònix es reconeixen petits conductes i morfologies de dissolució d'aparença arrodonida, que apuntarien cap a un origen freàtic dels buits primigenis. Independentment de tot això, el resultat final observable avui en dia consisteix en les sales de sòtil baix i amb notable pendent descendent ja referides, les quals es correspondrien amb les *sales de col·lapse* (les *collapse chambers*, descrites per GINÉS, 2000a) tan freqüents en els diferents tipus de carst de l'illa de Mallorca. En aquest exemple concret, en tractar-se de cavitats excavaades –al manco parcialment– en les calcàries plegades del Mesozoic, les morfologies resultants són més semblants a altres localitats existents en aquest mateix context geològic (com és el cas de la Cova des Diners, també al municipi de Manacor) que a les típiques sales de col·lapse pròpies de la regió càrstica del Migjorn (GINÉS & GINÉS, 1992 i 2007).

L'evolució de les cavitats s'ha vist completada per l'emplaçament d'un registre sedimentari complex, condicionat per la major o menor facilitat de penetració de les infiltracions i dels aports detrítics procedents de la superfície. Així, en la Cova des Fumassos predomina una sedimentació detrítica grossera de materials terrosos corresponents a fàcies d'entrada, gràcies a una molt directa connexió amb l'exterior; cal tenir present que la cavitat actua com a engolidor que drena bona part de la depressió superficial. Contràriament, a la Cova de s'Ònix destaquen els abundants sediments llimosos vermells i, sobretot, la deposició extensiva de gruixudes capes estalagmítiques, associada a unes infiltracions més difuses i una connexió hidrològica manco directa amb la superfície; també hi són presents els dipòsits de fàcies d'entrada com, per exemple, les eolianites que tant sovintegen a les cavitats litorals de l'illa.

Pel que fa a l'edat de la carstificació, no existeixen evidències clares que permetin situar aquestes qüestions de manera precisa. L'excavació dels conductes freàtics inicials a les calcàries juràssiques ha de tenir per força una cronologia pre-aternària, tal i com ja s'ha evidenciat en el conjunt del carst de Mallorca

(GINÉS & GINÉS, 1995). Aquesta fase inicial d'espeleogènesi pot remuntar-se al Pliocè, i fins i tot abans, tal vegada coincidint amb els darrers episodis de la deposició de la unitat geològica del Miocè superior. Els processos de col·lapse probablement tingueren lloc al llarg del Pleistocè, encara que l'únic fet ben documentat des del punt de vista cronològic és la precipitació d'una banda d'espeleotemes freàtics corresponents al darrer interglacial (TUCCIMEI *et al.*, 2006), a la Cova de s'Ònix. En aquest sentit queda clar que, en el Pleistocè superior, aquesta cova es trobava ja configurada amb la seva aparença actual.

## Conclusions

Les coves de la zona de Ca n'Olesa constitueixen un conjunt de fenòmens endocàrstics entre els que destaca la Cova de s'Ònix, una de les cavitats més extenses i ben decorades de les rodalies de Portocristo (Manacor). Amb un desenvolupament superior als 600 m, presenta un cert interès històric i etnogràfic relacionat amb la seva explotació com a pedrera de material calcari ornamental; en aquest sentit cal assenyalar l'existència, a la cripta de la basílica de Sant Pere del Vaticà, d'una tomba –corresponent al cardenal espanyol Rafael Merry del Val– feta el 1931 amb dipòsits cristal·lins extrets d'aquesta cova.

Des del punt de vista geològic resulta d'especial interès el fet que les cavitats estudiades, encara que s'obren als materials post-orogènics del Miocè superior, arriben a assolir el basament plegat mesozoic de les Serres de Llevant. Aquesta circumstància no es troba reportada en cap altra cova del Llevant o del Migjorn de Mallorca.

Pel que fa a la seva morfogènesi, es tracta de cavitats relacionades amb una lleu depressió produïda per la presència d'una gran zona d'abisament –uns 200 m de diàmetre– observable amb facilitat a les fotografies aèries. Aquesta àrea de col·lapse hauria estat generada per l'endocàrstificació de les calcàries juràsiques, havent afectat l'esfondrament també les calcarenites miocenes suprajacents. L'evolució de les cavitats no ha resultat afectada pel fet de desenvolupar-se a cavall de dues unitats geològiques ben diferenciades.

S'han analitzat detalladament les variades tipologies de sediments existents a les coves visitades. Mereix especial menció la sedimentació de llims vermells relacionats amb la descalcificació de la roca encaixant i, sobretot, amb la infiltració de materials edàfics procedents de la depressió exterior. També hi estan presents dipòsits corresponents a diversos tipus de facies d'entrada, entre els quals destaquen les eolianites pleistocenes emplaçades per gravetat en els sectors inicials de la Cova de s'Ònix. En aquesta mateixa localitat és precís remarcar l'abundància i varietat d'espeleotemes, insistint en la particular rellevància de les capes de colades estalagmítiques que, tal i com ja s'ha dit, han estat objecte d'explotació econòmica com a pedra ornamental.

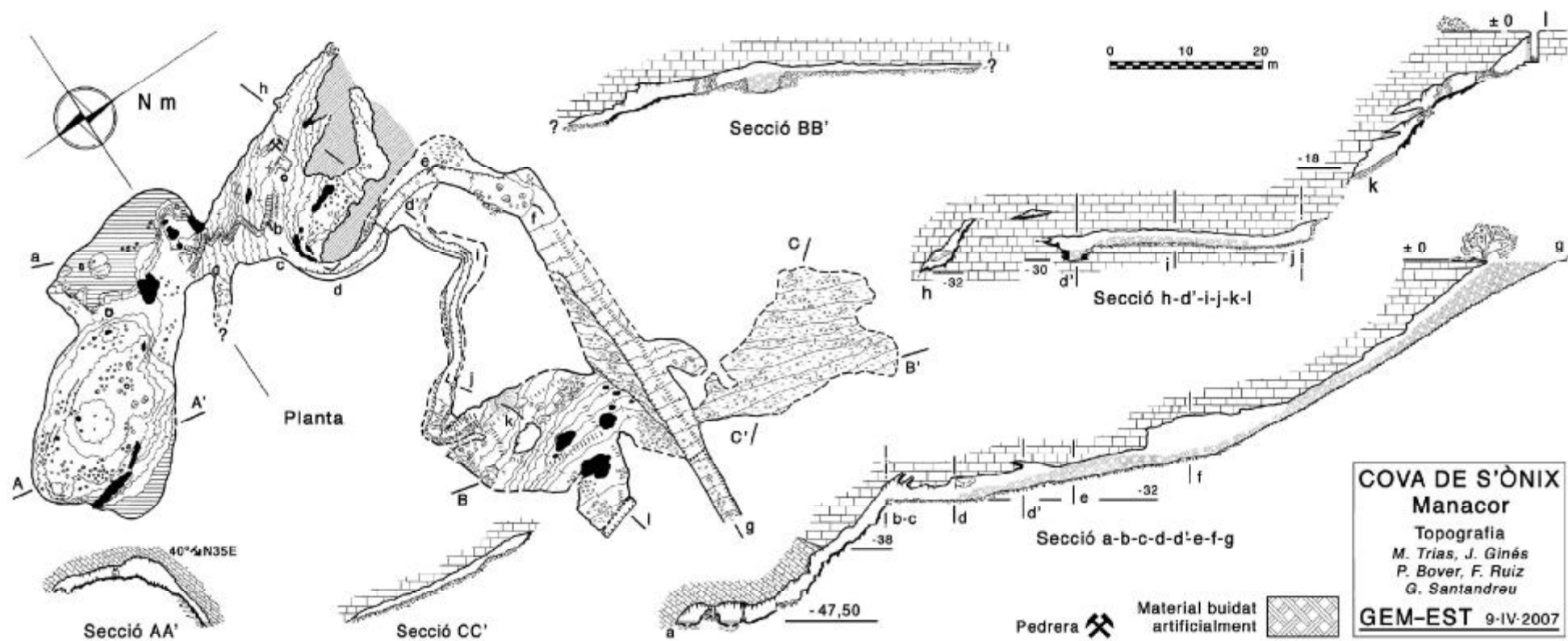
## Agraïments

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel *Ministerio de Educación y Ciencia* – FEDER, CGL2006-11242-C03-01/BTE. Les exploracions i activitats topogràfiques en el camp han comptat amb la valuosa participació dels següents companys i amics: Pere Bover, Mateu Fiol, Francesc Gràcia i Francesc Ruiz. Algunes de les fotografies de la Cova de s'Ònix ens han estat amablement cedides per Antoni Merino. També cal esmentar a Paola Tuccimei i Vicenç M. Rosselló, que han col·laborat en la recerca d'informació sobre el sepulcre del Cardenal Rafael Merry del Val. Finalment, hem d'agrair als Serveis d'Informació Territorial de les Illes Balears (SITIBSA) el subministrament de la fotografia aèria de la zona, així com el permís per a la seva publicació.

## Bibliografia

- ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1981): *Los Ovarios de! Passai. Els varicòstils icòstils del Pliocè i els Balears i Pliocè*. Editorial Moll. Monografies Científiques, 1. 261 pàgs. Palma de Mallorca.
- BALAGUER, P. (2005): *Tipus i evolució de les coves seques de Mallorca*. Tesi Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 373 pàgs. Inèdita.
- BOSCH, R.F. & WHITE, W.B. (2004): Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. In: SASOWSKY, I.D. & MYLROIE, J. (eds.) *Stages of cave sedimentation. Physical and chemical records of postglaciation*. Kluwer Academic / Plenum Publishers. 1-22. New York.
- ENCINAS, J.A. (1997): Inventari espeleològic de les Illes Balears -Any 1997-. *Fofofofo*, 21: 103-128. Palma de Mallorca.
- ENCINAS, J.A. (2006): *Relación inventarial de subterráneos naturales de las Illes Balears, año 2006*. Ediciones JAES, Colección Tarsilbet. 236 pàgs. Pollença, Mallorca.
- ENCINAS, J.A.; GINÉS, J. & TRIAS, M. (1974): Inventario espeleológico de Mallorca. *Bot. Soc. Hist. Nat. Balears*, 19: 29-49. Palma de Mallorca.
- FAURA Y SANS, M. (1926): *Cuevas de Mallorca*. XIV Cong. Geol. Intern., Inst. Geol. España, Gráficas Reunidas, S.A. 78 pàgs. Madrid.
- FERRER, P. & COSTA, J.M. (1945): *Las cuevas de Mallorca*. Ediciones Costa. 71 pàgs. Palma de Mallorca.
- FIOL, L.; FORNÓS, J.J.; GELABERT, B. & GUIJARRO, J.A. (2005): Dust rains in Mallorca (Western Mediterranean): Their occurrence and role in some recent geological processes. *Geologia*, 63: 64-84.
- FORNÓS, J.J. (1999): Karst collapse phenomena in the Upper Miocene of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Acta Geologica Hungarica*, 42 (2): 237-250.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. *Endins*, 20 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 27-43. Palma de Mallorca.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L. (1983): El Mioceno Superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyi (Complejo Terminal). In: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J.J. & RODRÍGUEZ-PÉREA, A. (eds.) *El Terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones del X Congreso de Sedimentología*. Institut d'Estudis Balearics, Universitat de les Illes Balears. 177-206. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. (2000a): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Geologica*, 29 (2): 139-148. Ljubljana.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Caves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67. Bologna, Itàlia.

- GINÉS, J. (1995): L'endocars de Mallorca: els mecanismes espeleogènics. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. Endins, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 71-86. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. (2000b): *El carst litoral en el litoral de Mallorca: una aproximació al coneixement de la morfogènesi i geomorfologia*. Tesi Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs + 29 làms. Inèdita.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1995): Aspectes espeleocronològics dels carst de Mallorca. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. Endins, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 99-112. Palma de Mallorca.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME D. & FEBRER, M. (2006): El sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins* 29: 25-64. Palma de Mallorca.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J. J.; URIZ, M. J.; MARTIN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. & PONS, G. (2005): La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins* 27: 141-186. Palma de Mallorca.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. & VADELL, M. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins* 25: 43-86. Palma de Mallorca.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des Iles Baléares. *Spelaeographica*, 8 (67-68): 1-108. Paris.
- MASCARÓ-PASARIUS, J. (1962-1967): *Carpes de Topografia de Mallorca*. Mapa general de Mallorca (escala 1:31.250). Gráficas Miramar. 6 vols. 3.384 pàgs + 53 mapes. Palma de Mallorca.
- MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1981): *Myxobagis kappeler*, une nouvelle espèce de *Myxobagis* Bate 1909 (Mammalia, Artiodactyla, Rupicaprini). *Proc. Kon. Neder. Akad. Wetensch.* B 84 (1): 57-69. Amsterdam.
- POMAR, L. (1991): Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243-269.
- RODRÍGUEZ-PÉREA, A. & GELABERT, B. (1998): Geologia de Mallorca. In: FORNÓS, J.J. (ed.), *Aspectes geològics de les Illes Balears*. Universitat de les Illes Balears. 11-38. Palma de Mallorca.
- SÀBAT, F. (1986): *Estructura geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona. 120 pàgs. 2 vols. Inèdita.
- TRIAS, M.; PAYERAS, C. & GINÉS, J. (1979): Inventari espeleològic de les Balears. *Endins* 5-6: 89-108. Palma de Mallorca.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, M.C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie n.F.*, 50 (1): 1-21. Berlin.
- VIDAL-ISERN, J. (1946): *Caves dels Iles Balears, Mallorca*. Tipografia Nueva Balear. 20 pàgs. + 12 làms. Palma de Mallorca.
- ZUPAN, N. (2003): *Incorporic solution: weathering of cave walls and the production, transport and deposition of carbonate fines*. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Zalozba ZRC. 167 pàgs. Ljubljana.





# ELS SOTERRANIS DEL CASTELL DE SANT FELIP, ESPELEOLOGIA URBANA A MENORCA

per Miquel Trias <sup>1</sup>

## Resum

El castell de Sant Felip està ubicat a la boca del port de Maó de l'illa de Menorca. Durant el segle XVIII i sota domini anglès, era una de les fortaleses més grans d'Europa; comptant el nucli central i les fortificacions entre el Port i la cala de Sant Esteve la seva superfície era de 270 hectàrees; a més de les 37,50 hectàrees del reducte de Marlborough. El seu subsòl estava foradat per nombrosos soterranis —magatzems, galeries de comunicació i de combat, galeries de minat, etc—. Si els nostres càlculs són correctes el desenvolupament lineal de les obres subterrànies no creim que baixàs dels 7.900 m, comptant les de Sant Carles i Marlborough.

El castell va ésser destruït per ordres del rei borbó Carles III després que les forces franco-espanyoles ocuparen Menorca el 1782, destrucció de la que no se salvaren tampoc els soterranis. Actualment la majoria d'aquests soterranis estan plens d'enderrocs i per tant són inaccessibles, tot i que en algunes zones hi apreciam la tasca de desenrunament feta pels anglesos en tornar ocupar l'illa el 1798. En el nostre escrit presentem la topografia i una curta descripció d'alguns dels soterranis penetrables. El desenvolupament de la zona dibuixada assoleix els 1.435 m. També feim uns breus apunts del castell i de les circumstàncies històriques de la seva construcció. S'hi inclouen algunes observacions fetes durant els treballs de topografia sobre el procés d'excavació dels soterranis.

## Abstract

The castle of Saint Philip is situated at the mouth of Port-Mahon on the island of Menorca. During the 18th century and under English rule, it was one of the largest European fortress; including the old Spanish castle and the fortifications between the harbour and the Sant Esteve cove, it covers 270 hectares, in addition to the 37.50 ha of the redoubt of Marlborough. Underground there were numerous excavations (magazines, communication and combat galleries, countermines, etc.). If our calculations are correct, the lineal extension of the underground works is over 7,900 m, including fort Charles and Marlborough redoubt.

The castle and its underground parts were destroyed on the orders of the Bourbon King Carlos III after the French-Spanish forces occupied Menorca in 1782. Nowadays most of the subterranean works are full of rock falls and inaccessible, although in some zones the removable of rubble by the English after they retook the island in 1798 can be appreciated. In this paper we present the survey and a short description of some of the penetrable tunnels and magazines. The length of the surveyed part is around 1,435 m. We also include some brief notes about the castle and the historical circumstances of its construction as well as some observations on underground works process made during the surveying tasks.

## Introducció

En entrar per mar al port de Maó, a estribord veim l'espectacular fortalesa de la Mola; a babord, si ens hi fixam podem colombrar el que resta del castell de Sant Felip: algunes murades a vora mar, algunes construccions ruïnoses, alguns talussos, unes peces d'artilleria rovellades. Bastit pels Habsburgs i ampliat pels anglesos fins a esdevenir una de les fortaleses més grans

d'Europa, va ésser destruït a consciència pels borbons espanyols en recobrar-ne la sobirania. Només alguns dels seus soterranis se salvaren de la voladura general i en donen testimoni de la pretèrita grandesa.

Amb l'objectiu de salvar el que es pugui d'un patrimoni tan interessant, el 1998 es va crear el Consorci del Museu Militar de Menorca i els darrers anys s'ha dedicat intensament a netejar aquests soterranis i a habilitar-los per a la visita. El 2006 el consorci va demanar la nostra col·laboració en aquests treballs: concretament

<sup>1</sup> Secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca. Ciutat

que en realitzàssim una topografia que permetés al visitant ubicar-se en els diferents espais.

Des del segle XVII, a Europa hi ha gran interès per les illes i especialment pel port de Maó (PÈNE, 1680), augmentat el XVIII amb els canvis de sobirania—efectuats els anys 1708, 1756, 1763, 1782, 1798 i 1802—. Per açò Sant Felip i Menorca es troben reproduïts en nombrosos mapes, dibuixats i gravats. Entre aquests hi plànols antics del soterranis, però tenen alguns defectes: estan fets a una escala molt petita, i per tant, amb poc detall, són esquemàtics i sovint representen uns soterranis ideals, no com són en realitat; i, per altra banda, no representen les estructures com són actualment després de les darreres voladures i dels treballs de condicionament.

Hem dibuixat els plànols a 1:100 perquè és l'escala mínima que ens permetia mostrar tots els detalls importants. L'instrumental és l'habitual en topografia espeleològica: tandem Suunto, cinta mètrica i mesurador làser Leica; la poligonal s'ha realitzat amb cura, aconseguint una precisió acceptable: entre el 1,40 % i el 2 %. Tanmateix a Sant Felip s'hauria de treballar amb la precisió i detall exigibles en arqueologia, i per tant a una escala major, ja que ens trobam davant d'un autèntic monument de l'arquitectura militar antiga; dissorta-

dament no tenim la disponibilitat necessària per fer una feina d'aquest nivell.

De manera que hem topografiat amb tècnica espeleològica unes estructures "urbanes" artificials, i per davallar amb seguretat al gran pou hem emprat la tradicional tècnica espeleològica de corda única. Així doncs,

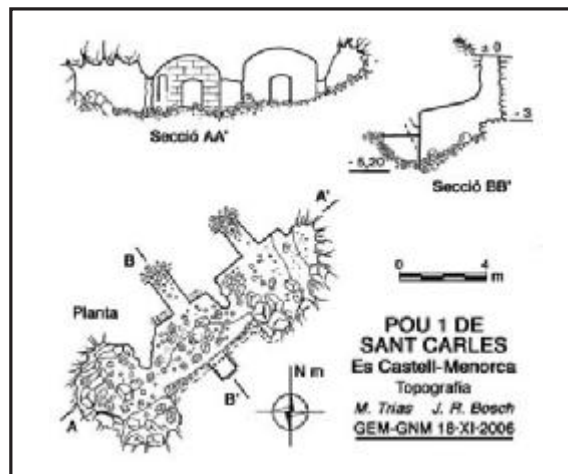


Figura 1: Mapa de les obres subterrànies del castell de Sant Felip a Menorca per T. Sowers; mostra els soterranis tal com eren el 1754. En color hi hem dibuixat els soterranis descrits al treball: Grog el primer nivell, Vermell el segon nivell, Blau, la gran Galeria, Verd les Quaders i Violeta els soterranis de Sant Carles. Els nombres que els identifiquen són els mateixos del text.

Figure 1: Map of the underground works of the San Felipe castle in Menorca by T. Sowers, showing the excavations as they were in 1754. Yellow, the first level; Red, the second level; Blue, the Grand Gallery; Green, the Quaders (chambers); and Violet, the San Charles excavations. The names that they identify are the same as those in the text.



Figura 2: Planta de les obres en superfície del castell de Sant Felip a Menorca, dibuixada per Humprey Herbert el 1735. Redibuixada per l'autor afegint-li el fort d'Anstruther que aquell any encara no s'havia edificat.

Figure 2: Plan of the surface works of San Philip's castle in Menorca. Given by Humprey Herbert in 1735. Redrawn by the author and including the fort of Anstruther which had not yet been built in that date.

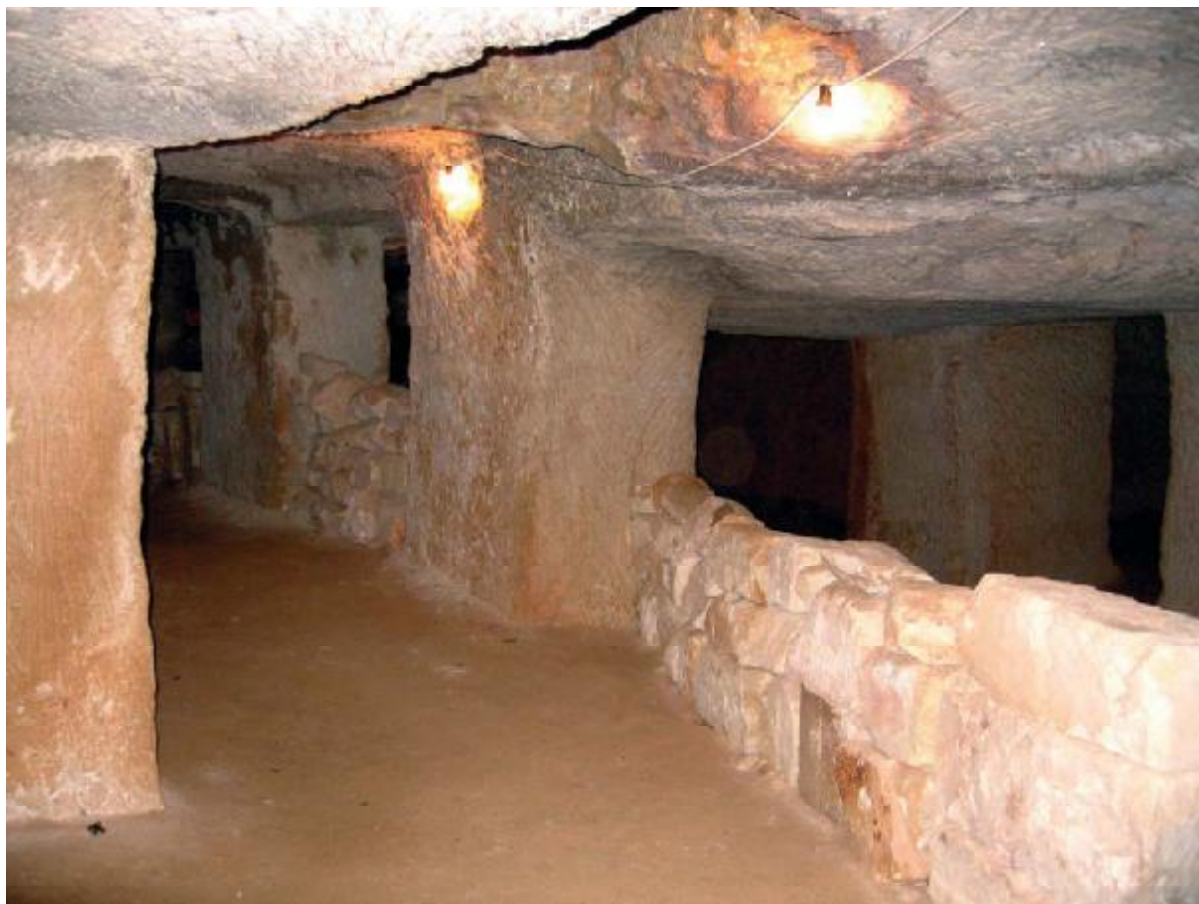


Foto 1: Soterranis del primer nivell prop del pou. Rera la paret baixa hi ha l'escala dreta al segon nivell. Foto F. Ruiz.

Photo 1: Excavations on the first level near the well. Beyond the wall there are the stairs to the second level. Photo F. Ruiz.

podem parlar d'espeleologia urbana; i hem pensat que, a banda d'altres usos que hom pugui fer d'aquestes topografies, seria interessant enriquir els temes tractats als treballs d'Endins publicant-les-hi acompanyades d'una breu descripció general i destacant alguns detalls curiosos descoberts en el decurs dels treballs cartogràfics.

## Antecedents històrics generals

A la primera meitat del segle XVI l'imperi turc estava en plena expansió. Els territoris que en aquell moment eren governats per la Sublim Porta eren molt extensos: Àsia Menor (el que ara és la Turquia pròpia), Síria (incloent Líban i Terra Santa), Egipte, Mesopotàmia, Aràbia, Grècia, Albània, Sèrbia, Bòsnia, part d'Hongria, Bulgària, i part de Crimea; atacaven Europa central —setge de Viena el 1529— i tenien una flota poderosa que amenaçava les costes dels països cristians. Mentre tant aquests estaven embarcats en contínues guerres "civils", àdhuc fent recurs a qui seria el seu enemic natural, com el rei francès que el 1542 s'alia amb els turcs contra l'imperi Habsburg. A més dedicaven gran part dels esforços militars i demogràfics a la con-

questa d'imperis colonials sobre pobles endarrerits tecnològicament, és a dir bons de vèncer. Pensem que els castellans només necessitaren 62 anys per conquerir l'Imperi americà —el 1560 podem considerar acabada la conquesta— mentre simultàniament lluitaven per conservar les possessions europees de la corona i per mantenir-hi el catolicisme.

La dispersió de forces de la monarquia hispànica afeblia el front mediterrani, de manera que els regnes de la corona d'Aragó estaven a la mercè dels turcs. Especialment les Balears per petites i pobres. El perill de corsaris "moros" és tan antic com la "Reconquesta", pensem que Formentera roman deshabitada des del S XIV i no es repobla fins el 1697, però mai va ésser tan fort com a la primera meitat del XVI; no serà fins després de la batalla de Lepanto el 1571 que els estols turcs deixaran d'ésser un enemic tan formidable, tot i que el perill de corsaris continuarà fins a la conquesta francesa d'Alger el 1830. Durant el segle XVI el perill era ben viu: trobam referències des del 1534 en què les fonts ens assabenten d'un desembarcament turc a Formentor. Davant la indefensió de les nostres terres per la manca aparent d'una armada en condicions de derrotar els estols turcs, la monarquia hispànica veu la necessitat de millorar les fortificacions arreu i fer-ne de noves allà on no n'hi havia, especialment als ports.

Maó va esser objecte d'un atac sagnant per part del turcs: el 1535 Carles V conquesta Tunis, cercant la revenja i sense esperar que els atacants tornin a port, l'almirall Barba-rossa decideix atacar una de les seves ciutats; primer pensa en Mallorca, però com que la considera massa forta, fa cap a Menorca on assalta i barreja Maó protegit per unes murades medievals que no foren enemigues per a l'artilleria turca. Davant la destrossa feta i la importància de seu port, hom va comprendre la urgència de defensar Maó i que era millor fer-ho fortificant l'entrada del port, com podem veure en la carta que l'arquitecte Calvi adreça el maig de 1555 a la princesa Joana d'Habsburg, regent dels estats en absència de son pare, l'Emperador: *La qualita di questo porto di maone. et la bona dispositione del sito que sie trouato mi pare che conuenga...che si faccia il Castello per la guardia del porto...quanto il sito de la terra di maone. e, quasi impossibile a poterlo fortificare...Et per questo dico, che la fortificatione de la bocha del porto, causara la sicurita di maone.* (HERNANDEZ *et alia*, 2002)

## El castell de Sant Felip

La defensa del port s'havia de fer amb fortificacions a la "moderna" es a dir, amb bastions i cortines baixos i atalussats. Aquest sistema fou creat a la Itàlia del nord a principis del cinc-cents, i els arquitectes italians el difongueren per Europa. Decidida l'edificació d'una fortalesa al costat sud de la boca del port de Maó, entre aquest i la cala de Sant Esteve, sembla que la feina preparatòria comença el 1551, però no és fins el 1555 que comencen les obres sota la direcció de Giovanni Battista Calvi, arquitecte milanesès de prestigi. A més de la seva activitat a Itàlia, Calvi dissenyà la ciutadella de Roses i les murades d'Eivissa i treballà també al nou recinte murari de la ciutat de Mallorca (TOUS, 2002). A Maó, pel que sabem, el 1558 ja s'havien aixecat dos bastions que serviren per foragitar un nou atac turc sota el comandament de Mustafà Piali. La conseqüència de l'efectivitat de la defensa fou que l'estol se'n va anar a Ciutadella que va esser presa a l'assalt, barrejada tota, amb molts de morts i 800 captius que foren portats a Constantinoble. El 1559, tot i que el castell no estava acabat, hi col·loquen l'estendard amb les armes d'Aragó (HERNANDEZ, 2002). Tanmateix creim que a finals dels anys 80 ja estava llest; en tot cas el 1597 si que ho estava, tot i que encara s'hi feren reformes a la primera del segle XVII. Noves fortificacions s'afegeixen a Sant Felip la segona meitat del segle XVII: el fort de Sant Carles a la punta sud del port i el de Sant Felipet a la punta de cala Teulera al que ara es coneix com a illa del Llatzeret.

El castell hispànic formava un quadrat d'uns 90 m de costat amb un pati central d'uns 35 m per 35 m; a cada cantó del quadrat hi havia un bastió romboïdal sense orellons; la diagonal entre puntes de bastió era de 175 m. Era molt semblant al castell de Sant Carles que defensava Portopí a la ciutat de Mallorca, tot i que aquest, bastit el 1663, és més petit: 120 m de diagonal màxima entre puntes de bastió, LUCENA *et alia* 1997.

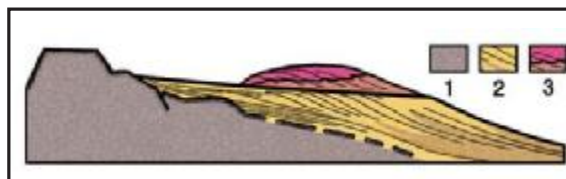


Figura 3: Tall esquemàtic del sud-est de Menorca. 1: Substrat paleozoic. 2: Unitat de Barres (Tortonià inferior), on estan excavats els soterranis de Sant Felip. 3: Complex escullós del Tortonià superior—Messinià inferior.

Figure 3: Schematic cross section of south east Menorca. 1: Paleozoic basement. 2: Lower Tortonian calcareous ramp (flat unit) in which the underground excavations of Saint Felip are excavated. 3: Reef complex of Upper Tortonian—Lower Messinian age.

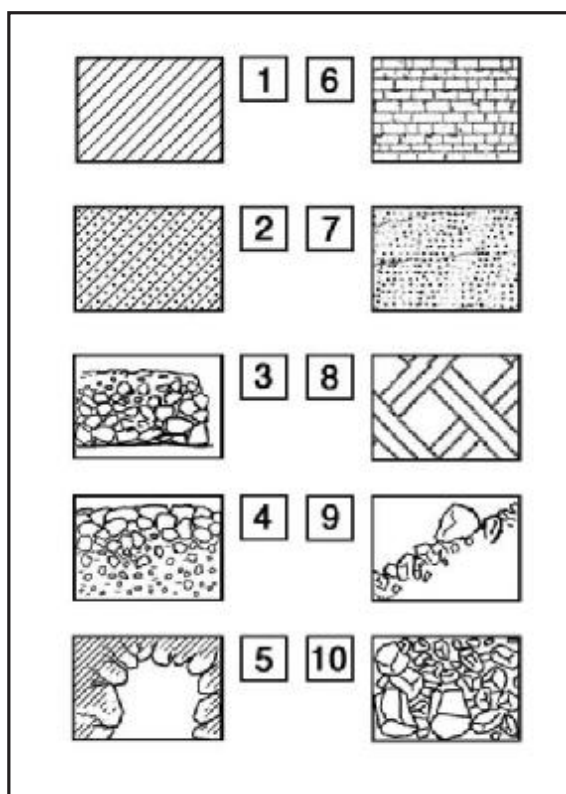


Figura 4: Signes convencionals, alguns poc usuals, emprats a les topografies. 1: Roca mare en secció i planta. 2: Obra de marès en secció i planta. 3: Clapers en alçat. 4: Clapers en planta. 5: Contorn de zona barrobinada. 6: Parets de marès en alçat a la reconstrucció. 7: Roca mare en alçat a la reconstrucció. 8: Roca mare en secció a la reconstrucció. 9: Enderrocs en secció. 10: Enderrocs en planta.

Figure 4: Key of symbols, some of them unusual, used in the survey. 1: Reef rock in section and plan. 2: Sandstone wall in section and plan. 3: Stone wall in section. 4: Stone wall in plan. 5: Outline of blasted zone. 6: Sandstone wall in profile after reconstruction. 7: Reef rock in profile after reconstruction. 8: Reef rock in section after reconstruction. 9: Rubble in section. 10: Rubble in plan.

Si bé que Sant Felip va esser construït contra els turcs, a l'atzar de la història els enemics canvien, i el 1708, durant la guerra de Successió Espanyola, els anglesos ocupen Menorca en nom del pretendent Carles d'Habsburg, com quatre anys abans havien ocupat Gibraltar. La seva intenció, emperò era d'ocupar-la defi-

nitivament com a base logística per a la Royal Navy —peça clau en la conquesta d'un imperi ultramarí— i que a més li permetia tenir al seu principal enemic, França, entre dos focs. Aquestes possessions substituïrien Tànger, rebut el 1662 de Portugal i perdut el 1684 a mans del soldà marroquí Mulay Ismail. El 1713 el tractat d'Utrecht confirma la sobirania anglesa dels dos territoris.

Des del primer moment de l'ocupació de l'illa, Anglaterra amplia Sant Felip "à la Vauban" afegint a l'antic castell, revellins, contraguàrdies, reductes i llunetes, formant un conjunt estrellat de construccions que esglaonen la defensa en profunditat. Aquesta millora de l'antic sistema italià, és creació del mariscal de Lluís XIV, Sébastien le Preste, senyor de Vauban, qui va dissenyar més de tres-centes fortificacions. El petit castell dels Habsburgs va créixer, doncs, fins a convertir-se en una fortalesa espectacular—una de les més grans de l'Europa del seu temps— que ocupava, entre el nucli central i les fortificacions exteriors, una superfície de 270 hectàrees, a més de les 37,50 hectàrees del reducte de Marlborough situat a l'altre costat de Sant Esteve. Les dimensions màximes del conjunt sense Marlborough eren de 900 m per 600 m.

El gran conjunt de fortificacions necessitava d'un gran conjunt d'estructures subterrànies que oferissin seguretat sota foc enemic: per comunicar les diferents obres, per habitar, per emmagatzemar diferents proveïments, especialment munició, també de galeries de defensa o combat, a més de galeries de minat per volar un espai ocupat per l'enemic en cas d'atac. El desenvolupament lineal dels soterranis no creim que baixi dels 7900 m comptant els soterranis de Sant Carles i Marlborough si els nostres càlculs són correctes. Estan fets a partir del mapa de SOWERS (1754); hem sumat l'eix de les galeries sense comptar-ne ni l'amplada ni l'alçada, i pel que fa als magatzems hem considerat els intercolumnis com a galeries.

Però, ai las! poca cosa més que alguns soterranis queden de la magnífica fortalesa que devia esser l'admiració de l'Europa del XVIII. Just acabada de conquerir per les forces franco-espanyoles el 1782, el rei borbó Carles III en va ordenar la destrucció total, i a més, demostrant el seu "amor" per les nostres terres, va pensar en fer inservible el port perquè l'illa no fos tant abel·lible als possibles conqueridors: *...mas adelantando se tomara por su Majestad la conveniente resolucion sobre cocgar o inutilizar este puerto de Mahon...* HERNANDEZ (2002).

La "brillant estratègia" de destruir el castell, renunciant al millor element per a la defensa de l'illa es va demostrar en la reconquesta fàcil que en feren els anglesos el 1789. Aquests, després de tornar a esser-ne amos, s'afanyen en la reconstrucció de Sant Felip començant per les obres exteriors de la banda de ponent. També intenten rehabilitar els soterranis, però davant la feïnada que açò representava en molt casos es varen limitar a fer-s'hi pas acaramullant els enderrocs formant marges o clapers, com podem veure a nombrosos punts de la topografia, especialment en els magatzems del segon nivell del castell hispànic. Pel tractat d'Amiens el 1802, els espanyols recuperen Menorca, cosa que significa la represa del treballs de

voladura fins a deixar Sant Felip convertit en un camp de ruïnes i el port sense una bona defensa.

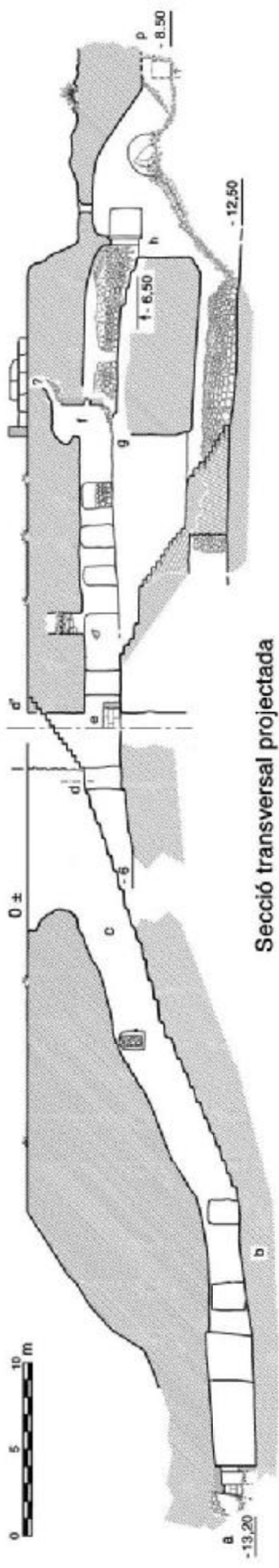
El nivell de destrucció el podem apreciar al que hem anomenat Pou 1 de Sant Carles; actualment hi ha una zona penetrable —segurament excavada modernament— de 54 m<sup>2</sup> envoltada d'enderrocs; és el que resta d'un magatzem de 1.400 m<sup>2</sup> que podem veure en el mapa de Sowers (Figura 1) amb el nombre 5. Tanmateix alguns soterranis —com ara el que anomenem Gran Galeria o les Quadres— no varen esser volats completament i han servit com a dependències auxiliars de les bateries que s'instal·laren posteriorment a Sant Felip fins que varen quedar obsoletes.

## Els soterranis, aspectes generals

La roca on estan excavats els soterranis és una calcòsilita del Miocè superior postorogènic, que presenten fàcies de la unitat inferior de barres, la fàcies és de sediments de plataforma marina oberta adossada al massís paleozoic (OBRADOR i POMAR, 2004). Aquesta calcària biogènica de gra molt fi, els packstones de MATEU (2007), és una roca molt compacta però de duresa baixa; a les parets dels soterranis manifesta molt poca estratificació; tampoc hi apreciam la bioturbació palesa a l'exterior.

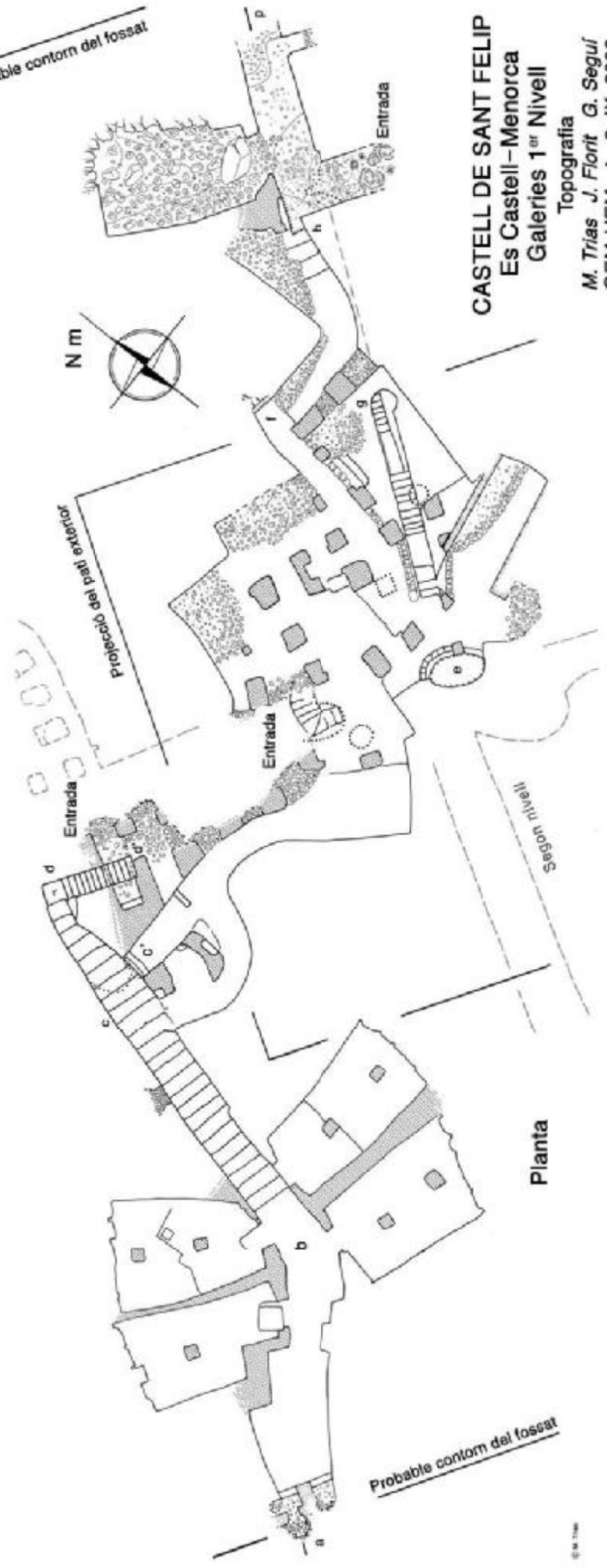
Tot i que la roca és tova generalment —tret d'alguns nòduls, els grups— la importància de la feina feta en excavar els soterranis pot esser considerada titànica: per obrir un metre lineal d'una de les galeries de comunicació s'havien d'excavar entre 6 i 9 m<sup>3</sup> de roca. Aquesta es treia dividint la paret en blocs picant-hi regates verticals on clavaven tascons per arrabassar el bloc o cantó de la penya; ho podem veure arreu, però és especialment clar a l'enfront de les sales del costat meridional del primer nivell, també ho podem veure a la foto 2. En haver acabat la feina dels trencadors, parets i sostres s'enllestien amb l'eina (escoda, tallant...) deixant un texturat de fines línies corbes que seguien el moviment del braç. A les parets observam petits nínxols on es col·locaven els llums d'oli per enllumenar les galeries.

El punt més alt de les actuals runes és a 30 m d'altitud; al centre del pati del castell hispànic, una mica més avall, hi ha picat un pou de 23 m de fondària fins al nivell freàtic; l'aigua d'aquest pou, salmenca, encara s'aprofita a les instal·lacions militars recreatives de cala Sant Esteve. Els soterranis al voltant del pou s'estructuren en dos nivells, i abans de la nostra visita existia una llegenda sobre l'existència d'un tercer i un quart nivell, pendents d'exploració o almenys on cap dels nostres contactes havia davallat ni sabia per on s'hi davallava. Aquí tenim un bon exemple de com les llegendes urbanes es vesteixen amb detalls que les donen versemblança: contaven d'un al·lot que, en una visita escolar devers l'any 1980, havia caigut al pou i que un soldat, de nom Fàbregues que ara és llanterner a l'ajuntament de Sant Lluís, l'havia tret de l'aigua davallant a les galeries del quart nivell; per acabar d'arrodonir la història contaven que el xic es va trencar dues dents i un colze.



Secció transversal projectada

Probable contorn del fossat

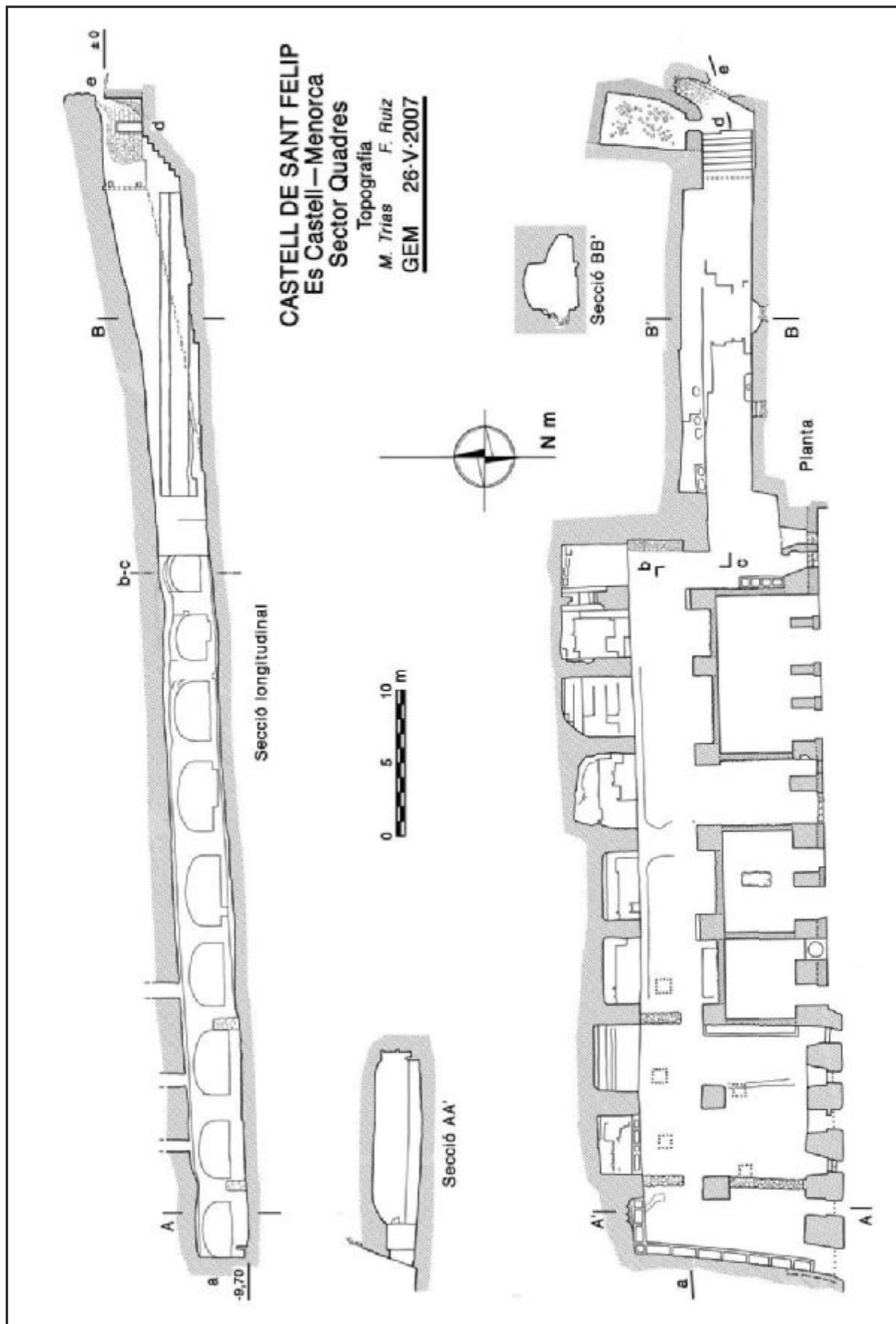


Planta

Probable contorn del fossat

**CASTELL DE SANT FELIP**  
**Es Castell - Menorca**  
**Galeries 1<sup>er</sup> Nivell**

Topografia  
 M. Trias J. Florit G. Seguí  
 GEM-UEM 4-9-IX-2006





## Breu descripció de cadascun dels soterranis

### CASTELL HISPÀNIC

#### 1—Primer nivell

Els soterranis del primer nivell tenen un desenvolupament, mesurat sobre la poligonal real, de 506,40 m. Estan situats davall la zona nord del pati, i poden ésser dividits en dues parts ben diferents, els magatzems centrals i les galeries perifèriques. Els magatzems s'ubiquen al nord del pou, a una fondària d'uns 5 metres, són de notable asimetria i irregularitat, alguns estan plens d'enderrocs i per tant són impenetrables. Les galeries perifèriques comuniquen amb el fossat o vall: l'oriental per davall l'entrada principal del castell i l'occidental al punt de contacte entre la cortina SO i el bastió de ponent. A la part baixa d'aquestes galeries trobam uns magatzems: quatre al costat SO i dos al NE: d'aquests darrers només n'hi ha un de visitable, l'altre està completament descomparat davall del enderroc de les voladures. Tot el conjunt de magatzems i galeries d'aquest nivell és d'una notable irregularitat i afectada per importants modificacions al llarg de la seva història (Foto 1).

L'escala dreta —punts **d-d'** de la topografia— no sembla coetània de les estances del primer nivell perquè: així com puja l'escala s'estreny per evitar els soterranis, més occidentals, avui mig plens d'enderrocs; de fet ha capturat un dels magatzems —punt **c'** de la sec-



Foto 2: Punt on l'excavació de l'escala meridional del Primer Nivell talla incorrectament —vora el sostre— una galeria (punt **c** de la topografia), cosa que suposam que va obligar a canviar-ne la traça. A l'enfront hi veim la marca d'extracció d'un cantó i les regates verticals per arrabassar-los. Foto J. Florit.

*Photo 2: Point where the excavation of the southern steps of the First Level incorrectly cuts near the roof a gallery (point **c** in the survey), something which we suppose forced them to change the direction. In the foreground, we can see the extraction mark of a stone block and the vertical grooves to extract it.*

ció i fotografia 2—. El pis entre l'escala i els soterranis del primer nivell no és llis, com si no estigués ben acabat, sembla el romanent de l'envà que separava galeria

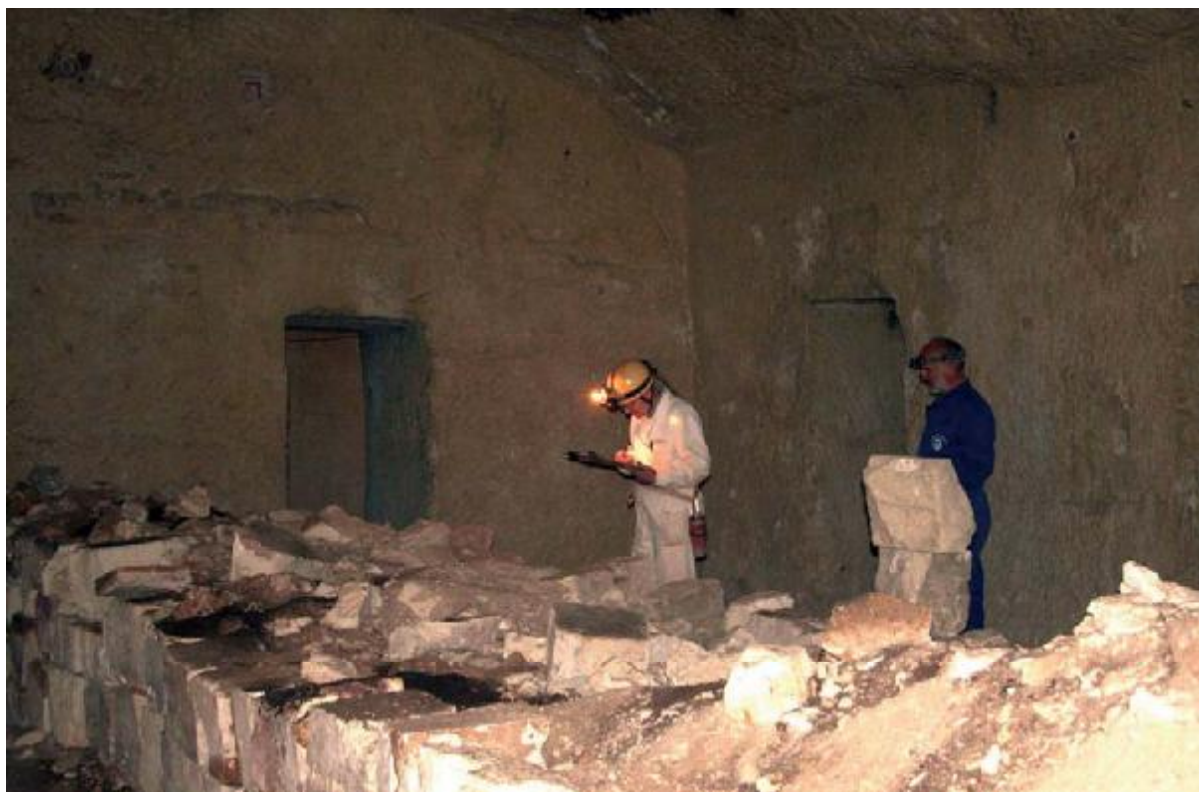


Foto 3: Polvorí del segon nivell. Al centre hi podem veure un claper de desenrunament. Foto J. Florit.

*Photo 3: Gun powder magazine on the second level. In the center a pier of rubble can be seen. Photo J. Florit.*

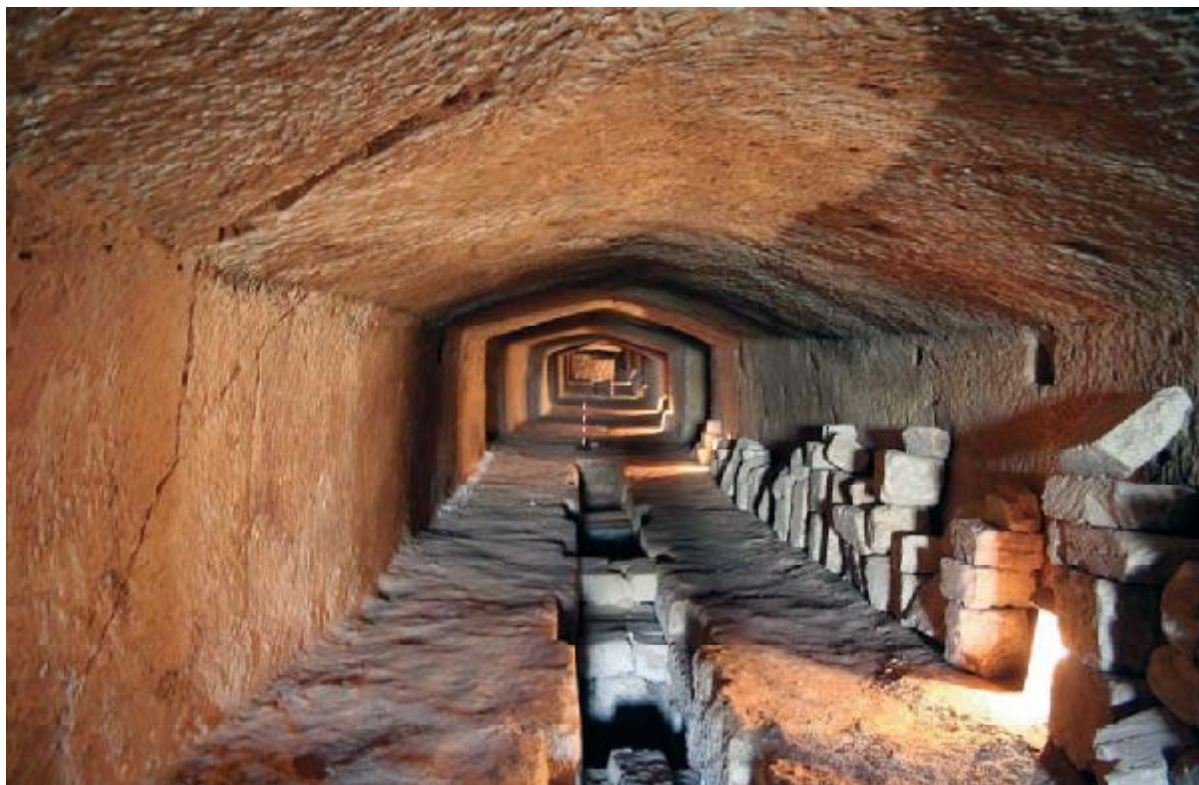


Foto 4: Perspectiva de la Gran Galeria des de l'entrada oriental, al centre del pis podem veure les galeries de minat, i a la dreta els cantons que les cobrien. Foto J. Florit.

Photo 4: View of the Grand Gallery from the eastern entrance. In the centre of its floor we can see the courtdormices and at right their covers. Photo J. Florit.

i escala; envà que no hauria existit si ambdues fossin coetànies; és més, la corba d'aquesta galeria no sembla racional, com si després de la connexió equivocada anàs a cercar l'escala en un graó a la mateixa cota del pis de la galeria. De tot això deduïm que la baixada al primer nivell no devia ésser aquesta escala, tal vegada l'entrada original seria per la galeria paredada marcada com a f, apart de les sortides al fossat pel nord-est i al sud-oest. En línia gris discontinua hem marcat a la secció el possible pis de comunicació del primer nivell amb el fossat abans de l'excavació del segon nivell.

## 2—Segon nivell

L'accés actual a aquests soterranis és per una escala estreta que parteix del primer nivell a la vora del pou central (entre els punts e i g de la topo); no sembla que sigui l'accés primitiu ja que està mal alineada amb la galeria inferior; talla de biaix uns pilars, a més, al seu extrem té un pou rodó també mal col·locat respecte a dita galeria. El segon nivell està format per dues galeries perpendiculars a les cortines i entre si, de fossat a

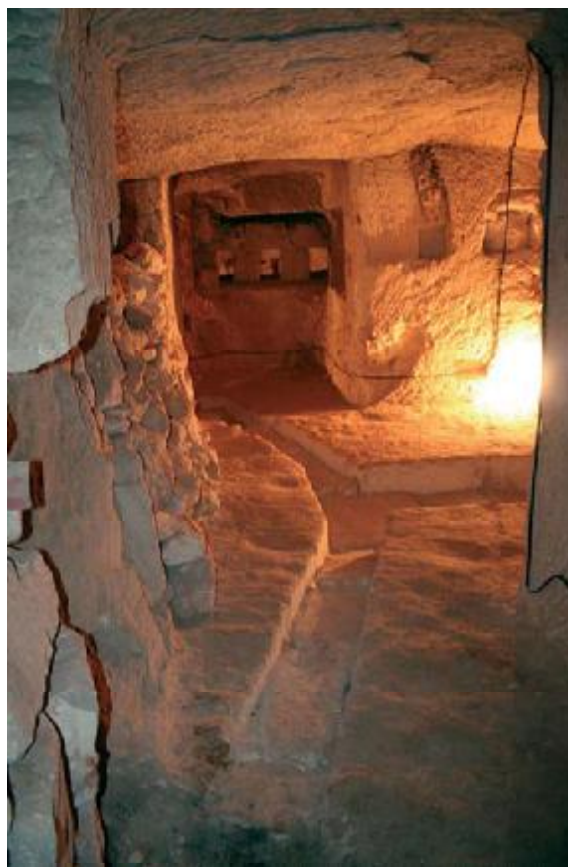


Foto 5: Zona d'intersecció entre la Gran Galeria i les galeries de defensa. Al pis veim la regata forçada per iniciar la voladura. A l'enfront les espitlleres d'un fortí de defensa. Foto J. Florit.

Photo 5: Intersection zone between the Grand Gallery and the combat galleries. On the floor we can see the slot channel for guide the courtdormices. In the foreground the loopholes of a small defensive fort. Photo J. Florit.

fossat, centrades en el pou i d'uns 90 m de llargada. La galeria orientada NO-SE té als extrems, en contacte amb el fossat, dos grans magatzems aproximadament quadrats d'uns 22-25 m de costat. Sembla que eren polvorins: observem restes de parets i regruixos per la construcció d'un tancat, possible recinte per aïllar la pólvora de l'altíssima humitat ambient dels soterranis. Reforcen aquesta opinió els nombrosos pilars perifèrics que creaven molts d'accessos per a treure la munició ràpidament en cas de combat. Destaca la regularitat d'aquests soterranis comparats amb els del primer nivell hispànic. Els quatre extrems estan volats de manera que actualment només podem sortir per la dita escala i pel costat NE allà on les galeries dels dos nivells s'uneixen, com hem dit més amunt. Al centre observem els clapers fets pels anglesos en netejar les estances dels enderrocs producte de les voladures (Foto 3). Al final de la galeria perifèrica NE dels polvorins SE és un dels llocs on podem veure forats per encastar una reixa tancant la sortida al fossat.

### 3—Gran Galeria

Amb aquest nom coneixem el conjunt de tres galeries de comunicació amb una de combat. Les primeres són: una central que enllaça la punta del vall de la contraguàrdia Cumberland o Plaça d'Armes i el darrer del revellí de la princesa Amèlia; les altres dues —galeries transversals— quasi perpendiculars a la primera la comuniquen amb els costats del dit fossat; la de combat és la corresponent a la contaescarpa del fossat del costat Sud-oriental del castell hispànic vid. l'extrem esquerra de la secció **m-n-o-p**. Les galeries de comunicació presenten un bon volum: de 2,50 m d'alçada per 3,60 m d'amplada, per 90 m de llarg la central i 30 m cadascuna les transversals (Foto 4).

El que és més interessant aquí és la presència de les galeries de minat o *contramines* com les anomenen alguns autors (FORNALS, 2006) i que no figuren en els plànols antics; n'hi ha dues: una prop de l'entrada oriental i l'altra passades les galeries transversals. Es tracta d'un conjunt de pous oberts al centre de la galeria central units per una rasa amb regates o canaletes laterals; els pous tenen uns 2 m de fondària i del seu fons surten unes galeries laterals —galeries en T—perpendiculars que a l'enfront es subdivideixen en dues, a l'enfront d'aquestes darreres hom col·locava les càrregues explosives per volar la galeria de comunicació en cas que un enemic aconseguís entrar-hi en força. Unes regates inclinades connecten el fons de les galeries en T amb les regates superiors —vid. topo Gran Galeria, secció **DD'**—. A les regates hom col·locava una mànega plena de pólvora que servia de metxa i que encenien els defensors en retirada. A l'extrem occidental la galeria es continua per una canal estreta i forçada a part i banda de l'antiga escala per on anava la metxa fins a la intersecció amb les galeries de combat. Les rases anaven tapades per cantons i terra deixant el pis ben pla. Altres cantons quedaven a la cara del pis col·locats a rebaixos damunt dels pous i a punts equidistants entre aquests; servien de registre per connectar tots els elements en cas de haver-ne de fer ús.

Una de les nombroses modificacions que podem trobar al subsòl de Sant Felip la tenim al pou més proper a l'entrada, aquí al pis de la galeria en T s'ha cavat un segon pou de 3,80 m tallant la regata inferior (vid. secció **HH'**).

A la intersecció de la galeria central amb la de combat hi ha, a part i banda, dues estances, fortins amb espitlleres per defensar l'accés al fossat del castell central (Foto 5). La galeria de combat de 40 m de llargada, 3,30 m d'amplada i 2,50 m d'alçada mostra un conjunt d'espitlleres amples que s'obrien al fossat, avui plenes d'enderrocs producte de la voladura de les cortines i el subsegüent reblit dels valls.

De la cruïlla de les galeries parteix una escala en doble colze i corba que surt a l'exterior a les ruïnes de princesa Amèlia. És una esplèndida obra de marès picat, tapada de volta en ansa-paner o d'arc carpanell (GELABERT, 1653), restaurada fa poc temps. Tanmateix sembla que originalment només tenia un colze, i que l'actual part inferior va ésser construïda després de 1789 per evitar una zona volada.

### 4—Sector Quadres

Dos elements principals formen aquest conjunt: una sala adossada al fossat meridional de la Plaça d'Armes i la galeria que la comunica amb el fossat de la contraguàrdia de Gal·les (Welsh). La sala és un rectangle de 50 m per 12 m en planta, amb una alçada de poc més de tres metres dividida en dos espais per mitjà de pilars. Al sostre s'obrin 5 pous. Va servir d'estable en temps modern, hi ha menjadores als dos extrems, per això el nom; tanmateix la disposició paral·lela al fossat i les nombroses obertures ens fa pensar que originalment era una galeria de combat a més de magatzem o allotjament per a la guarnició. La part occidental de la façana no és penya, està feta de cantons. Per mitjà de paredat comú, aterracat interiorment, hom va tancar modernament dos espais entre els pilars i el vall.

El que és prou interessant són les "capelles" que hi ha a l'enfront de la sala, en nombre de 9 i amb una amplada d'entre 3 i 4 m, aproximadament (Foto 6). Semblen producte de les obres —inacabades— d'ampliació de la sala; s'hi veuen les marques d'extracció dels cantons, aprofitats per a les obres exteriors. A mesura que treien els cantons donaven forma a les parets laterals i al sostre —en volta d'ansa-paner— especialment en alguns del sostres s'aprecia un treball de picapedrer finíssim.

La galeria té uns 30 m de llargada, és una estructura de secció complexa, resultat de diverses modificacions. Al principi té una amplada de 3 m i una alçada de 3,50 m però poc després fa un colze i al costat sud s'eixampla amb un fort canvi de secció com si l'hagués capturat una altra galeria. Al costat nord veim la porta paredada d'una galeria lateral que també té sortida al fossat. A l'enfront hi ha una escala que no sembla d'accés, ans d'extracció de maresos, perquè els graons tenen uns 35 cm d'altura; a 2,50 m d'alçada veim les marques de l'antiga porta que tancava l'accés a aquest soterrani des del vall de la contraguàrdia de Gal·les; per tant l'antic pis devia anar molt més amunt; amb línia dis-



Foto 6: "Capelles" d'extracció de cantons i d'ampliació d'una sala a les Quadres. Foto J. Florit.

Perfil 6: "Capelles" for stone extraction in the Quadres (lower) levels. Photo J. Florit.

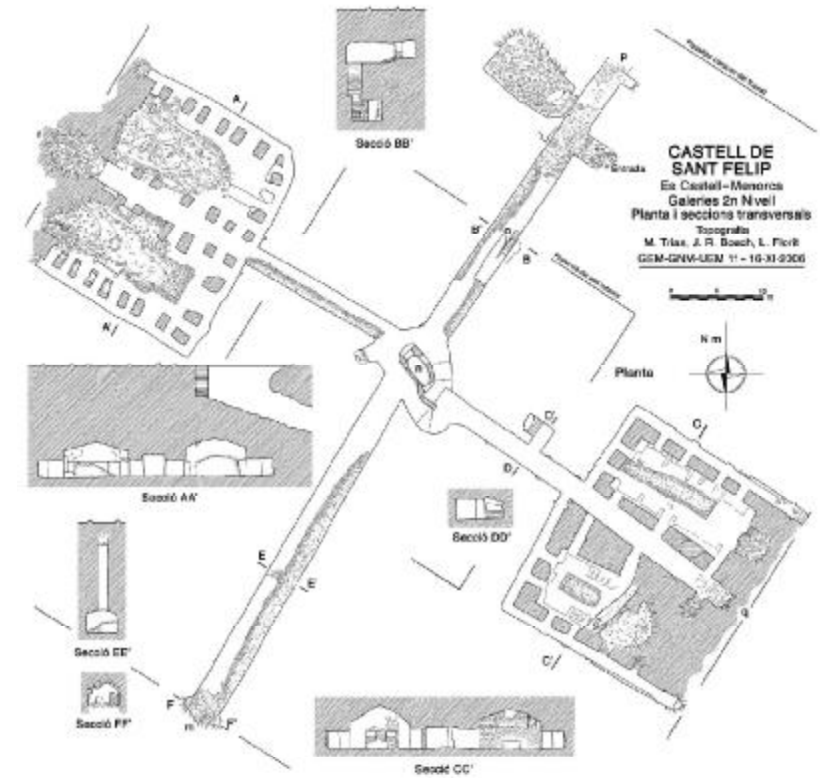
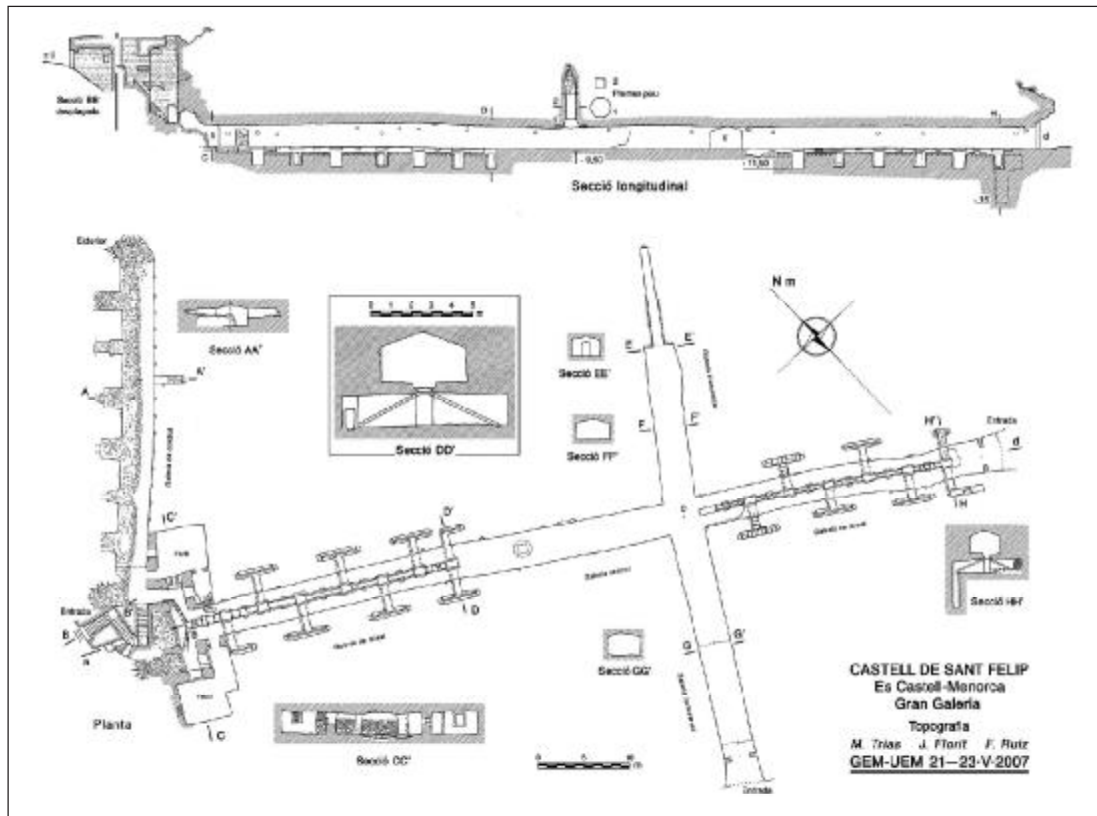
contínua clara hem dibuixat el suposat perfil de l'escala original, paral·lel al sostre. Pel que sembla, doncs, després de la voladura l'entrada a aquestes galeries pel vall queda inutilitzada, de manera que la paredon i comencen a buidar tota la penya entre el pis de l'escala i el de la galeria inferior, per aprofitar els cantons a les obres properes. Just devora la sortida al vall trobam una estança que no figura al mapa de Sowers i que és semblant a la que podem veure entre els punt **h** i **p** de la topografia del primer nivell del castell hispànic.

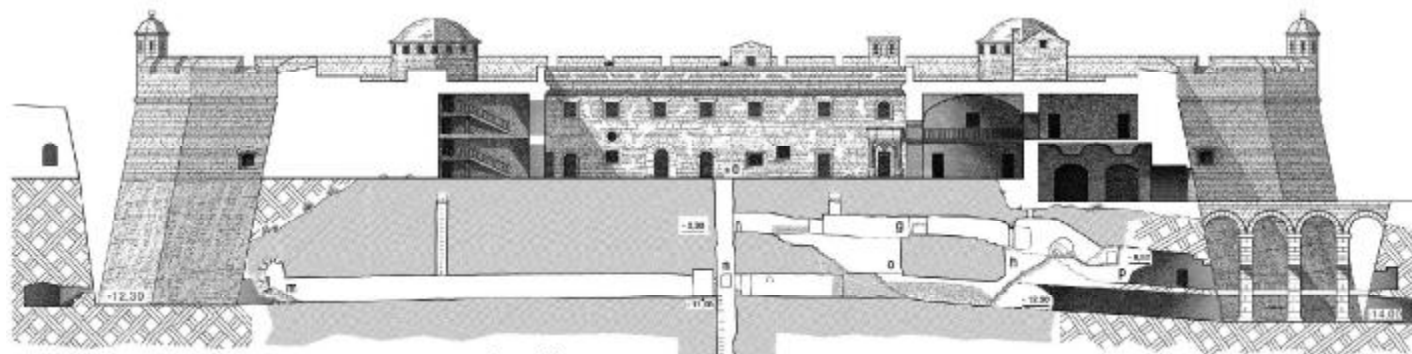
## Agraïments

Volem manifestar el nostre reconeixement a tots els companys que han volgut perdre hores davall terra per ajudar-nos en la tasca topogràfica: J. R. Bosch, F. Ruiz, G. Seguí i F. Comas. Una menció especial mereix en Josep Florit, d'una hospitalitat més enllà de qualsevol consideració i amb qui sempre hem comptat per trescar la Menorca subterrània. També volem agrair al doctor **J. Fornós** les explicacions sobre la geologia de la zona. Finalment donam les gràcies al capità Girona, responsable del Consorci, per donar-nos l'oportunitat d'emprendre una tasca tan gratificant.

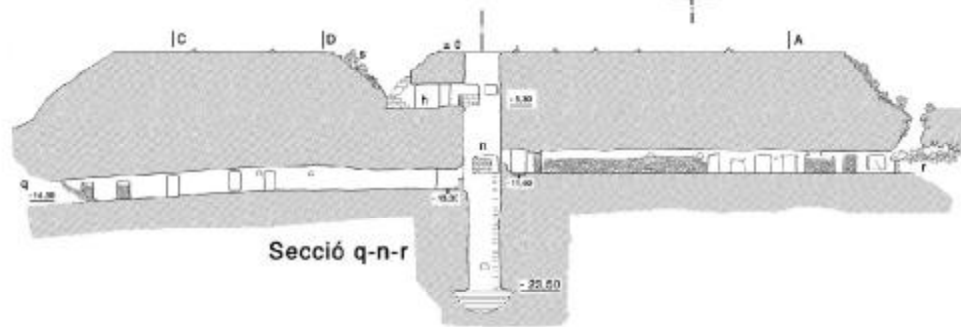
## Bibliografia

- FORNALS, F. (1996): *Castello de San Felip del puerto de Mahon*. Museo Militar Regional de Menorca. 164 pp. Maó
- FORNALS, F. (2006): *Las defensas subterráneas del castillo de San Felipe del puerto de Mahon*. Museo Militar de Menorca. 46 pp. Maó.
- GELABERT, J. (1653): *De l'art de piropar*. Institut d'Estudis Balearics (edició facsimil, 1977). 308 pp. Ciutat de Mallorca.
- HERNANDEZ, F.; PAPPAL, C.; COTRINA, J. (2002): *El Castillo de San Felipe. Construcción y su posterior demolición*. Amigos del Museo Militar de Menorca. 153 pp. Maó.
- LINDEMANN, C. F. H. (2004): *Diario del asedio de la fortaleza de San Felipe en la isla de Menorca 1781-82*. Institut Menorquí d'Estudis. 434 pp. Maó.
- LUCENA, M.; FONTENLA, J. M.; MOSTEIRO, J. L.; POMAR, I. 1997: *Palma Guia d'Arquitectura*. Col·legi Oficial d'Arquitectes de Balears. 200 pp. Ciutat de Mallorca.
- MATEU, G. (2007): *Paleoecological and sedimentological analysis of Neogene carbonate platforms in the Western Mediterranean*. Tesis inédita, Universitat Illes Balears. 352 pp. Ciutat de Mallorca.
- OBRADOR, A. i POMAR, L. (2004): *El miocè del Migjorn a l'història natural del Migjorn de Menorca*. Monografia SHNB. Ciutat de Mallorca.
- PÈNE, C. (1680): *Travaux des cartes des îles de Minorque, Minorque et de l'île de Capri en Catalogne depuis le Port de la Sève jusqu'à Barcelonne*. Manuscrit reproduit a las Balears ilustradas. F. III, 5 p131-146. Ebrisa. Barcelona.1990.
- SOWERS, T. (1754): *Subterraneous works on St. Philips Castle Minorca*.
- TERRON, J. L. (2002): *La fortaleza de San Felipe en el Puerto de Mahon*. Consorcio Museo Militar de Menorca. 235 pp. Maó
- TOUS, J. (2002): *Palma a través de la cartografía*. Ajuntament de Palma. 398 pp. Ciutat de Mallorca.

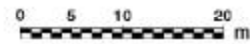




Secció m-n-o-p



Secció q-n-r



**CASTELL DE  
SANT FELIP  
Es Castell-Menorca**

Galeries 2n Nivell  
Seccions longitudinals  
Reconstrucció hipotètica  
del castell hispànic

Topografia

M. Trias, J. R. Bosch, J. Florit  
GEM-UEM-GNM 11-16-XI-2006

# LA COVA DE SA GLEDA I. SECTOR CLÀSSIC, SECTOR DE Ponent I SECTOR CINC-CENTS (Manacor, Mallorca): GEOMORFOLOGIA, ESPELEOGÈNESI, SEDIMENTOLOGIA I HIDROLOGIA

per Francesc GRÀCIA<sup>1,2</sup>, Joan J. FORNÓS<sup>2</sup>, Bernat CLAMOR<sup>1</sup>, Mateu FEBRER<sup>1</sup> i Pere GAMUNDÍ<sup>1</sup>

## Resum

El recorregut actual topografiat de la cova de sa Gleda és de 10.500 m i la profunditat màxima és de 25 m sota el nivell de l'aigua. Aquestes dades la converteixen en la major cavitat subaquàtica litoral de la zona de mescla a nivell europeu. La cova de sa Gleda presenta un perfil hídric estratificat, que posseeix fins a 5 capes de diferent salinitat. S'han estudiat tres dels cinc sectors de la cova i amb aquesta visió preliminar podem dir que la cavitat és un conjunt de sales d'esfondrament connectades entre sí o mitjançant galeries freàtiques, bé de secció circular, el·líptica o irregular o bé de control estructural.

A tota la cavitat es presenten morfologies de corrosió de diferents tipus i de grau d'intensitat. La distribució de les zones amb formacions primàries i les àrees d'esfondraments són oposades. Les més interessants són les regates de corrosió, ben marcades i molt clares que han afectat per igual a la roca mare de parets i als espeleotemes. La localització més bona és la que es troba al llarg de més de 150 m de la galeria més central de les galeries de les Haloclines, a la cota d'entre -13,5 i -14 m i penetra a les parets i espeleotemes entre 0,3 m i 1 m. Una localitat molt il·lustrativa dels processos de corrosió actuals de la zona de mescla és la sala Francesc Ripoll a on l'haloclina, situada aproximadament entre els -10,7 m i els -11,5 m (segons sigui estiu o hivern en funció de les precipitacions) ha deixat molt malmeses les columnes en una franja d'entre -10 m i -12,3 m. Així posseeixen un important aprimament causat per la dissolució que encercla les formacions secundàries.

Bona part del trespol de la cavitat està recobert de sediments llimosos que presenten dues característiques força diferenciades. Per una banda tenim els materials llimosos vermells de composició silícia que es relacionen amb les entrades externes de la cavitat, i per altra banda observem els llims groguencs carbonatats, resultat de l'acumulació deguda a la descomposició granular de la roca calcarenítica miocena, i en ocasions, a l'acumulació d'agregats de calcita flotant en aquelles parts en les quals s'hi observen cambres d'aire. És freqüent la presència de mescles de tots els materials, així com les acumulacions de grans blocs degudes als esfondraments de sòtil i parets.

Un altre aspecte destacat de la cavitat són els espeleotemes freàtics, relacionats amb antics nivells d'estabilització i precipitació de la superfície de les aigües subterrànies, controlats a la vegada per les oscil·lacions del nivell marí durant el Quaternari. Aquests estan presents en forma de revestiments de cristalls damunt parets i espeleotemes vadosos formant sobrecreixements que es disposen en forma anular, envoltant estalactites, estalagmites i columnes. La presència d'aquests engrossiments per precipitació epiaquàtica és molt notòria, formant unes morfologies sovint impressionants que caracteritzen moltes de les galeries i sales de la cavitat.

## Resumen

El recorrido actual topografiado de la Cova de sa Gleda es de 10.500 m y la profundidad máxima es de 25 m bajo el nivel del mar. Estos datos la convierten en la mayor cavidad subacuática litoral de la zona de mezcla a nivel europeo. La Cova de sa Gleda presenta un perfil hídrico estratificado, que posee hasta 5 capas de diferente salinidad. Se han estudiado tres de los cinco sectores de la cueva y con esta visión preliminar podemos decir que la cavidad está constituida por un conjunto de salas de hundimiento conectadas entre sí o mediante galerías freáticas, bien de sección circular, elíptica o irregular o bien de control estructural.

1 Grup Nord de Mallorca (GNM). Pollença.  
email: xescgracia@yahoo.es

2 Dept. Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears (UIB).  
email: joan.fornos@uib.es

En toda la cavidad se presentan morfologías de corrosión de diferente tipología y grado de intensidad. La distribución de las zonas que presentan formaciones primarias y áreas de hundimiento es opuesta. Las más interesantes son las entalladuras de corrosión, bien marcadas y muy claras, que han afectado por igual a la roca madre de paredes y a los espeleotemas. La localización mejor es la que se encuentra a lo largo de más de 150 m de la galería más central de las Galerías de los Haloclines. Se localiza en la cota de entre -13,5 y -14 m y penetra en las paredes y espeleotemas entre 0,3 m y 1 m. Una localidad muy ilustrativa de los procesos de corrosión actuales de la zona de mezcla es la Sala Francesc Ripoll en donde la haloclina, situada aproximadamente entre los -10,7 m y los -11,5 m (según sea verano o invierno en función de las precipitaciones) ha dejado muy maltrechas las columnas en una franja de entre -10 m y -12,3 m. Estas poseen una importante estrechez causada por la disolución que circunvala las formaciones secundarias.

Buena parte del suelo de la cavidad está recubierto de sedimentos limosos que presentan dos características marcadamente diferentes. Por un parte tenemos los materiales limosos rojos de composición silícica que se relacionan con las entradas externas de la cavidad, y por otra parte observamos los limos amarillentos carbonatados, resultado de la acumulación debida a la descomposición granular de la roca calcarenítica miocena, o bien a la acumulación de agregados de calcita flotante en aquellas partes en las cuales se observan cámaras de aire. Es frecuente la presencia de mezclas de todos los materiales, así como las acumulaciones de grandes bloques debidas a los hundimientos de techo y paredes.

Otro aspecto destacado de la cavidad son los espeleotemas freáticos, relacionados con antiguos niveles de estabilización y precipitación de la superficie de las aguas subterráneas, controlados a su vez por las oscilaciones del nivel marino durante el Cuaternario. Estos están presentes en forma de revestimientos de cristales sobre paredes y espeleotemas vadoseos formando sobrecrecimientos que se disponen en forma anular, envolviendo estalactitas, estalagmitas y columnas. La presencia de estos engrosamientos por precipitación epiaquática es muy notoria, formando unas morfologías de precipitación a menudo impresionantes que caracterizan muchas de las galerías y salas de la cavidad.

#### **Abstract**

The present survey length of Cova de sa Gleda is 10,500 m and its maximum depth is -25 m. These figures make this cave the largest in Europe for a littoral mixing-zone cave. Cova de sa Gleda has a stratified hydro-profile, with up to five different saline layers. Three of the five sectors of the cave have been studied and with this preliminary view we can say that the cave is a series of breakdown chambers which are connected with each other either by phreatic galleries, circular, elliptic, or irregular in section, or by structurally controlled galleries.

Throughout the cave different and varied types of corrosion morphologies can be found. The distribution of areas with primary formations and areas of breakdown are opposed. The most interesting formations are the corrosion notches, being both clearly and well marked, and which have affected wall bedrock and the speleothems equally. One of the best places for them is found along 150 m of the most central passages belonging to the Haloclines gallery, at a depth between -13.5 and -14 m, and they cut into the walls and speleothems between 0.3 and 1 m. A good place for illustrating the present corrosion processes in the mixing zone is the Francesc Ripoll chamber where a halocline, lying approximately between the -10 and -12.3 m (the depth depends on the season and the rainfall), has left the columns very deteriorated in a band between -10 and -12.3 m. Likewise the secondary formation have an important narrowing round them caused by dissolution.

Most of the cave floor is covered by muddy sediment which are marked by two very different characteristics. On the one hand we have the red mud materials with a silicic composition which are related to the external entrances of the cave, and on the other hand we have yellowish carbonate mud from either the accumulation of Miocene calcarenitic rock following its granular decomposition, or the accumulation of floating calcite in the parts of the cave where air bells have been seen. The mixing of all the materials is also frequent as well as the accumulation of large blocks following roof and wall breakdown.

Another noteworthy aspect of the cave are the phreatic speleothems, which are related to previous levels of stability and are precipitation of the groundwaters, which were in turn controlled by Quaternary sea-level oscillations. These are found as crystal coatings on walls and vadose speleothems forming ring-shaped overgrowths round stalactites, stalagmites and columns. The presence of these overgrowths caused by epiaquatic precipitation is very noticeable and has led to often impressive precipitation morphologies which characterise many of the cave's chambers and galleries.



## Introducció

La cavitat està situada a la marina de Manacor, a la possessió de Son Josep Nou, a 36 m sobre el nivell del mar i a una distància aproximada del litoral de 1,7 km (Fig. 1). Les seves coordenades UTM són: 523805 / 4372315 – 36. La cavitat està emplaçada dins zona d'Àrea Rural d'Interès Paisatgístic (ARIP) i és un Lloc d'Interès Comunitari (LICs) conforme als criteris generals establerts per el Consell d'Europa, a la convenció de Berna sobre la conservació dels hàbitats naturals (recomanació especial num. 36 del Comitè Permanent -1992-concernent als animals i als hàbitats subterranis) (PONS *et al.*, 2001). El complex subterrani, juntament amb les dolines d'esfondrament (relacionades amb la pròpia cavitat), així com el conjunt càrstic de la zona de Son Josep, Cala Varques i Can Frasquet, fan d'aquesta zona una part fonamental del patrimoni natural mallorquí ja que representa un elevat interès paisatgístic, científic, naturalístic i cultural. Part de l'interès que posseeix està en la singularitat d'aquesta gran cavitat litoral de la zona de mescla, que de moment és la de major recorregut subaquàtic d'Europa amb aquesta gènesi. Les dimensions volumètriques d'algunes sales i galeries són impressionants a nivell mundial. Les formacions que presenta tant primàries o de corrosió, com secundàries o de precipitació, són d'una gran bellesa, diversitat i interès científic.

La cova es desenvolupa dins els nivells de la Unitat d'Esculls del Miocè superior, formada per calcarenites bioclàstiques amb acumulació de restes de mol·luscs; són els materials més carstificables. Per damunt es troba el nivell del complex de manglars, que presenta una potència aproximada d'uns 6 m i sobre aquest es disposa la unitat Oolítica, ambdós del Complex Terminal (Calcàries de Santanyí), més uniforme i superior als 10 m de potència. Aquesta capa superior forma els primers metres de l'esfondrament que ha permès l'obertura a l'exterior de la xarxa subterrània (FORNÓS *et al.*, 1989).

S'ha pogut realitzar una primera fase de l'estudi interdisciplinari de la cavitat gràcies al projecte d'investigació sufragat per la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007.

## Història resumida de les exploracions

**1974** - S'efectua la topografia de la sala d'Entrada per part d'espeleòlegs de l'Speleo Club Mallorca (SCM) l'any 1974 (FORNÓS *et al.*, 1989). En aquesta primera fase, el mallorquí Francesc Ripoll, també de l'SCM, rea-

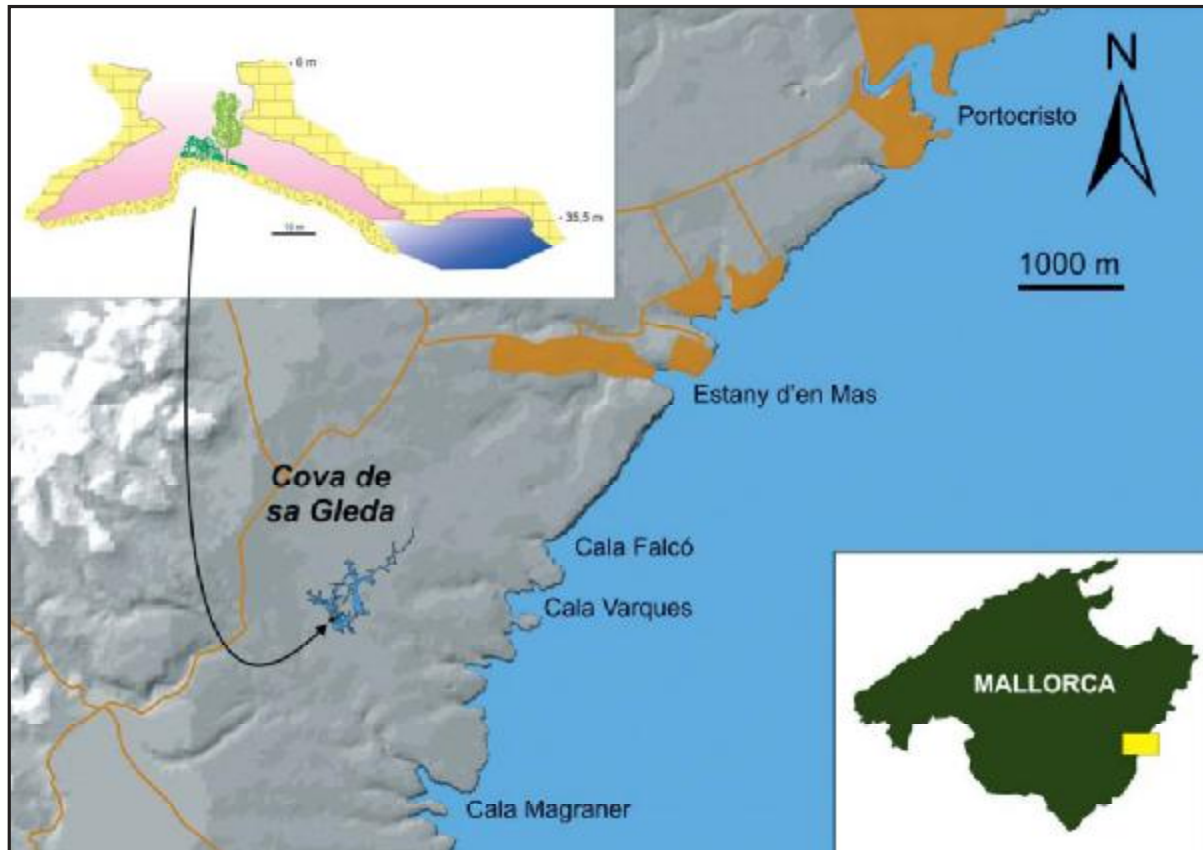


Figura 1: Localització de la cova de sa Gleda i secció de la sala d'Entrada efectuada per part d'espeleòlegs de l'Speleo Club Mallorca (SCM) l'any 1974 (FORNÓS *et al.*, 1989).

Figure 1: Localization of Cova de sa Gleda and section of its entrance chamber carried out by cavers from the Speleo Club Mallorca (SCM) in 1974 (FORNÓS *et al.*, 1989).

litzà la primera immersió al llac d'entrada, descobrint la sala que porta el seu nom i la cambra d'aire central (Figs. 1 i 2).

**1990 - 1996** - A la dècada dels 90 la sala Francesc Ripoll és explorada en diverses ocasions per diferents grups procedents de Gran Bretanya (CLARKE, 1991-92), sense aconseguir trobar continuacions importants. L'espeleobussejador gal·lès Martyn Farr elaborà un croquis del que es coneixia en aquell moment, -uns 250 m de recorregut subaquàtic- (FARR, 1997-98).

**1997** - A les darreries de 1997 s'inicien els treballs d'exploració i topografia de les zones submergides per part del Grup Nord de Mallorca (GNM). Al final de la sala es descobreix un pas (el Portell), que s'instal·la parcialment, deixant-lo per comeses posteriors. Mentre es preparava l'atac a la zona, la cova és visitada per escafandristes britànics que prossegueixen a partir de les guies mallorquines i continuen uns 250 m per una galeria que, fent un gran voltera (circuit dels Pirates), es dirigeix de tornada de cap a la sala Francesc Ripoll.

**1998** - El GNM explora algunes galeries laterals del circuit dels Pirates (com ara la sala del Cendrar); també es descobreixen les galeries dels Gemecs i s'aconsegueix forçar el pas de la Corrosió. Queda preparat l'accés cap al sector de Ponent.

**1999** - Es descobreix la sala dels Dos Llacs, la galeria dels Degotissos, les galeries de les Haloclines i la sala dels Paleonivells. La troballa i superació del pas d'en Judes, permet penetrar en el sector Cinc-cents;

exploració de la galeria Cinc-cents i de la galeria de les Còniques. Superació del pas de l'Apocalipsi, que possibilita accedir al sector de la Unió des del sector de Ponent. Exploració del sector de la Unió des del sector Cinc-cents.

**2000** - Troballa del sector de Gregal, a partir del descobriment de la galeria de les Plomes. Connexió de galeries en el sector de la Unió. Realització de multitud d'exploracions en aquest sector.

**2001** - S'assoleix la punta més extrema d'exploració al sector de Gregal (distància màxima lineal) de 1700 m/-19 m, repartida entre 234 m/-19 m i 1466 m/-17 m. Al llarg dels anys 1997-2001, el GNM efectuà més de 160 dies d'immersions (GRÀCIA *et al.*, 2001).

**2002 - 2007** - Aquests anys s'ha pogut realitzar, al llarg de 140 dies d'immersions, una primera fase de l'estudi interdisciplinari del sistema gràcies al projecte d'investigació sufragat per la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007.

## Aspectes tècnics

Les tasques han suposat fins ara 300 dies d'immersions que s'han efectuat al llarg d'11 anys. El nombre d'escafandristes per jornada oscil·lava entre 1 i 4. S'ha emprat la tècnica anglesa de portar les botelles col·loca-



Figura 2: Vista hivernal de la sala d'entrada amb les figueres desprovesides de fulles i el terra cobert de briòfits (Foto C. Bodi).

Figura 3: *Winter view of the cave entrance chamber with the fig trees without leaves and the ground covered with moss (Photo C. Bodi).*

Figura 3: Preparatiu d'immersió per part d'espeleòlegs del Grup Nord de Mallorca (GNM) al llac d'entrada. Durant el període comprés entre els anys 1997-2007 el Grup Nord de Mallorca ha efectuat més de 300 dies d'immersions a la cavitat (Foto P. Gamundi).

Figure 3: *Cavers from the Grup Nord de Mallorca (GNM) preparing to dive in the entrance pool. Between 1997 and 2007, the Grup Nord de Mallorca spent more than 300 diving days in the cave (Photo P. Gamundi).*



des lateralment, amb modificacions d'influència americana, com és la de dur plaques per ancorar les ampolles (Fig. 3). La quantitat de botelles de busseig per espeleòleg ha estat compresa entre 2 i 5, segons la llunyania i fondària dels sectors de la cova i la feina a realitzar. La capacitat de les ampolles ha estat de 20 l, 18 l, 15 l, 12 l, 10 l i 5 l. S'ha utilitzat normalment aire la major part dels anys, excepte nítrix l'any 2007 per part d'alguns membres de l'equip, encara que amb ordinadors i càlculs per aire. La duració de les immersions habituals estan compreses entre 2 i 3'5 hores. Els temps de descompressió ha arribat a ésser de 45 minuts, ja que alguns sectors superen habitualment els 17 m de fondària i assolixen els 25 m (sector de la Unió, alguns llocs del sector de Ponent) i hi ha zones de la cavitat situades molt enfora (puntes del sector de Gregal a 1.700 m).

El mètode de treball per fer la planimetria de la major part de la cavitat ha estat el següent: primer s'explora instal·lant el fil-guia numerat cada 5 m; a llocs molt concrets, es prenen poligonals amb cinta mètrica entre dos bussejadors. En dies posteriors es prenen les dades de les poligonals amb la brúixola, les guies marcades i l'ordinador. Es torna a les zones de treball amb les poligonals traçades en paper mil·limetrat submergible i es dibuixen els contorns de les parets. Per realitzar les seccions s'hi torna posteriorment (permetent així que el fang aixecat per les aletes dels espeleòlegs sedimenti) i es prenen dades de fondària del sostre i del fons a partir de les poligonals ja traçades; posteriorment amb les dades ja passades a paper es dibuixen els sostres i el terra. Per fer les seccions de dimensions considerables utilitzam el mateix sistema que l'emprat per fer les poligonals. Aquest sistema topogràfic implica molts dies de treball, però una vegada efectuat permet obtenir més precisió i informació topogràfica de la cavitat.

## Descripció general de la cavitat

El recorregut actual projectat topografiat és de 10.500 m i la profunditat màxima és de 25 m sota el nivell de l'aigua, xifres que la converteixen en la major cavitat subaquàtica de l'Estat Espanyol. La direcció predominant de la cova és de NE-SW, encara que moltes de les galeries es prolonguen en direccions diferents (Fig. 4). La cavitat s'obre a l'exterior, a uns 36 m sobre el nivell de la mar, per un espectacular abissament que comunica amb una sala amb la zona E ocupada per un llac. La cavitat es compon d'un conjunt de sales i galeries de molt diverses dimensions i direccions que agrupam en cinc sectors, que en ordre cronològic pel que fa als descobriments són: sector Clàssic, sector de Ponent, sector Cinc-cents, sector de la Unió i sector de Gregal. El sector Clàssic està situat al S, el sector de Ponent al NW, el sector Cinc-cents parteix des del costat oriental del sector Clàssic i es desenvolupa gairebé en direcció general N, el sector de la Unió enllaça el sector Cinc-cents per diferents indrets amb el sector de Ponent i finalment el sector de Gregal avança en clara direcció NE.

### SECTOR CLÀSSIC

El sector Clàssic, està format per tres sales importants (sala d'Entrada, sala Francesc Ripoll i sala del Cendrar) i diverses galeries (circuit dels Pirates i galeries dels Gemecs) que les comuniquen entre sí i amb altres sectors. El recorregut subaquàtic és d'uns 2.000 m.

La **sala d'Entrada** de 72 x 44 m de dimensions màximes, està presidida pel gran esfondrament central de 30 x 18 m que la comunica amb l'exterior i a la vega-

da la subdivideix en dues zones (Figs. 1 i 2). La zona E del llac, és de major superfície i presenta diferents modificacions antròpiques i estructures realitzades per facilitar l'aprofitament de l'aigua. La situada en direcció oposada, al vessant W del con de materials, està recoberta d'una colada estalagmítica, revestida a la vegada per abundants cianobacteris que la tenyeixen amb un color blau-verdós, el mateix que succeeix amb les parets i sostres de gairebé tota la sala d'Entrada. En aquest darrer lloc, un pas molt estret entre blocs permet accedir també al nivell freàtic. Al terra són visibles senyals en forma de solcs molt marcats que evidencien que esporàdicament l'aigua corre amb força i erosiona en alguns llocs i sediments en altres.

La **sala Francesc Ripoll** sembla la continuació submergida de la pròpia sala d'Entrada. Es caracteritza pel seu volum (100 x 80 m) i decoració, ja que són abundants els grans massissos estalagmítics i altres espeleotemes que aporten una gran majestuositat (Fig. 6), excepte a la part central. L'alçària del sostre oscil·la entre valors positius de 2 m a la cambra central d'aire fins a -18 m als costats de la sala. Els valors més freqüents del sostre estan compresos entre -1,2 i -6 m. El pis de la sala presenta una certa regularitat, ja que la fondària sembla que està entorn dels -12,5 m, llevat dels costats, com ara el S on la fondària assoleix els -20 m. Ens resulta una alçària mitjana de 10 m i màxima de 12,5 m, sense comptar la cúpula d'aire situada en posició gairebé central que representaria 14,5 m d'alçada. La meitat occidental de la sala està tancada per parets o revestiments litoquímics, mentre que just a peu del llac d'entrada s'obren els accessos a les galeries dels Gemecs.

La **sala del Cendrar** constitueix la tercera sala en importància del sector. Parteix del circuit dels Pirates en direcció SE i comunica amb ell per dos llocs que disten entre sí uns 20 m. Als 20 m d'entrar s'aprecia que es tracta d'una sala d'esfondrament amb el rost de l'esbaldregall d'E a W. Les seves mides màximes aproximades són 60 m de llargària per 40 m d'amplària. Una tercera part de la sala (el costat E) és aèria, sobresortint per defora de l'aigua, amb la seva part N recoberta de colades estalagmítics, que es perllonga sota les aigües. Un passatge submergit entre blocs caiguts, d'una vintena de metres, permet progressar més enllà de la sala devers seixanta metres en un ambient molt caòtic i irregular.

El **circuit dels Pirates** és una circumval·lació de galeries d'uns 300 m de llargària que parteix de dos llocs, relativament propers de la sala Francesc Ripoll, una mica dissimulats per massissos estalagmítics i columnes. Al llarg del seu recorregut, en forma el·líptica i de direcció NE, talla per dos llocs, distants entre sí una cinquantena de metres, les galeries dels Gemecs. Enfront de la segona galeria dels Gemecs (al costat dret del circuit) s'obre una galeria totalment adornada d'espeleotemes freàtics que porta a una sala molt decorada. Uns trenta metres després parteix una galeria de -12 m de fondària que en direcció N avança uns 45 m fins que es fa massa baixa per poder progressar més. Als 200 m de l'entrada del llac arrenca el pas d'en Judes, de devers 34 m, que permet passar al següent sector. Si se segueix 70 m més de galeria pel circuit dels Pirates, ara en direcció S, trobarem al costat SE l'accés a la sala del

Cendrar. Uns 85 m més endavant es troben alguns passos angostos, tal com el **Portell**, que indica que s'està a poca distància de la sala Francesc Ripoll.

Les **galeries dels Gemecs** parteixen de la base N del rost del llac d'entrada i enllacen amb el circuit dels Pirates a dos llocs diferents i totalitzen gairebé 400 m de recorregut. La fondària del terra generalment és d'uns 14 a 15 m. Predominen les morfologies de corrosió que afecten també als espeleotemes segons la fondària a la qual es troben. La roca en molts d'indrets està molt descomposta, afectada pels processos de dissolució de la zona de mescla d'aigües. En alguns àmbits hi ha dos nivells diferents de galeries que localment estan fusionades parcialment o total. Les amplades generalment estan compreses entre els 4 i 8 m, encara que localment es troben llocs que s'estrenyen a menys de 1,5 m.

## SECTOR DE PONENT

El sector de Ponent, de direcció W-NW, únicament està comunicat amb la resta de la cova per dos accessos molt difícils: el pas de la Corrosió i el pas de l'Apocalipsi. La sala dels Dos Llacs, conseqüència d'un pretèrit esfondrament, configura una part important del sector. L'amplia i decorada galeria dels Degotissos continua en les galeries de les Haloclines, en les quals predominen les morfologies de corrosió. De la sala dels Dos Llacs parteix com a continuació natural la sala dels Paleonivells.

Una vegada superat el pas de la Corrosió, abans d'arribar a la sala dels Dos Llacs, que és genèticament continuació d'aquesta, es localitza una galeria en alguns llocs molt ornamentada que assoleix més de 20 m de fondària i es dirigeix cap a la sala d'Entrada, sense que es pugui passar directament, encara que la presència de troncs d'arbres i l'observació topogràfica mostren la relació entre ambdues zones. Dues grans columnes presideixen aquest àmbit, juntament amb espeleotemes associats a gours.

La **sala dels Dos Llacs**, única part terrestre de tot el sector, fa 54 m de llargària per 40 m d'amplària. Es tracta d'una sala d'esfondrament, amb la part central relativament recent, ja que no presenta cap tipus d'espeleotema. Únicament s'observen blocs molt blancs caiguts de parets i sostre. És possible superar l'esfondrament pel costat W, mitjançant dos passos situats a cotes -1,5 i -3,5 m, entre blocs i lloses caigudes, que per molt poc no tanquen completament l'accés subaquàtic. Aquests angostos connecten els dos llacs de la sala: el que es localitza primer al SW, una vegada passades les galeries dels Gemecs, amb el que presenta al N. Des d'aquest darrer es davalla progressivament cap a la galeria dels Degotissos, molt decorada per espeleotemes.

La **sala dels Paleonivells** s'inicia amb la continuació, rost avall, de la pròpia sala dels Dos Llacs, que també per molt poc no obstrueix totalment l'accés. Una vegada que se superen les dificultats d'aproximació s'assoleix una sala de pis i sostre plans, de dimensions màximes 58 x 26 m. El sostre es troba a -13,4 m de fondària i el pis a -15,8 m. El més assenyalat és la presència d'abundants espeleotemes freàtics corresponents a la cota de -15 m, molts d'ells formats al voltant d'esta-

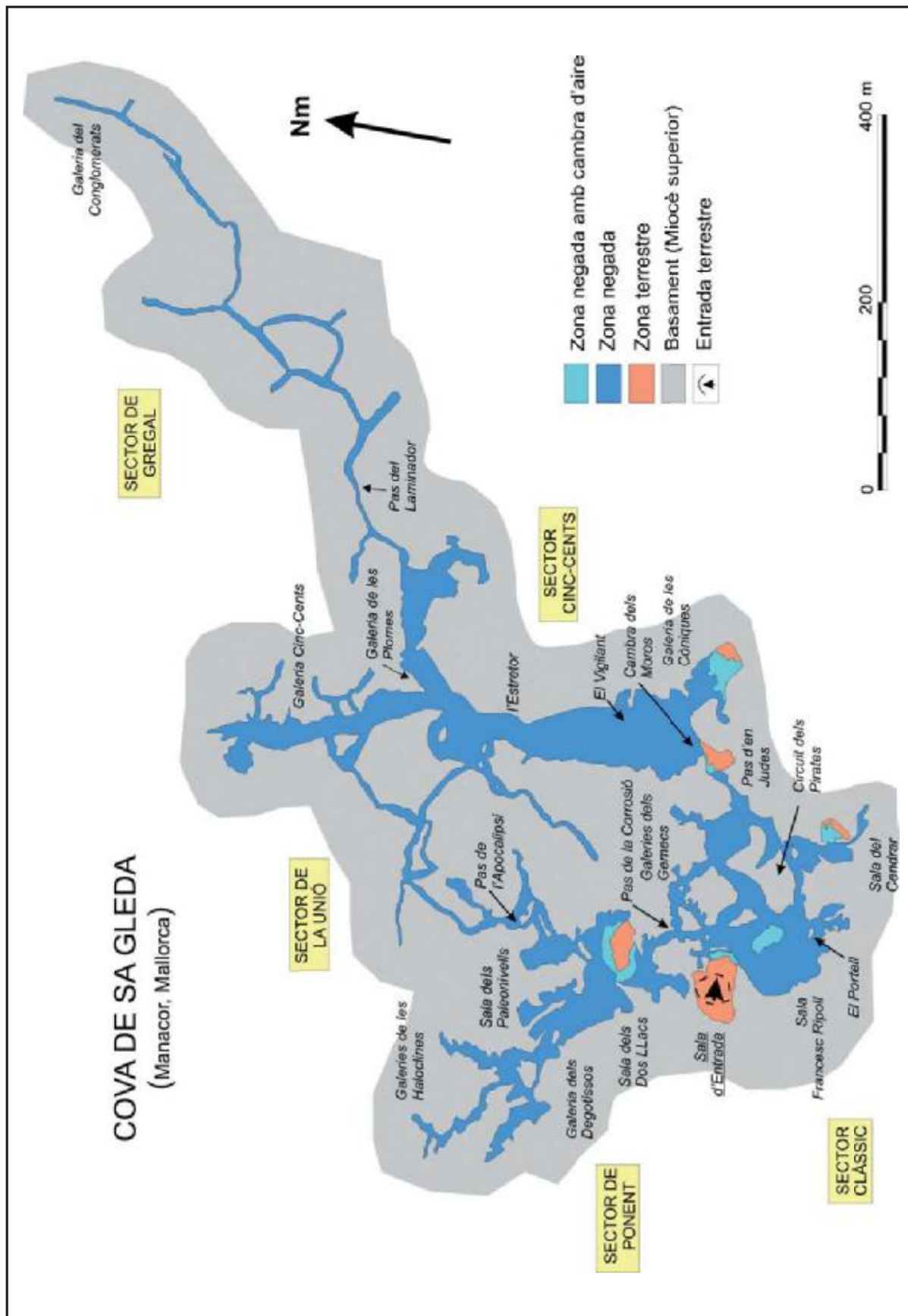


Figura 4: Plànol i toponímia de la cavitat

Figure 4: Map and toponymy of the cave.



Figura 5: Els massissos estalagmítics i les impressionants colades parietals combinades amb estalactites, que descendeixen fins a les zones més pregones, són freqüents a la galeria dels Degotissos del sector de Ponent (Foto C. Bodi).

Figura 5: Stalagmitic masaria and impressive wall flowstone combined with stalactites which descend in the deeper zones are frequent in the Degotissos passage in the Ponent sector (Photo C. Bodi).

lactites fistuloses que s'han dissolt amb posterioritat a la part superior. A poc més de la meitat de la sala i en direcció NE s'obre un laminador que comunica amb el sector de la Unió.

La **galeria dels Degotissos** parteix de l'W de la sala dels Dos Llacs i es pot considerar com a subdividida en dues parts per la diferent fondària i, especialment, per la presència de massissos estalagmítics. Al primer àmbit, zona de menys fondària i més voluminosa, destaquen els massissos estalagmítics i les impressionants colades parietals que descendeixen fins a les zones més pregones (Fig. 5). Les colades estan combinades amb estalactites i espeleotemes freàtics que li atorguen una gran bellesa. Algunes morfologies esponjiformes de gran intensitat es troben al pis de la galeria. La distància lineal és d'uns 135 m i 56 m l'amplària màxima. La zona més concrecionada i més fonda, fins a -25 m, està localitzada al costat NE, a on els espeleotemes freàtics són molt abundants, així com altres formes de precipitació, especialment les estalactites fistuloses i les excèntriques. Aquestes arriben a formar boscos de formacions que subdivideixen l'espai.

Les **galeries de les Haloclines** s'inicien al NW de la galeria dels Degotissos en forma de dues galeries gairebé paral·leles situades a diferent cota, que connecten amb tres galeries més que li confereixen topogràficament l'aspecte d'una forca. De les dues galeries de partida, la més occidental, d'uns 65 m de llargària és la que presenta menor fondària, entre -10,2 m i -11,5 m

i una amplada entre 2 m i 13 m. Les haloclines actuals l'afecten plenament i sembla que existeixen processos actius de dissolució, ja que la roca està molt descomposta per la corrosió associada a la zona de mescla. Abunden les morfologies esponjiformes a nivell de mesoformes, formades especialment per penjants, esperons i pinacles. S'ajunta amb la galeria inferior mitjançant un balcó a on assoleix els 17 m de fondària. La galeria inferior, paral·lela a aquesta, arrenca de la galeria dels Degotissos mitjançant una zona amb abundants formacions litoquímiques que tanquen quasi l'accés. Es troba en un nivell inferior amb el pis a -18,3 m de fondària, i una amplada considerable de fins a 14 m, que després de recórrer 65 m assoleix unes mides de 40 m x 25 m. Les colades parietals, massissos estalagmítics, estalactites, estalagmites i els espeleotemes freàtics caracteritzen aquest tram. Des d'aquí parteixen dos ramals importants i 25 m més endavant sorgeix la tercera branca, al lloc on conflueix l'anterior galeria de nivell superior. La galeria situada més a ponent, de 100 m de longitud, entre -14 i -16,5 m de fondària i 19 m d'amplària màxima, s'inicia amb sales freàtiques circulars i amb les morfologies similars a la galeria superior de la qual s'origina. La zona terminal i més fonda canvia totalment d'aspecte, predominant els espeleotemes, entre els quals abunden els freàtics. La galeria central de la forca, la de més llargària de les tres (150 m de longitud), 18,5 m de profunditat del terra i amb valors d'amplària entre 5 i 17 m, és la més interes-

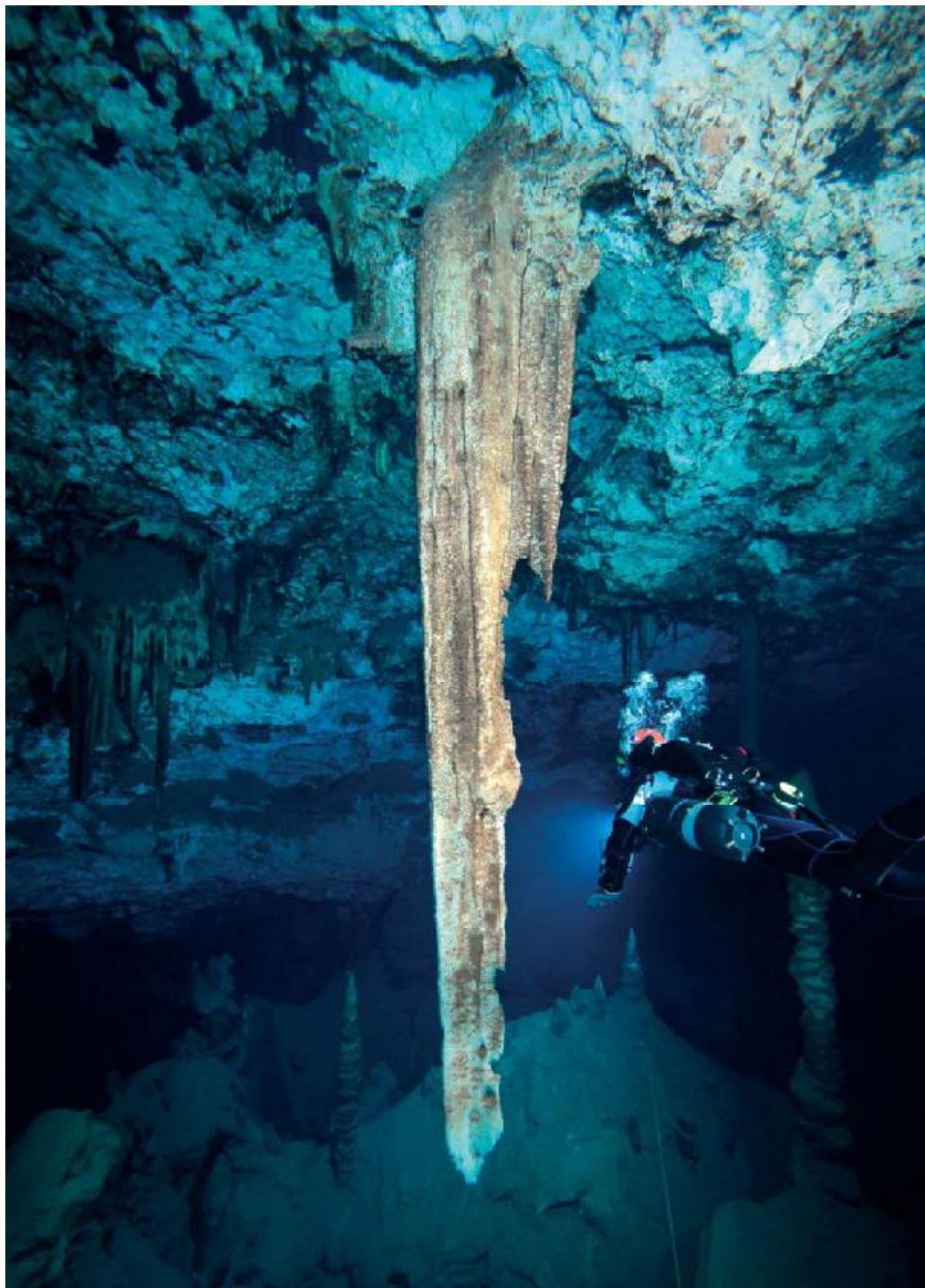


Figura 6: La sala Francesc Ripoll (sector Clàssic) és la continuació de la sala d'entrada i es caracteritza pel gran volum (100 x 80 m) i la majestuositat de les formacions litoquímiques que enclou, moltes afectades per processos de corrosió (Foto C. Bodi).

Figure 6: The Francesc Ripoll caverns (Classic sector) is the continuation of the entrance chamber and is characterized by its large volume (100 x 80 m) and the majestic speleothems that it contains, many of which have been affected by corrosion processes (Photo C. Bodi).



Figura 7: Amb una longitud lleugerament superior al seu nom, la galeria Cinc-cents (sector Cinc-cents) representa la galeria de major volum de les que es coneixen actualment a les Balears (Foto C. Bodi).

Figura 7: With a length slightly greater than its name, the Cinc cents gallery (Five hundred metres) is the passage with the greatest volume known on the Balearic Islands (Photo C. Bodi).

sant per les morfologies de corrosió que presenta. Al llarg de més de 150 m les parets estan marcades per una regata de corrosió a -13,5 m de cota que afecta a la roca mare, a massissos estalagmítics i als recobriments litoquímics parietals. El nivell de corrosió està molt marcat i forma un solc perfecte, associat en alguns llocs a facetes, galeries iniciadores, cambres freàtiques circulars i altres morfologies de corrosió. La roca, de gran duresa, només presenta aquestes formacions primàries i contrasta totalment amb les altres zones de les galeries de les Haloclines, de roca descomposta i predomini de morfologies espongiformes a nivell de mesoformes. La distància lineal màxima des del llac d'entrada és de 507 m, dels quals 329 m corresponen a la distància des de la sala dels Dos Llacs. La tercera i més oriental galeria, de 65 m de longitud, fondària del terra d'uns -17,2 m i amplades compreses entre els 5 i els 16 m, se sembla més a la galeria occidental, ja que la roca està molt desfeta pels processos corrosius.

## SECTOR CINCCENTS

El sector Cinc-cents s'inicia a mitjan recorregut del circuit dels Pirates (uns 225 m), en aproximar-se a un gran esfondrament sotaiguat que destaca a distància. Els blocs i pedres, de tota mida, per molt poc no tanquen la comunicació; és el pas d'en Judes, d'uns 25 m de llargària, que des del sector Clàssic permet l'accés a

la impressionant galeria Cinc-cents, de 350° de direcció. El pendent d'enderrocs de l'esfondrament ha generat una petita cambra d'aire abans del pas i també la **cambra dels Moros**, just passat l'estretor. El perímetre d'aquest gran col·lapse supera el centenar de metres. Un pic passat el pas, el protagonista és la gran foscor que no és mitigada amb els llums dels focus. Es tracta d'una extraordinària galeria de més de cinc-cents metres de longitud, amb una amplada que assoleix en alguns llocs els 80 m i l'alçària els 12 m.

La **galeria de les Còniques** es localitza en direcció E, després de recórrer 80 m, des de la sortida del pas d'en Judes, flanquejant els blocs de l'esfondrament. El seu recorregut és d'uns 72 m lineals i 14 m de profunditat del terra, que després de superar diverses columnes centrals de gran bellesa, finalitza en una important sala d'aire terminal. En el fons del llac, les estalagmites còniques són les morfologies amb més rellevància i donen nom a la galeria i a la sala. Les dimensions màximes són de 45 x 28 m. Presenta una zona planera de fang i pedres, amb petit pendent, a on són visibles solcs provocats per l'aigua que procedeix de la zona superior i que penetra per l'antic esbucament, actualment incomunicat amb l'exterior. La presència de fragments de ceràmica, ossos de vertebrats i excrements de ratolí recolzen aquesta hipòtesi. El costat situat més a ponent té un acusat pendent, que ascendeix gairebé una quinzena de metres entre els grans blocs caiguts. La totalitat del col·lapse supera el centenar de metres de perímetre.





Figura 8: "El Vigilant", estalagmita d'uns 8 m d'alçada que emergeix dins el gran buit fosc de la galeria Cinc-cents (Foto C. Bodi).

Figura 8: "El Vigilant" (the Watchman), a 8 metre high stalagmite standing in a large black void in the Five-cent gallery (Photo C. Bodi).

La **galeria Cinc-cents**, d'una llargària lleugerament superior al seu nom, representa la galeria de major volum de les que es coneixen actualment a les Balears, amb 80 m d'amplària en alguns llocs del començament i amb valors mitjans de 45 m d'amplada, disminueix lleugerament les dimensions fins els 20 i 30 m als darrers 200 m. L'alçada de l'espectacular galeria assoleix valors que superen els 12 m, encara que són més freqüents els compresos entre 8 i 10 m. Al començament està bastant concrecionada per estalagmites i algunes zones d'estalactites al sostre. A on més destaquen les morfologies litoquímiques és al costat occidental. Als 125 m de l'inici, una espectacular estalagmita, de 8 m d'alçada destaca entre la foscor del buit immens, és el Vigilant, que serveix com a primera fita clara dins la galeria, sempre i quan es disposi de llum suficientment potent per il·luminar-la (Fig. 8). Als 115 m des del Vigilant (240 m del començament del sector), la galeria perd altura i sembla que es tanca; és l'**Estretor**. Aquí, un envà de roca mare, de 7 m de llargària i 3 m d'amplària, juntament amb la reducció de l'alçada de la galeria produeix la sensació d'estretor, sempre en comparació amb el volum de la resta de l'àmbit. Aquesta zona, molt afectada per la corrosió, es pot passar pels dos costats de l'envà. Superat aquest, la galeria torna a adquirir volum, especialment a l'esquerra a on es localitzen accessos al sector de la Unió. Als 304 m (538 m de l'inici del llac d'entrada) en arribar al costat esquerre de la galeria destaca una gran estalagmita i a prop parteix cap a la dreta el sector de Gregal (Fig. 7). Tota aquesta zona, llevat la part del sostre, està molt concrecionada per colades, potents massissos estalagmítics i espeleotemes en general, entre els quals destaquen els freàtics. Si es prossegueix endavant per la galeria, uns 50 m, es passa per davall d'uns impressionants penjants "**les Urpes de l'Arpello**". Poc després es veuen a l'esquerra nous accessos al sector de la Unió i a la dreta uns 130 m de galeries freàtiques d'uns 5 m d'amplària. Gairebé un centenar de metres separen aquest lloc de l'entreforc de galeries que, a distintes fondàries i de forma complexa, s'esbranquen en diverses direccions. La situada més al llevant s'inicia com una potent i bella galeria que als 35 m es bifurca de bell nou i després de 25 i 45 m, respectivament, es fan massa estretes per prosseguir. Si tornam a l'entreforc principal, en direcció N és possible prosseguir uns quaranta metres més per una zona delicada per l'estat de la roca i l'estretor d'alguns passos; aquí ens situam als 535 m de la galeria (769 m totals des de l'entrada). En direcció W hi ha una zona complexa i caòtica.

## SECTOR DE LA UNIÓ

Des de dos llocs de la galeria Cinc-cents parteixen diverses galeries que formen el sector de la Unió, les quals de NE a SW ens comuniquen aquestes dues grans zones de la cavitat. La longitud de la galeria més llarga, que s'inicia a 658 m del llac d'entrada, fins al pas de l'Apocalipsi és de 328 m i constitueix l'únic accés al sector de Ponent des del sector Cinc-cents. La fondària d'aquest sector està compresa generalment entre els -17 i els -25 m, fet que suposa que sigui el més profund

de tota la cavitat. Si es fa el circuit entrant pel sector Clàssic, galeria Cinc-cents, sector de la Unió, sector de Ponent i sortint per les galeries dels Gemecs s'efectua un recorregut de 1320 m. El sector de la Unió està encara en fase d'exploració i topografia, per la qual cosa és d'esperar que patirà notables canvis en un futur proper. La major fondària, juntament amb la distància que s'ha de recórrer per arribar-hi, fan més problemàtiques les tasques a efectuar.

## SECTOR DE GREGAL

En direcció NE s'inicia el sector de Gregal, que al llarg de diverses galeries condueix als llocs més allunyats de la sala d'Entrada, amb diverses puntes a 1.502 m a la galeria dels Conglomerats i 1.700 m a la zona terminal, encara sense topografiar. Tot el sector s'està revisant i explorant i és la zona amb més potencial de la cavitat. En aquest sector és la gran distància el principal problema a l'hora d'efectuar els treballs.

## Espeleogènesi

A l'entrada de la cavitat és interessant remarcar el gruix més aviat excepcional que presentava el sostre abans d'esfondrar-se (uns 13 m), fenomen que obeeix a l'heterogeneïtat dels materials zenitals. Cal remarcar que des d'un punt de vista estratigràfic, l'abisament de l'entrada permet l'estudi del tall geològic del denominat *Complex Terminal* messinià del sud-est de Mallorca (FORNÓS *et al.*, 1989). S'ha de tenir present que el fet de trobar-se enmig d'una torrentera és probable que hagi contribuït a la formació de l'abisament.

La cavitat presenta una direcció predominant NE-SO, encara que globalment podem definir la cova com una xarxa freàtica de buits i esfondraments amb una disposició ramiforme. Així hi ha zones amb morfologies de corrosió predominants i amb pocs indicis d'esfondraments (galeria de les Haloclines al sector de Ponent; galeries dels Gemecs al sector Clàssic; diverses galeries del sector de Gregal). Els processos d'esfondrament són també molt abundants (sala d'Entrada, sala Francesc Ripoll, sala dels Dos Llacs, sala del Cendrar, cambra dels Moros, galeria de les Còniques, galeria Cinc-cents). Aquests esdeveniments són un factor natural en l'evolució d'aquestes cavitats, ja que permeten augmentar en volum i ascendir progressivament de cap a l'exterior, arribant en ocasions a connectar amb la superfície, tal i com ha ocorregut amb la sala d'Entrada de la cova i amb tres antigues entrades actualment rebuides (la galeria de les Còniques, la cambra dels Moros i la sala del Cendrar). La distribució de zones de col·lapses i la relació amb dolines d'esfondrament superficials és de gran interès. Es pot comprovar en superposar la part final d'aquestes galeries, tancades per blocs, amb la ubicació geogràfica de les dolines d'esfondrament (clot des Cendrar I, clot des Cendrar II i clot dels Ullastres), que coincideixen respectivament amb la sala del Cendrar, galeria de les Còniques i la

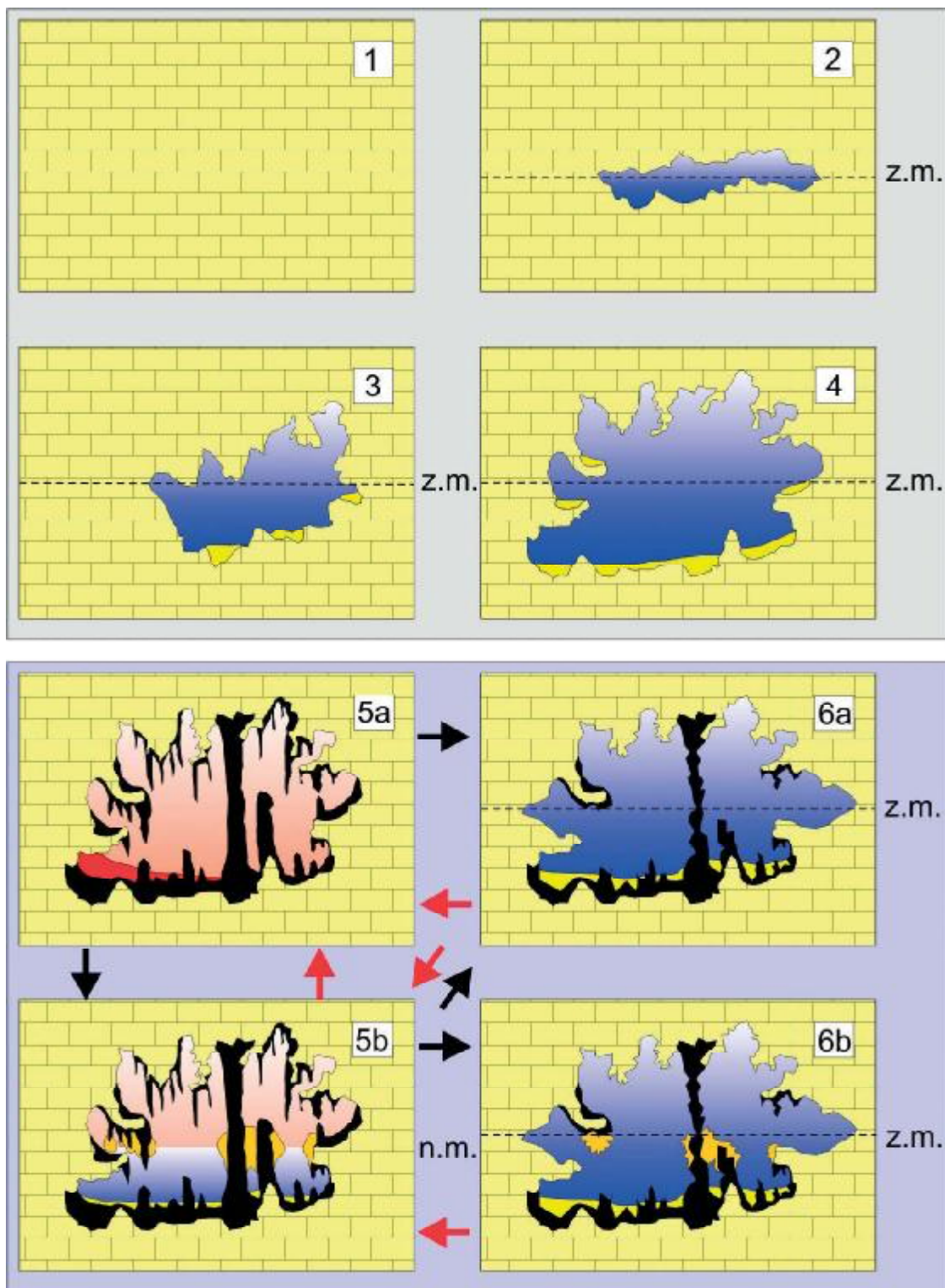


Figura 9: Simplificació dels estadis evolutius d'una galeria freàtica. 1- Acció de la zona de mescla d'aigües sobre la roca calcària. 2- Formació dels primers espais buits i galeries iniciadores. 3- Increment del volum i de les morfologies de corrosió en avançar els processos de dissolució. 4- Acumulació de sediments autòctons carbonatats al terra de la galeria. 5- Davallada del nivell freàtic i evolució de la galeria en condicions vadozes amb la formació d'espeleotemes. 6- Pujada glacioeustàtica del nivell freàtic. Reactivació dels processos de dissolució de la roca i dels espeleotemes, amb la superposició de noves formes primàries.

Figure 9: Simplified evolutionary stages of a karstic gallery. 1- Action of the brackish waters mixing zone on the limestone rock. 2- Formation of the first voids and initial passages. 3- Increase in the cave volume and corrosion morphologies as the dissolution processes advance. 4- Accumulation of autochthonous carbonate sediments on the cave floor. 5- Fall of the phreatic level and evolution of the galleries in vadose conditions with the formation of speleothems. 6- Glacioeustatic rise of the phreatic level. The rock and speleothem dissolution processes resume, with the superposition of new primary formations.

cambrà dels Moros). Aquests esbaldregalls, juntament amb altres, tanquen o compartimenten moltes zones i impedeixen l'avanç en diversos fronts (GRÀCIA i CLAMOR, 2001).

La gènesi de la cavitat està relacionada amb els mecanismes geoquímics estudiats per BACK *et al.* (1984), a la zona de mescla de l'aigua dolça i la salada (*coastal mixing zone*), els quals han estat adaptats a l'espeleogènesi de la zona del llevant de Mallorca per GINÉS i GINÉS (1992 i 2007; GINÉS, 1995 i 2000b). El nivell de la mar marca la posició del nivell freàtic i, per tant, l'efectivitat dels processos de dissolució càrstica (Fig. 9).

Altres cavitats importants formades dins el Miocè superior, que podem incloure com a ramiformes al llevant de Mallorca són: la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003a i b), el sistema Pirata-Pont-Piqueta (GRÀCIA *et al.*, 2006, la cova de Cala Varques B (GRÀCIA *et al.*, 2000), la cova des Drac de Cala Santanyí (GRÀCIA *et al.*, 1998b), la cova d'en Bassol (GRÀCIA *et al.*, 1998a) i les coves del Drac (GINÉS i GINÉS, 1992 i 2007; GRÀCIA *et al.*, 2007). Una bona part de les cavitats de la península del Yucatán a Mèxic es poden incloure en el mateix tipus de cavitat que la cova de sa Gleda, ja que formen també sistemes complexos de galeries freàtiques i sales d'esfondrament, algunes de les quals s'obren a l'exterior formant els populars *cenotes* (SMART *et al.*, 2006).

## Hidrologia

Les dades de temperatura, salinitat i fondària s'han mesurat mitjançant la sonda oceanogràfica AANDERAA portada per un bussejador (Fig. 10). La temperatura de

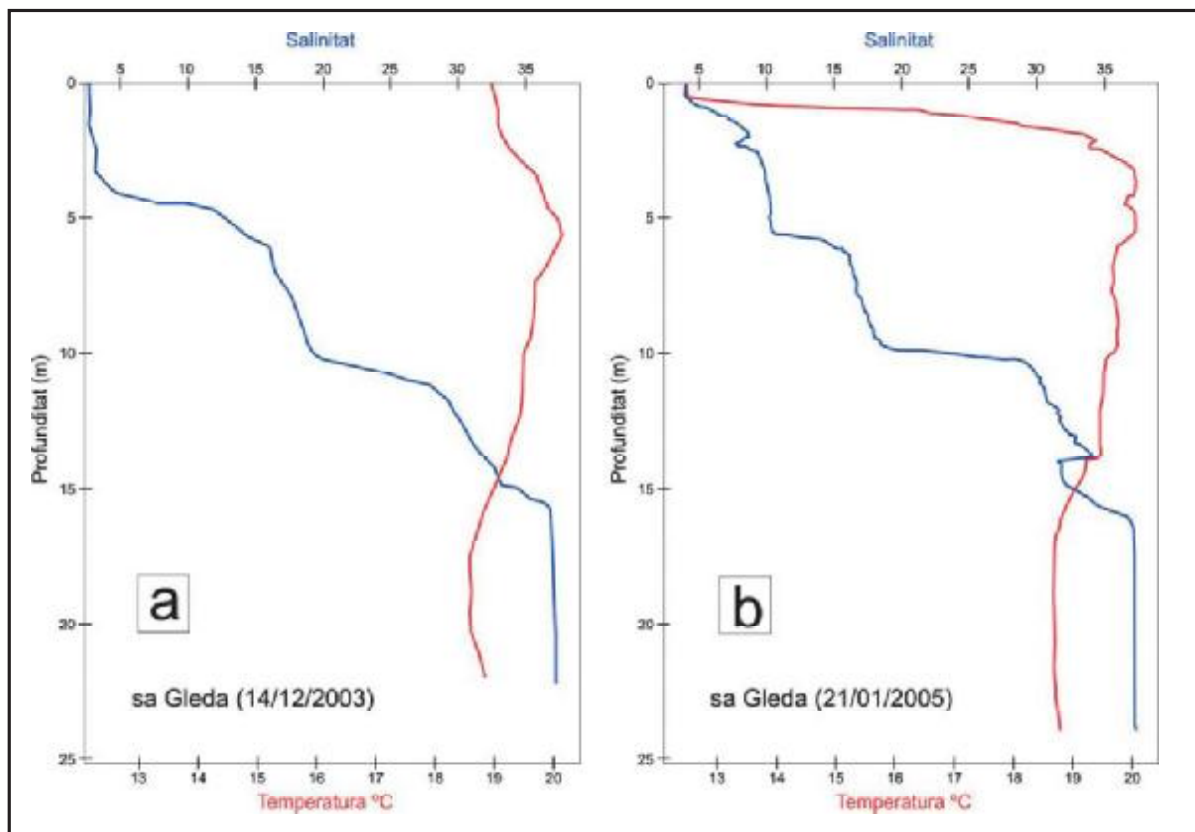


Figura 10: a) Perfil de salinitat (‰) i de temperatura (°C) a la sala dels Dos Llacs (sector de Ponent) efectuat el mes de desembre de 2003. En aquesta sala interior, sense connexió amb l'exterior, la temperatura en superfície era de 19,5°C i únicament es mesuren diferències de temperatura de 1,3°C en tot el perfil hídric de 25 m. Els canvis d'aigües de menor a major salinitat al llarg de la columna d'aigua es produeix a zones de transició (zones de mescla) denominades haloclines o piconoclines (4 molt clares al perfil hídric).  
 b) Dades de la sala Francesc Ripoll (sector Clàssic). La temperatura de l'aigua superficial en el llac de la sala d'Entrada al mes de gener de 2005 ha estat mesurada en 12,4°C, mentre que a 2 m de profunditat assoleix, en una termoclina espectacular, els 19°C. A partir d'aquest punt la temperatura es manté entre els 19°C i 20°C. La raó de la temperatura tan baixa als primers metres està relacionat amb la temperatura hivernal exterior, a causa de l'àmplia entrada de la cavitat.

Figure 10 a) Salinity (‰) and temperature (°C) profiles in the Dos Llacs chamber (Ponent sector), measured in December 2003. In this inner chamber without connection to the exterior, the surface temperature was 19.5 °C with only differences of 1.3 °C along the 25 meter water profile. The changes from lower to greater salinity along the water column occur in transition zones (mixing zones) called haloclines or pycnoclines (4 clearly visible in the water profile).  
 b) Data from the Francesc Ripoll chamber (Clàssic sector). The surface water temperature of the entrance pool in January 2005 was 12.4 °C, while at a depth of 2 metres it is 19 °C in a spectacular thermocline. Below this depth the temperature it remains between 19 and 20 °C. The reason for the low temperatures in the first metres is because of the exterior winter temperature and the big size of the cave entrance.

l'aigua superficial en el llac de la sala d'Entrada a l'hivern, al mes de gener del 2005, ha estat mesurada en 12,4°C, mentre que a 2 m de profunditat assoleix, en una termoclina espectacular, els 19°C. El valor de la temperatura a 3 m de fondària puja a 20°C, que es manté fins als -6 m per després davallar lleugerament fins als -16 m, per davall dels quals fins als -24 m (màxima fondària mesurada amb la sonda) es manté estable amb valors de 18,9°C. La raó de la temperatura tan baixa als primers metres està relacionada amb la temperatura exterior, ja que l'àmplia entrada de l'esfondrament es veu afectada per les oscil·lacions de l'exterior. En la sala d'entrada, amb una àmplia connexió amb l'exterior, l'amplitud tèrmica és de 7,6°C en tot el perfil hídic de 24 m.

En un altre perfil, efectuat el mes de desembre de 2003 dins la sala dels Dos Llacs, la temperatura en superfície era de 19,5°C i pujava a 19,9°C a uns -5,5 m, per mantenir-se fins als -8 m i davallar als 18,6°C als -16 m, i d'aquí als -28 m mantenir-se en 18,8°C. En aquesta sala interior, sense connexió amb l'exterior, únicament es donen oscil·lacions de temperatura de 1,3°C en tot el perfil hídic de 25 m.

La cova de sa Gleda presenta un perfil estratificat, que posseeix fins a 5 capes de diferent salinitat. Aquestes capes, estan disposades en un ordre de menor a major salinitat, a causa de la diferent densitat. Els canvis de salinitat al llarg de la columna d'aigua es produeixen a zones de transició (mescla) denominades haloclines o pycnoclines (4 molt clares al perfil hídic).

La cova posseeix per tant pycnoclines múltiples. En aquestes zones la visió és defectuosa per mor dels canvis de les propietats òptiques de l'aigua (Fig. 23). Per a la cova de sa Gleda és important considerar, al tractar-se d'una cavitat litoral, la distància considerable que la separa de la costa que arriba als 1,7 km.

La salinitat el mes de gener del 2005 en superfície donava valors de 4 ‰ i pujava gradualment fins als 9 ‰ als -2 m. A partir d'aquí fins als -5,5 m es produïa una primera estabilització fins als 10,5 ‰. Als -5,5 m passa de sobte dels 10,5 ‰ als 16 ‰ formant el primer escaló important a la gràfica. Des d'aquí s'ha de davallar fins als -10 m a on la salinitat únicament assoleix els 19 ‰. En aquesta fondària es torna a produir el segon escaló fins a valors de 29,5 ‰. Dels -10 m fins als -16 m es produeix una pujada gradual fins als 37 ‰, per mantenir-se gairebé constant d'ençà d'aquesta cota fins als -25 m, màxima cota de la cavitat. Uns valors de salinitat i cotes de fondària molt semblants es van obtenir amb la medicació d'aquesta variable el desembre de 2003. Com és de preveure es produeixen petites oscil·lacions de les franges d'haloclines en funció de les estacions; així s'han mesurat diferències de 0,8 m a la cota d'haloclines entre l'estiu i l'hivern. Degut a la ubicació de la cova enmig d'una petita torrentera, l'única entrada actual penetrable (sala d'Entrada), es veu afectada per les aigües que conflueixen i es precipiten per la boca en cas de fortes precipitacions. Aquest fenomen ocorregué l'any 1990 i va ésser descrit per espeleobussejadors britànics (CLARKE, 1991-92), fenomen que va tornar a

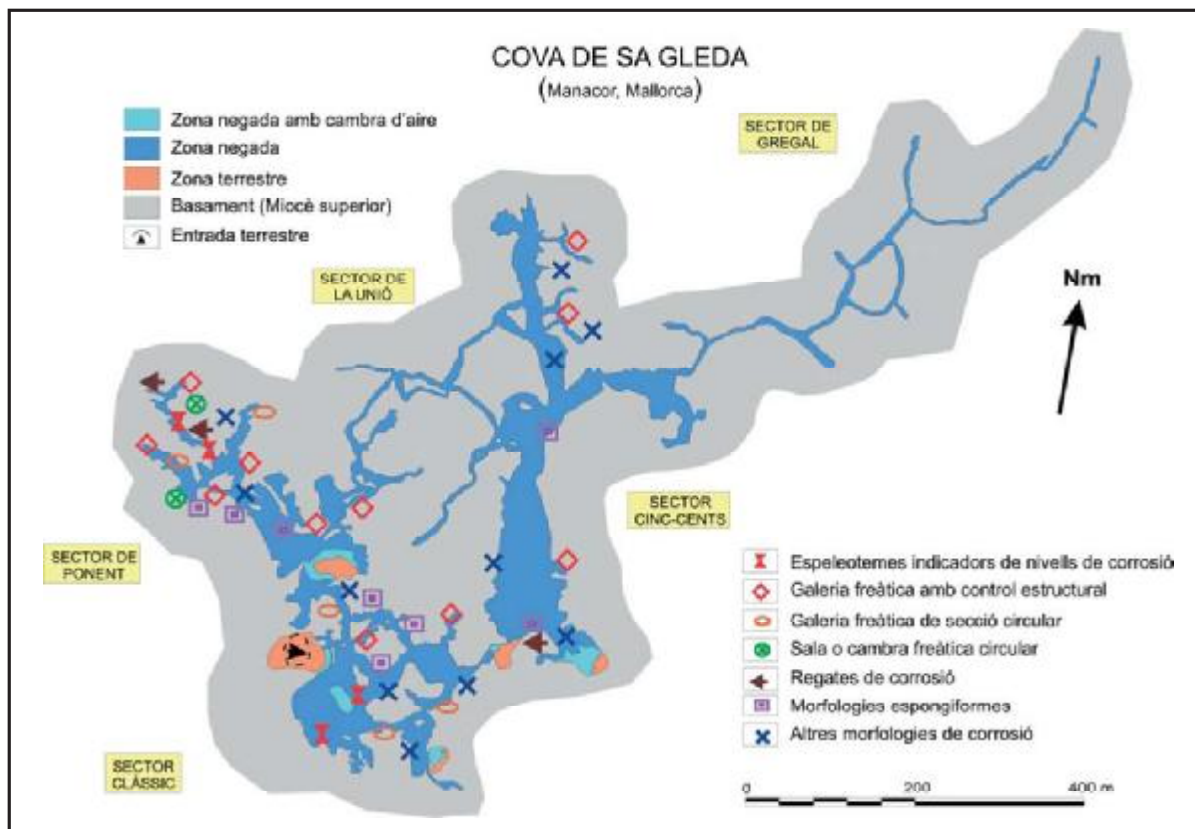


Figura 11: Localització de les principals morfologies de corrosió.

Figura 11: Localització de les principals morfologies de corrosió.

ésser observat l'any 2001, en el qual les fortes pluges van provocar l'entrada de grans quantitats de sediment que van afectar especialment la sala Francesc Ripoll (GRÀCIA i CLAMOR, 2001).

La cavitat aplega diverses estructures d'interès etnològic relacionades amb l'extracció d'aigua, com ara pou, sinia de sang, bombes d'aigua, canals, etc. La cova va ésser condicionada per aquest ús, havent un camí helicoidal que descendeix fins al llac, avui parcialment destruït per la caiguda de materials del con d'enderrocs i del sostre.

## Morfologies de corrosió

Aquest treball pretén aportar informació adicional sobre les morfologies de dissolució de les cavitats del Miocè superior de Mallorca, en aquest cas a partir de les que han quedat enregistrades a tres sectors de la cova de sa Gleda. Consideram que el coneixement de les formacions primàries és de primer ordre per comprendre la gènesi i evolució de l'endocarst litoral. S'ha de tenir present que són les morfologies resultants generades pels mecanismes de dissolució de la zona de mescla d'aigües. El seu estudi se segueix incrementant progressivament gràcies a les aportacions efectuades per l'equip d'espeleòlegs subaquàtics del Grup Nord de Mallorca a les coves del llevant mallorquí

(GRÀCIA *et al.*, 1997, 1998a, 1998b, 2000, 2003b, 2005, 2006a, 2006b) i per l'equip d'espeleòlegs que exploren i documenten la cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 1993, 2000, 2006; MERINO *et al.*, 2006, 2007).

La principal dificultat a l'hora d'abordar l'estudi d'aquestes morfologies primàries és que, en alguns casos, es fa difícil atribuir les morfologies de corrosió a una determinada tipologia, ja que es presenten juxtaposicions de diferents classes, amb formes intermèdies i diferents gradacions d'intensitat de la dissolució. També les variacions de mida de les morfologies suposa un increment de la dificultat de classificació. Alguns dels termes emprats s'han consultat de BRETZ (1942), NÚÑEZ (1967), FORD i WILLIAMS (1989) i SLABE (1995). Un primer intent de sistematització de les morfologies de corrosió presents al carst del Migjorn de Mallorca es va fer a GRÀCIA *et al.* (2005) i ha estat incrementat i millorat per noves aportacions a MERINO (2006) i GRÀCIA *et al.* (2006a).

De forma general a tota la cavitat es presenten morfologies de corrosió de diferents tipus i grau d'intensitat (Fig. 11). Com és lògic, igual que succeeix a altres cavitats estudiades, si s'observa la distribució de les zones amb formacions primàries i les àrees d'esfondraments, es veu que són distribucions oposades, encara que els blocs caiguts també en ocasions presenten morfologies de corrosió, bé d'abans del despreniment, o bé amb posterioritat. A continuació exposam el catàleg de formes trobades als sectors estudiats de la cova.



Figura 12: Galeria freàtica de secció el·líptica al circuit dels Pirates, en el sector Clàssic (Foto C. Bodi).

Figura 13: Piratada gallery with collapse section in Circuit dels Pirates. Classe sector (Foto C. Bodi).

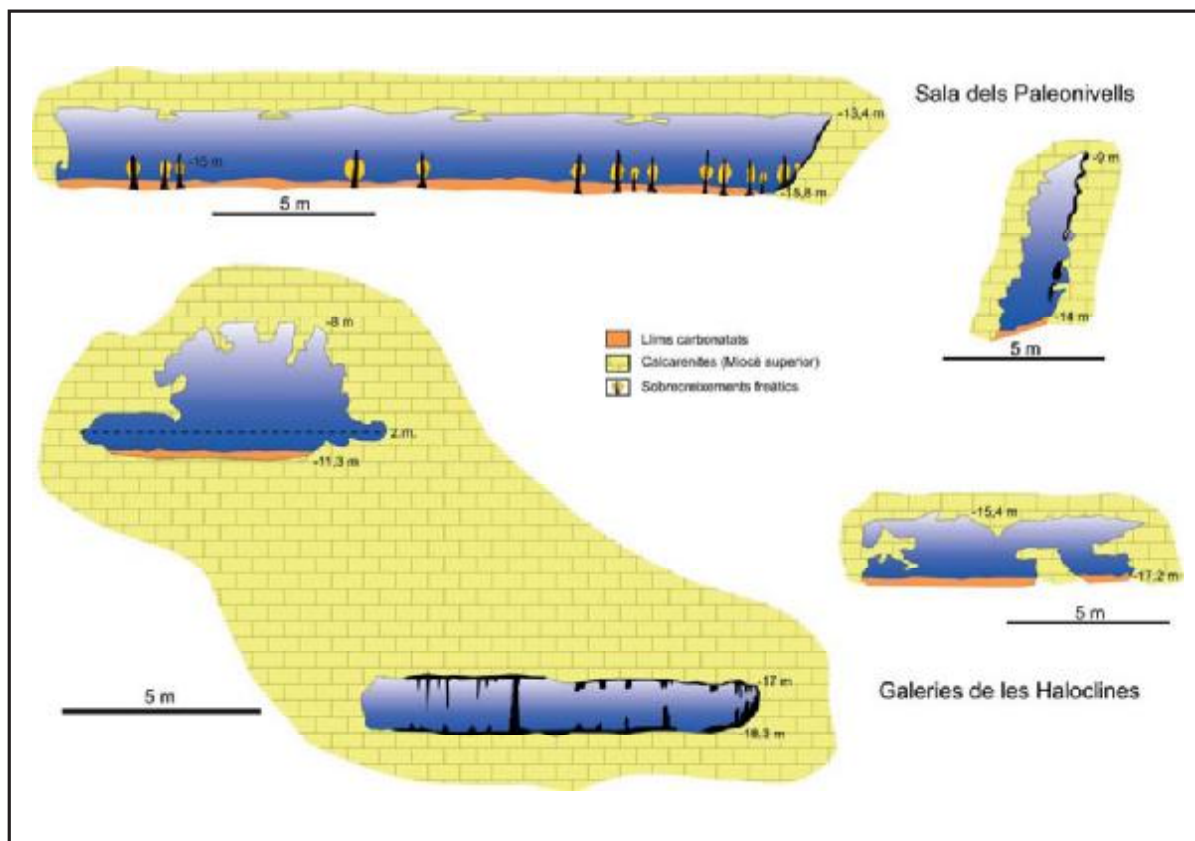


Figura 13: Galeries freàtiques de control estructural.

Figura 13: Estructura i morfologia freàtica: galeries.

## MEGAFORMES

Organització de les xarxes endocàrstiques

### Cavitats ramiformes (*ramiform caves*)

La cova de sa Gleda presenta una direcció general predominant NE-SO, això és paral·lela a la costa i a una distància de la mar d'uns 1,7 km (Fig. 1). Globalment podem definir la cova com una xarxa de buits freàtics i sales d'esfondraments amb una disposició ramiforme, en el sentit emprat per PALMER (1991 i 2007), encara que a menor escala són molt freqüents a la cavitat les morfologies de dissolució de caràcter esponjiforme (Fig. 11). A les sales i galeries actuals s'observen poques directrius estructurals clares que controlin el seu desenvolupament (Fig. 4). Fins i tot a galeries poc evolucionades, com és el cas de les galeries de les Haloclines (sector de Ponent) i dels Gemecs (sector Clàssic), no es veuen direccions predominants. A més a més els esfondraments de sales i galeries han dismantellat una bona part d'evidències sobre les primeres fases de l'excavació de la cavitat i contribueixen en gran mesura a crear l'aspecte anàrquic del conjunt (Fig. 25). Precisament els sectors que presenten a la topografia un aspecte menys ramiforme actualment són els menys estudiats topogràficament i exploratòria. Suposam que els futurs estudis dels dos sectors que falten (sector de la Unió i sector de Gregal) contribuiran a donar un més complet aspecte ramiforme general.

## MACROFORMES

Morfologies de corrosió d'ordre hectomètric a decamètric.

### Galeries freàtiques de control estructural tectònic i/o estratigràfic (generant seccions verticals, horitzontals o ambdues combinades alhora) (*phreatic networks*)

Podem diferenciar dos grans grups de galeries de control estructural, encara que poden combinar-se alhora. Les galeries a on predomina el control estructural tectònic, a partir de fractures, o bé l'estratigràfic, és a dir a on la corrosió aprofita els plans d'estratificació (Fig. 13). En el primer tipus les fractures han servit de línia de menor resistència per a la corrosió en la zona de mescla i donarien lloc a les galeries que en secció transversal tenen tendència normalment vertical. A la cova, les galeries de control estructural tectònic es troben a alguns trams de les galeries de les Haloclines, galeries laterals a la galeria Cinc-cents, entre -12 i -18,5 m (Figs. 11 i 13). Podem afirmar que la cova és pobre en galeries d'aquesta tipologia en comparació amb altres grans coves del Llevant i Migjorn, com és el cas de la cova des Coll localitzada a Felanitx (GRÀCIA *et al.*, 2005) o a la cova des Pas de Vallgornera a la marina de Lluçmajor que podríem incloure en cavitats ramiformes controlades estructuralment.

En el segons tipus, galeries freàtiques de control estratigràfic, molt més importants a la cova de sa Gleda,



Figura 14: Darrers vestigis d'una galeria freàtica de secció el·líptica al circuit dels Pirates, en haver-se dissolt quasi per complet l'en-  
và de separació i afegir-se a un àmbit major (Foto C. Bodi).

Figure 14: Last traces of a phreatic gallery with elliptic section in Circuit dels Pirates. The partition has almost completely dissolved  
having added to a greater volume chamber (Photo C. Bodi).

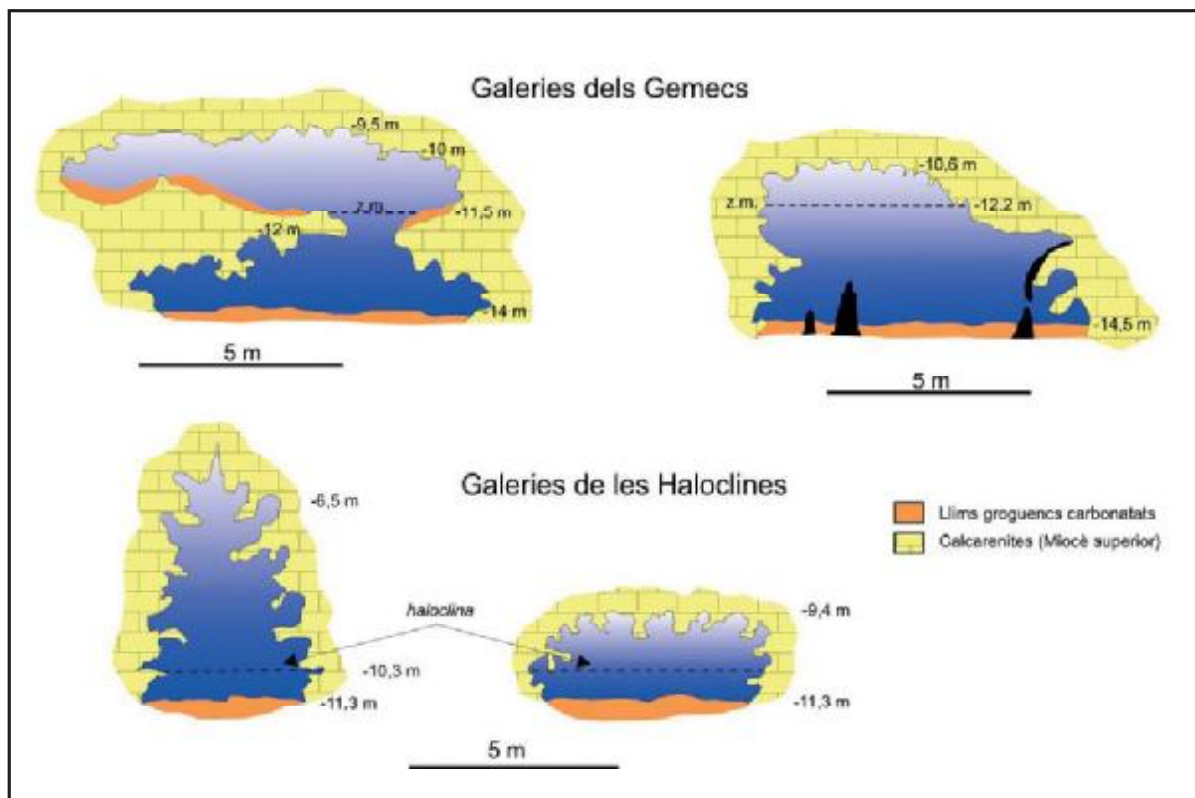


Figura 15: Galeries freàtiques de secció circular, el·líptica o irregular.

Figure 15. Phreatic galleries with circular, elliptic and irregular sections.





Figura 16: Morfologies espongiformes a un lateral de la galeria Cinc-cents (Foto C. Bodi).

Figura 16: Spongy rock morphologies at a lateral part of Cinc-cents gallery (Photo C. Bodi).

els plans d'estratificació generen galeries o sales baixes i àmplies (sala dels Paleonivells, laminadors prop del pas de l'Apocalipsi, part de les galeries de les Haloclines). A la cova de sa Gleda es localitzen a distints nivells d'espeleogènesi. D'aquesta manera, a les galeries dels Paleonivells el nivell del sostre està a -13,4 m i el terra a -15,8 m; a les galeries de les Haloclines entre -17 m i -18,3 m (Figs. 11 i 13).

#### **Galeries freàtiques de secció circular** (*tubular passages*)

Presenten generalment seccions circulars, semicirculars o el·líptiques (Figs. 12, 14 i 15). A la cova de sa Gleda hi ha algunes que tenen una secció més irregular, sense una forma clara. En la seva gènesi no ha intervingut de forma tan activa el control estructural o estratigràfic, encara que és freqüent que hi siguin presents les diàclasis. En alguns llocs de la cova es veuen fenòmens de coalescència entre antigues galeries paral·leles (circuit dels Pirates, Fig. 14) o entre galeries superposades procedents de diferents nivells d'espeleogènesi, com succeeix en alguns llocs de les galeries dels Gemecs (Fig. 15). S'ha de tenir esment de no confondre aquestes galeries amb galeries d'esfondrament, a on en secció també s'aconsegueix la mateixa forma però per un mecanisme de reajustament gravitacional i no de dissolució. Es localitzen a la cavitat a algunes zones del circuit dels Pirates, galeries dels Gemecs i galeries de les Haloclines. A la cavitat es troben a dife-

rents nivells d'espeleogènesi, així a les galeries dels Gemecs s'ha observat un nivell de galeries entre -9,5 m i -11,5 m i un altre entre -12 m i -14 m. Aquests es troben fusionats en alguns indrets (Fig. 15). Aquest nivell coincideix amb el que presenten algunes de les galeries més occidentals de les Haloclines, també entre -9,4 m i -11,3 m. Per contra, la galeria més oriental de les Haloclines, està compresa entre -15,4 m i -17,2 m.

#### **MESOFORMES**

Morfologies de corrosió d'ordre decamètric a mètric

#### **Cambres freàtiques circulars**

(*chreatic chambers, globular chambers*)

Són unitats de dissolució semi-independents de forma circular i de sostre generalment baix. Es presenten sovint fusionades o associades a altres morfologies de corrosió. A la cova de sa Gleda es localitzen escampades a diferents indrets, com és el cas de les galeries de les Haloclines.

#### **Conductes seminals o iniciadors**

És l'estadi previ a la formació d'autèntiques galeries, fet que es produeix per la continuació dels processos de corrosió i coalescència de conductes. L'aparença és de galeries freàtiques de control estructural o bé galeries freàtiques de secció circular però, per les seves reduïdes



Figura 17: Roca de gran duresa i en bon estat afectada per morfologies espongiformes a la galeria dels Degotissos (sector de Ponent). (Foto C. Bodí).

Figura 17: Very hard rock affected by spongy-like morphologies in Degotissos passage (Ponent sector). (Photo C. Bodí).

dimensions no són penetrables per a l'home, encara que longitudinalment poden assolir longituds considerables. A la cova es poden observar repartides per tots els sectors. A les galeries de les Haloclines es veu clarament la gènesi de conductes seminals a la mateixa cota (-14 m) que una regata de corrosió molt marcada.

#### **Envans de dissolució (rock spans)**

Són les parets que separen galeries o cambres paral·leles, que a mesura que avança la dissolució de la roca es van tornant més primes, fins que es van desdibuixant en foradar-se o bé cauen en perdre sustentació. Mostren, per tant, segons l'estadi evolutiu diferents estadis de dissolució i es presenten associades a altres morfologies de corrosió com ara ponts i arcs (que permeten veure o passar d'una galeria a l'altra) i també columnes de roca, penjants, pinacles i esperons (Fig. 14). Un envà molt típic és el que es localitza a la galeria Cinc-cents a l'Estretor, un indret a on la roca actualment es troba en un estat molt descompost.

#### **Columnes de roca (rock pillars)**

Es tracta de morfologies de corrosió formades per roca mare que connecten sostre i pis. Sovint són formes que s'han generat a partir d'envans en avançat estat d'evolució. Són molt abundants i es troben repartides pels diferents sectors.

#### **Ponts (bridges)**

Són restes de la massa rocosa d'ordre mètric a decamètric que abans separava àmbits pròxims. En ocasions procedeixen d'envans. Si es troben en una cota a on es produeix la dissolució de la roca, se seguiran eixamplant o bé cauran per inestabilitat contribuint a l'increment del buit. El seu desmantellament per corrosió origina esperons.

Són especialment freqüents a les galeries dels Gemecs i s'han format per la destrucció del pis que separava dos nivells superposats de galeries.

#### **Morfologies espongiformes (spongework)**

Són molt diferents les anomenades morfologies espongiformes considerades mesoformes (d'ordre decamètric), de les microformes (d'ordre mètric a centimètric). En el primer cas, a nivell de mesoformes denominam amb aquest nom a zones de les galeries o sales amb elevada densitat de morfologies de corrosió de mida més petita, com són els penjants, esperons, columnes de roca, tupins de paret i sostre, pinacles, conductes seminals, envans de dissolució o altres mesoformes i microformes. A la cavitat, algunes zones de les galeries de les Haloclines, galeries dels Gemecs i alguns indrets de la galeria de les Còniques i de la galeria Cinc-cents es poden incloure en aquesta tipologia (Figs. 16 i 17). Curiosament, algunes galeries pre-



Figura 18: Regata de corrosió ben marcada i molt clara, que es troba a una profunditat sota l'actual nivell freàtic entre -13,5 m i -14 m a una de les galeries de les Haloclines (sector de Ponent). a) Ha afectat, entre d'altres espeleotemes, un gran massís estalagmític, envoltat per aquest solc perfecte. b) Varies columnes han estat seccionades per la dissolució de l'aigua a l'alçada d'aquesta regata. c) Interessa per igual a la roca mare de les parets i als espeleotemes. d) Està associada a la gènesi d'alguns tupins i galeries iniciadores. (Fotos C. Bodi).

Figure 18: Corrosion notch well and clearly outlined, which is found between -13.5 m and -14 m below the present level in halocline galleries (Ponent sector). a) A large stalagmitic mass, among other speleothems, has also been affected, with a perfect notch evenly completely round it. b) Several columns have been sectioned by water dissolution at the height of this notch. c) The wall bedrock and speleothems are equally affected. d) The corrosion notch is associated with rocks and incipient galleries. (Photos C. Bodi).

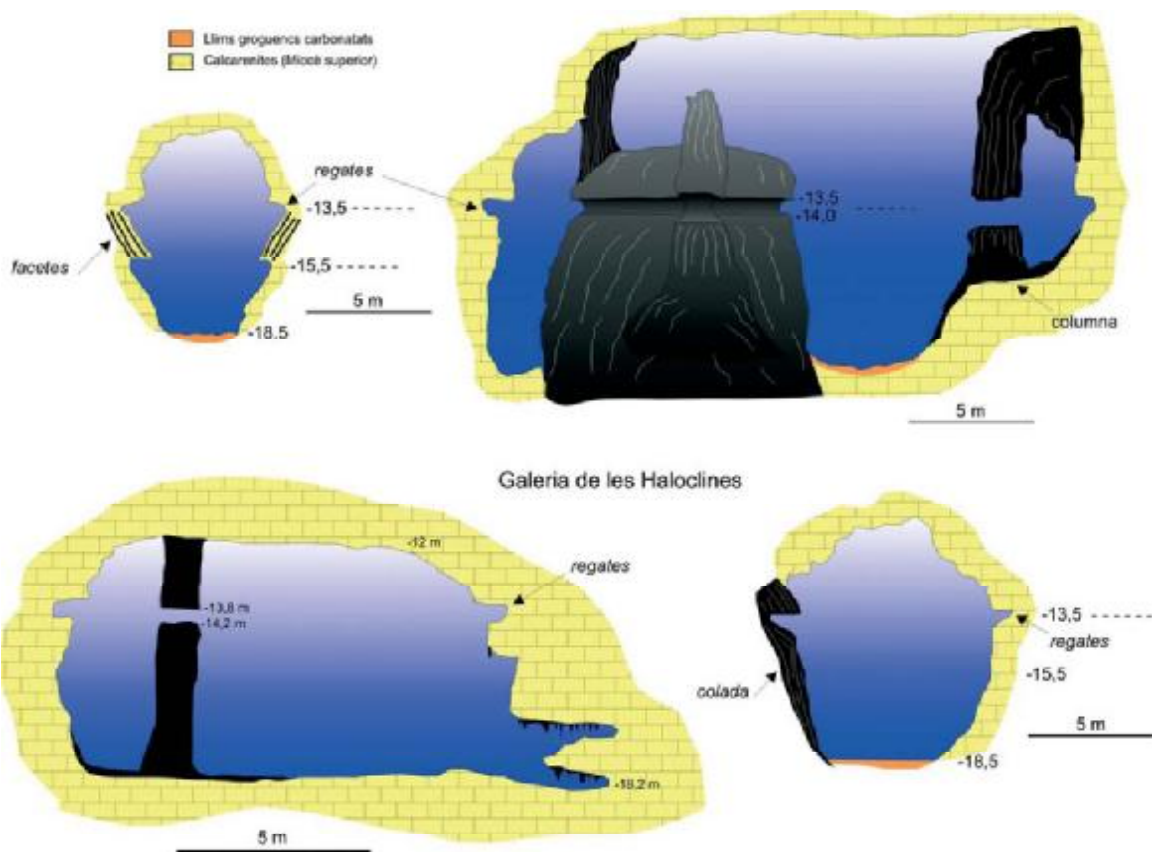


Figura 19: Regata de corrosió a diferents seccions de la galeria de les Haloclines.

Figure 19: Corrosion notch in different sections of Haloclines passage.

senten aquestes morfologies mentre que a altres galeries molt properes hi falten totalment.

#### Regates de corrosió (corrosion notches)

Es tracta de solcs horitzontals a les parets de roca, que s'han format per la corrosió a una zona d'haloclines o bé en la superfície del nivell freàtic. El fet de que no coneixem cap cova litoral de Mallorca a on aquest fenomen es produeixi actualment a nivell epifreàtic, fa que pensem que es generen a les zones de mescla d'aigües. Així a la cova Genovesa se n'han observat als -7,8 m i als -10,5 m associades a facetes i pentinades de roca (GRÀCIA *et al.*, 2003). També estan citades a la cova des Moro a +23,5 i +23,9 m (TRIAS, 2000). Se n'han trobat a la cova des Coll aproximadament a uns -3 m respecte del nivell actual de la mar; altres cotes de regates menys importants s'han localitzat a -0'5 m (galeria de les Formacions i galeria del Segon Pou) i a - 2'2 m (galeria dels Encomanats a Déu), ambdues pertanyents al sector del Patatús. Estan associades amb les morfologies anomenades canals subverticals de dissolució o "pentinades de roca" (GRÀCIA *et al.*, 1997; GRÀCIA *et al.*, 2005; MERINO, 2006). És del tot indicatiu el fet que a la cova des Coll, la distància a la mar és petita i per altra banda la connexió directa amb la mar produeix que els

corrents se'n portin ràpidament l'aigua més dolça i les haloclines estiguin a molt poca fondària. Aquest fet explicaria la cota tan baixa de les regates de corrosió presents en aquella cova.

A la cova de sa Gleda algunes de les existents són regates ben marcades i molt clares. La localització més bona és la que es troba al llarg de més de 150 m de la galeria més central de les galeries de les Haloclines, a la cota entre -13,5 i -14 m, i penetra a les parets i espeleotemes entre 0,3 m i 1 m. La regata, molt marcada i horitzontal, ha afectat per igual a la roca mare de les parets i als espeleotemes. Vàries columnes han estat seccionades per la dissolució de l'aigua a la franja corresponent a aquesta regata (Figs. 18b, 19 i 20a). També han afectat entre altres espeleotemes un gran massís estalagmític, envoltat per aquest solc perfecte (Figs. 18 i 19). La regata continua per les dues parets d'una àmplia galeria, estant associada a la gènesi d'alguns tupins i galeries iniciadores (Fig. 20). En alguns llocs se situen per davall facetes associades. Curiosament la roca rogenca de tota la galeria és de gran duresa i presenta molt poques morfologies de corrosió llevat de les que ara comentam. Per contra, les altres galeries veïnes, amb profusió de morfologies de dissolució, tenen la roca en avançat estat de descalcificació i no posseeixen regates.

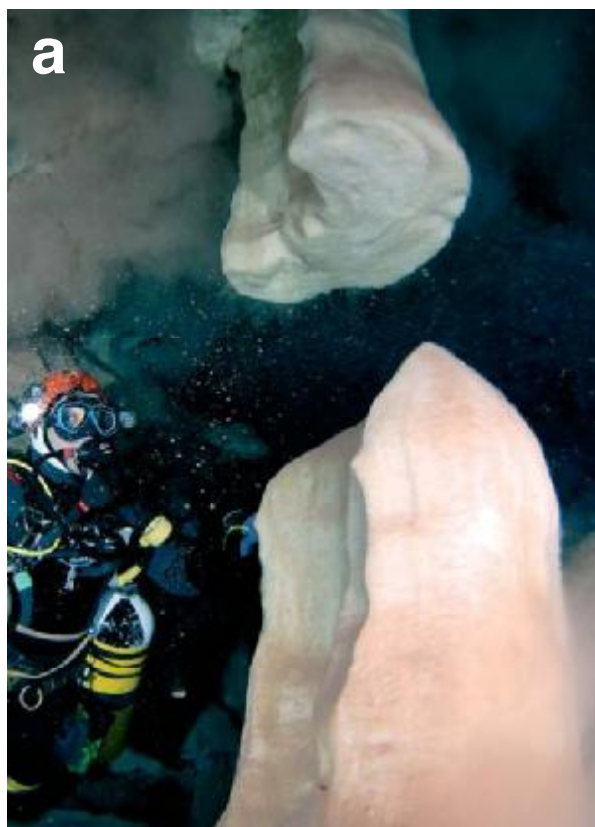


Figura 20: a) Columna tallada a la mateixa cota (-13,5 m) que les morfologies de la Figura 18. b) La regata a una de les parets. c) El solc es manté perfectament definit al llarg de més de 150 m de galeria. (Fotos C. Bodi).

Figure 20: a) Column carved at the same depth than morphologies in Figure 18 (-13.5 m). b) The solution reaches one of the walls. c) The notch remains clearly visible along more than 150 m of the gallery. (Photos: C. Bodi).

### **Facetes** (*solution facets*)

Associades generalment a les regates de corrosió de les quals parteixen i constitueixen el seu límit inferior (Fig. 19). Longitudinalment segueixen les galeries freàtiques estructurals i les galeries freàtiques de secció circular i es disposen a ambdós costats formant parets fortament inclinades (*facets*). Les facetes de la cova de sa Gleda, localitzades fins ara a les galeries de les Haloclines, no presenten canals subverticals de dissolució. La distància que separa les dues parets de les galeries on es troben sol estar entre 6 i 15 m. L'alcària de les facetes està compresa entre -13,5 m i -14 m. A un lateral de la galeria Cinc-cents es troben facetes entre -7,5 m a la part superior i -8,5 m al límit inferior.

### **MICROFORMES**

Morfologies de corrosió d'ordre mètric a centimètric.

#### **Morfologies esponjiformes** (*spongeworks*)

Estan formades per un conjunt pròxim d'irregularitats (forats, concavitats, protuberàncies, anells, tubs i altres) presents a la volta, parets o pis de galeries i sales. A la cova de sa Gleda es troben a zones molt concretes de la galeria dels Degotissos, galeries de les Haloclines i de la galeria Cinc-cents (en aquest cas sobre blocs caiguts).

#### **Arcs** (*archs*)

Els arcs són de mida més petita que els ponts. Es generen per la dissolució progressiva d'altres morfologies, com són els envans de dissolució, columnes de roca, pinacles, cúpules de corrosió, entre d'altres possibilitats. Per coalescència d'arcs es poden arribar a convertir en ponts. Estan presents per tots els sectors de la cavitat.

#### **Penjants** (*rock pendants*)

Són morfologies de dimensions centimètriques a mètriques que com indica el seu nom pengen del sostre. La seva gènesi a la cova de sa Gleda procedeix de la corrosió diferencial del sostre en funció de diferències de litologia o per la corrosió dels envans i de les columnes de roca (Fig. 21). N'hi ha alguns de gran mida, que superen els 1,5 m, que semblen restes de columnes de roca o envans, al circuit dels Pirates (Fig. 21c). Els més espectaculars, producte de dissolució diferencial, es localitzen a la galeria Cinc-cents, uns 50 m passada la galeria de les Plomes. Altres zones amb abundants penjants, entre altres moltes morfologies de corrosió, es troben a les galeries de les Haloclines en forma de punxes llargues i esmolades a una zona que per la posició de les haloclines i l'estat de la roca semblen en procés actiu de formació. A la cova de sa Gleda hem observat que abunden els penjants generats a zones localment de bretxes, a partir de clastos centimètrics i mètrics, els quals per corrosió diferencial sobresurten de forma molt marcada del sostre i parets (Fig. 22). Aquest tipus de penjants generats per la presència de bretxes són habi-

tuals a la galeria més oriental de les Haloclines i a les galeries dels Gemecs i part final de la galeria Cinc-cents, a on assoleixen mides espectaculars.

#### **Pinacles** (*Cors*)

Són l'equivalència oposada als penjants, però en aquest cas parteixen del terra i ascendeixen cap al sostre. Les protuberàncies, de dimensions centimètriques a mètriques, solen ésser molt menys abundants i freqüents que els penjants. Es generen a partir de la corrosió dels envans i de la part inferior de les columnes de roca en avançat procés de dissolució, encara que poden provenir també d'altres morfologies. A la cova de sa Gleda són molt poc habituals i n'hi ha alguns exemplars a les galeries de les Haloclines i a les galeries dels Gemecs.

#### **Esperons** (*rocky jags*)

Podem incloure'ls dins la mateixa família que els penjants i pinacles, si es procedeix a girar-los 90°. Es tracta per tant de prominències laterals generades sovint a partir de l'evolució de la dissolució progressiva de ponts, arcs i envans desmantellats parcialment o total (Fig. 21e). A la cova de sa Gleda s'han observat també generats per corrosió diferencial a partir de bretxes (Fig. 22). Són freqüents a totes les galeries, encara que abunden a les galeries de les Haloclines, galeries dels Gemecs, laterals de la Galeria Cinc-cents i de la galeria de les Còniques.

#### **Concavitats poc marcades** (*subdued pockets*)

Les diferenciam dels tupins, dels quals consideram un estadi previ que pot arribar en certs casos a formar-los. No es troben clarament individualitzades unes de les altres, com en el cas dels tupins. Són depressions semiesfèriques circulars, el·líptiques o irregulars centimètriques que penetren poc dins la roca. La longitud o amplària supera sempre la fondària de la concavitat. Es presenten recobrint superfícies extenses de les parets i sostres de galeries i sales.

#### **Cúpules de corrosió** (*cupolas*)

Depressions semiesfèriques, circulars o allargades, de mida decimètrica a mètrica, que poden penetrar considerablement dins la roca. Les diàclasis poden condicionar la gènesi d'associacions de cúpules de secció d'arc gòtic. En la seva gènesi se suposa que tenen un paper important les aportacions d'aigua zenital que en contacte amb l'aigua freàtica condicionaria una zona corrosiva. A la cavitat, no són molt freqüents. Es localitzen algunes d'aïllades al sostre de la galeria de les Còniques; la galeria Cinc-cents, entre d'altres llocs.

#### **Tupins de paret, sostre i pis** (*wall pockets, ceiling pockets, floor pockets*)

Petits clots circulars o el·líptics centimètrics, i que en ocasions penetren en forma de cilindres. És freqüent que presentin coalescències o dependències (*compacted pockets*) i superposicions (*pocket levels*). Segons la



Figura 21: a) Penjant molt evolucionat prop de la sala Francesc Ripoll. b) Penjants en roca descalcificada, molt desfets per la corrosió a la galeria de les Còniques. c) Penjant generat per les restes d'un envà vertical que separava dues galeries freàtiques al circuit dels Pirates (sector Clàssic). d) Penjant de gran mida recobert de concreció freàtica i sediment a un lateral de la galeria de les Còniques. e) Esperó evolucionat a partir de les restes d'un envà horitzontal a la galeria de les Còniques (sector Cinc-cents). (Fotos C. Bodi).

Figure 21: a) Well developed pendant in Francesc Ripoll chamber. b) Pendants in altered rock, heavily attacked by corrosion, in Còniques passage. c) Pendant formed from the remains of a vertical partition which separated two perched galleries in Circuit dels Pirates (Classic sector). d, Large pendant covered with diagenetic crystallizations and sediments in a lateral part of Còniques gallery. e) Rock tag developed from the remains of a horizontal partition in Còniques gallery (Cinc-cents sector). (Photos C. Bodi).

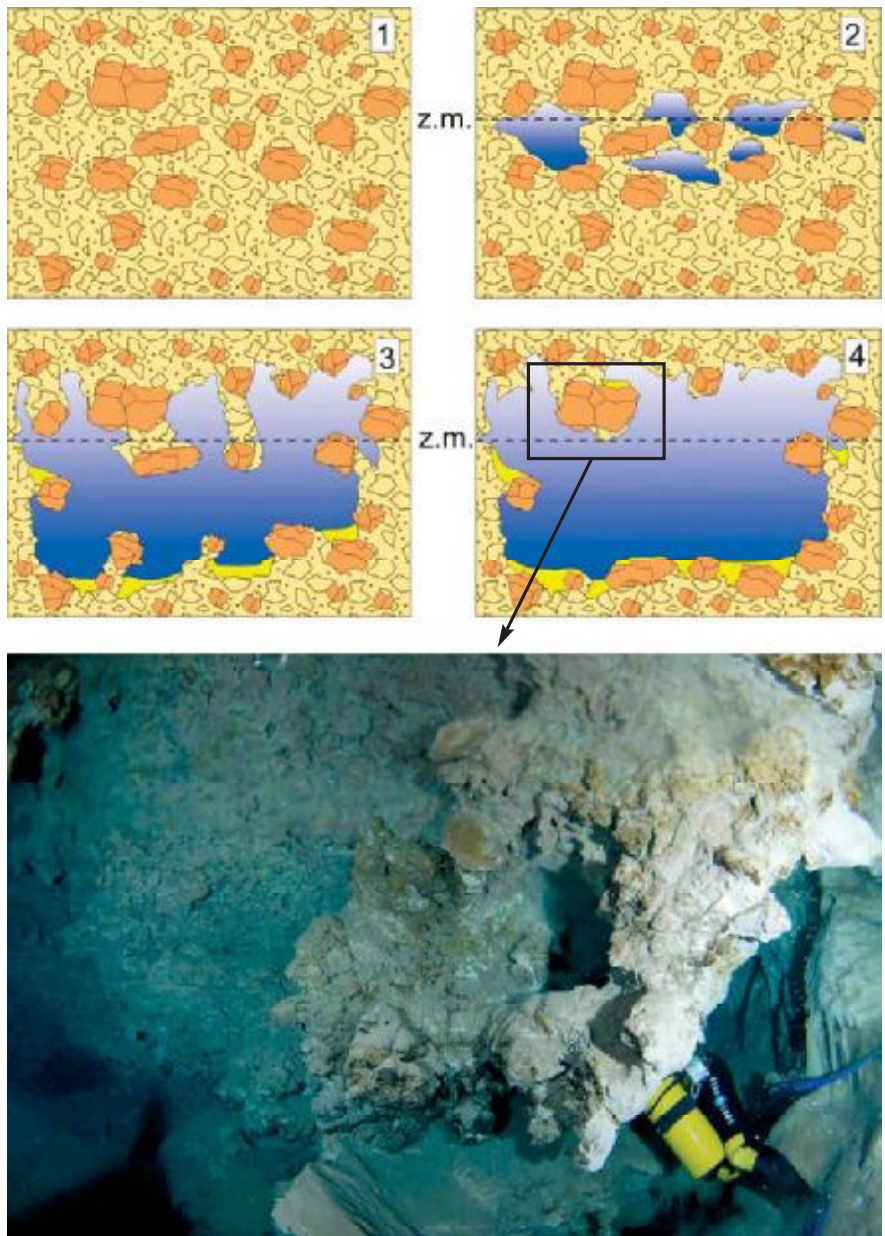


Figura 22: Model de formació d'algunes morfologies de corrosió condicionades per la influència d'una litologia bretxada. Aquestes determinen una corrosió diferencial i sobresurten més que la resta de roca, ja dissolta.

Figure 22: Formation model of some corrosion morphologies conditioned by the influence of a brecciated lithology. The breccia are responsible of a differential dissolution and cyclic elements put out from the rest of the rock already dissolved.

localització espacial a les sales i galeries cal puntualitzar si són de parets, sostre o pis (*wall pockets, ceiling pockets i floor pockets*). Es troben per tots els sectors de la cavitat.

**ESPELEOTEMES INDICADORS DE NIVELLS DE CORROSIÓ**

Al sostre i parets de gran part de la cavitat es veuen restes de la corrosió que han sofert els espeleotemes, sobre els quals s'han generat, en ocasions, morfologies de corrosió sobreposades. A la galeria Cinc-cents es troben els espeleotemes en bon estat entre els -2,5 i els -6,8 m, en forma d'estalactites fistuloses, banderes i altres tipus d'estalactites. Per davall d'aquesta cota estan en mal estat o totalment descalcificats, excepte

els grans espeleotemes que es veuen afectats parcialment. A partir dels -14 m tornen a trobar-se ben conservats, sense marques de corrosió que els afectin. De fet, entre -14 m i -25 m és la franja a on es poden trobar sense alterar i en més quantitat.

A la galeria de les Haloclines els espeleotemes estan afectats, al igual que la roca mare, per una regata de corrosió que entre -13,5 m i -14 m ha generat un solc perfecte que envolta massissos estalagmítics, secciona columnes i afecta les colades parietals.

Una localitat molt il·lustrativa dels processos de corrosió actuals de la zona de mescla és la sala Francesc Ripoll. En funció de la migració vertical de les franges d'aigua depenent del règim de precipitacions, l'haloclina, situada aproximadament entre els -10,7 m i els -11,5 m (segons sigui estiu o hivern), ha deixat molt malmeses les columnes en una franja d'entre -10 m i





Figura 23: Columna afectada per un important aprimament causat per la dissolució en la zona de mescla. Sembla que aquest procés és actualment vigent, ja que l'haloclina actual coincideix amb la franja de màxima corrosió dels espeleotemes. Sala Francesc Ripoll (Foto O. Espinasa).

*Figure 23: Column affected by an important narrowing caused by the dissolution in the mixing zone. It appears that the process is still active, as the present halocline coincides with the belt of maximum corrosion on the speleothema. Sala Francesc Ripoll (Photo O. Espinasa).*

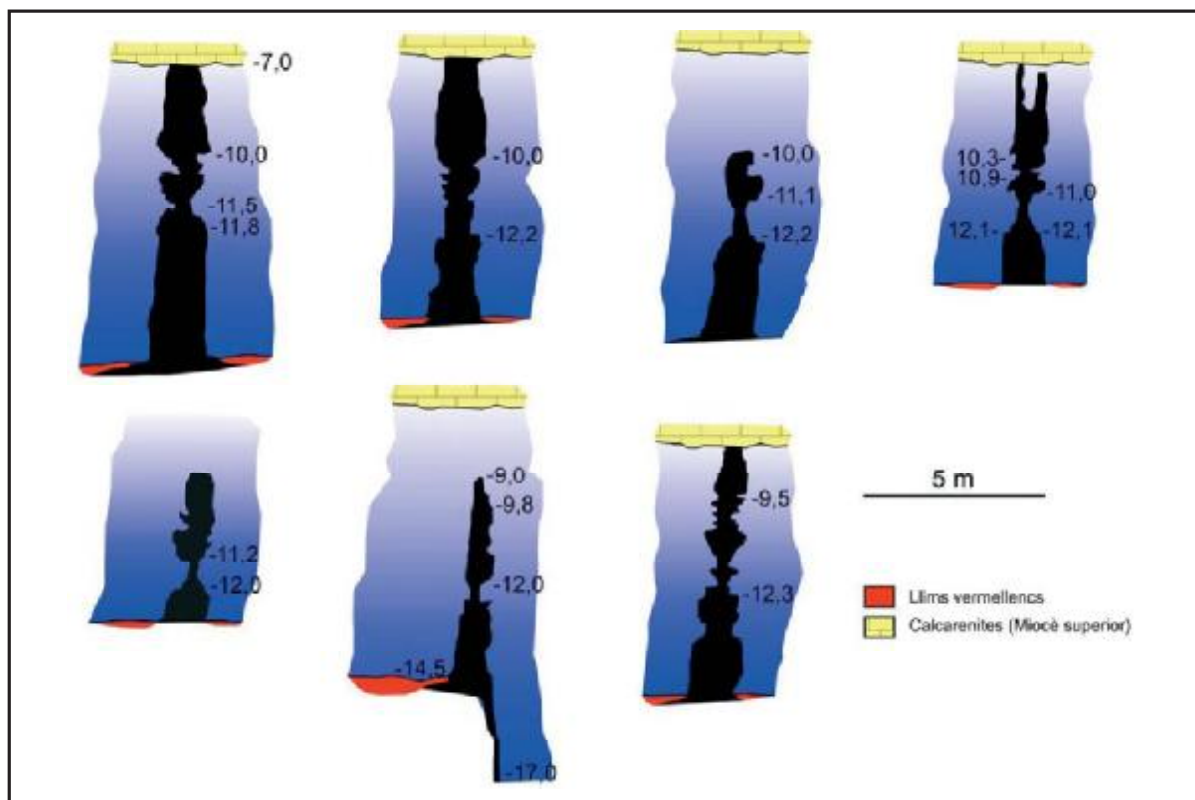


Figura 24: Dibuix amb columnes i estalagmites menjades per la dissolució de la zona de mescla en la sala Francesc Ripoll.

Figura 24: Sketch showing columns and stalagmites eaten by dissolution in the mixing zone in Francesc Ripoll chamber.

-12,3 m. Així posseeixen un important aprimament causat per la dissolució que encercla les formacions secundàries (Figs. 23 i 24). Sembla que aquest procés és actualment vigent, ja que l'haloclina actual coincideix amb la franja de màxima corrosió dels espeleotemes.

## Sales d'esfondrament

La cova de sa Gleda presenta, a grans trets, una morfologia repartida entre les galeries freàtiques de corrosió i les sales d'esfondrament. S'han estudiat tres dels cinc sectors de la cova i amb aquesta visió preliminar podem dir que la cavitat és un conjunt de sales d'esfondrament connectades directament entre sí o comunicades mitjançant galeries freàtiques, bé de secció circular, el·líptica o irregular o bé de control estructural (Fig. 25).

A les sales d'esfondrament els materials després s'acumulen en el centre per formar caramells cònics d'enderrocs o per produir rosts de blocs laterals si els esfondraments són asimètrics (Fig. 26). A les galeries aquests materials acaramullats es poden allargar al llarg de centenars de metres. L'esbucament dels sostres i parets per inestabilitat i falta de sustentació dona lloc a voltes i sales de seccions arrodonides per intentar assolir l'equilibri mecànic. La tendència de creixement del buit es produeix sempre en sentit ascendent, per la qual cosa

les àrees inicials d'espeleogènesi s'han de localitzar sempre a cotes més baixes respecte del nivell actual del pis de la cova. En el transcurs d'aquesta ascensió progressiva, la cavitat pot assolir en ocasions l'exterior, tal com ha succeït amb la sala d'Entrada i amb tres antigues entrades tancades per blocs i pedres. Aquest procés de col·lapse s'ha pogut relacionar, gràcies a la topografia, amb diverses dolines d'esfondrament, de grans dimensions, que afecten a la superfície del terreny circumdant. Es tracta de pretèrites galeries i sales de la cova que s'enfonsaren fins afectar a la superfície, formant-se depressions allargades. Aquestes dolines d'esfondrament van ésser modificades en ocasions per a realitzar tasques agrícoles i per abocar les pedres i altres restes de les tasques de despedregar els camps propers. La relació es pot comprovar en superposar la part final d'aquestes galeries, tancades per blocs, amb la ubicació geogràfica de les dolines d'esfondrament (clot des Cendrar I, clot des Cendrar II i clot dels Ullastres), que coincideixen respectivament amb la sala del Cendrar, galeria de les Còniques i la cambra dels Moros).

Les sales d'esfondrament o *collapse chambers* (GINÉS, 2000a; GINÉS i GINÉS, 2007) constitueixen uns dels fenòmens més característics dins l'evolució morfogènica del carst del llevant i migjorn de Mallorca.

Els processos d'evolució de les cavitats litorals estan molt influenciats per les oscil·lacions glacioeustàtiques, ja que l'alternança d'episodis d'inundació i assecament reiterats dels buits comporten la major o menor sustentació dels sostres i per tant la facilitat d'esfonda-

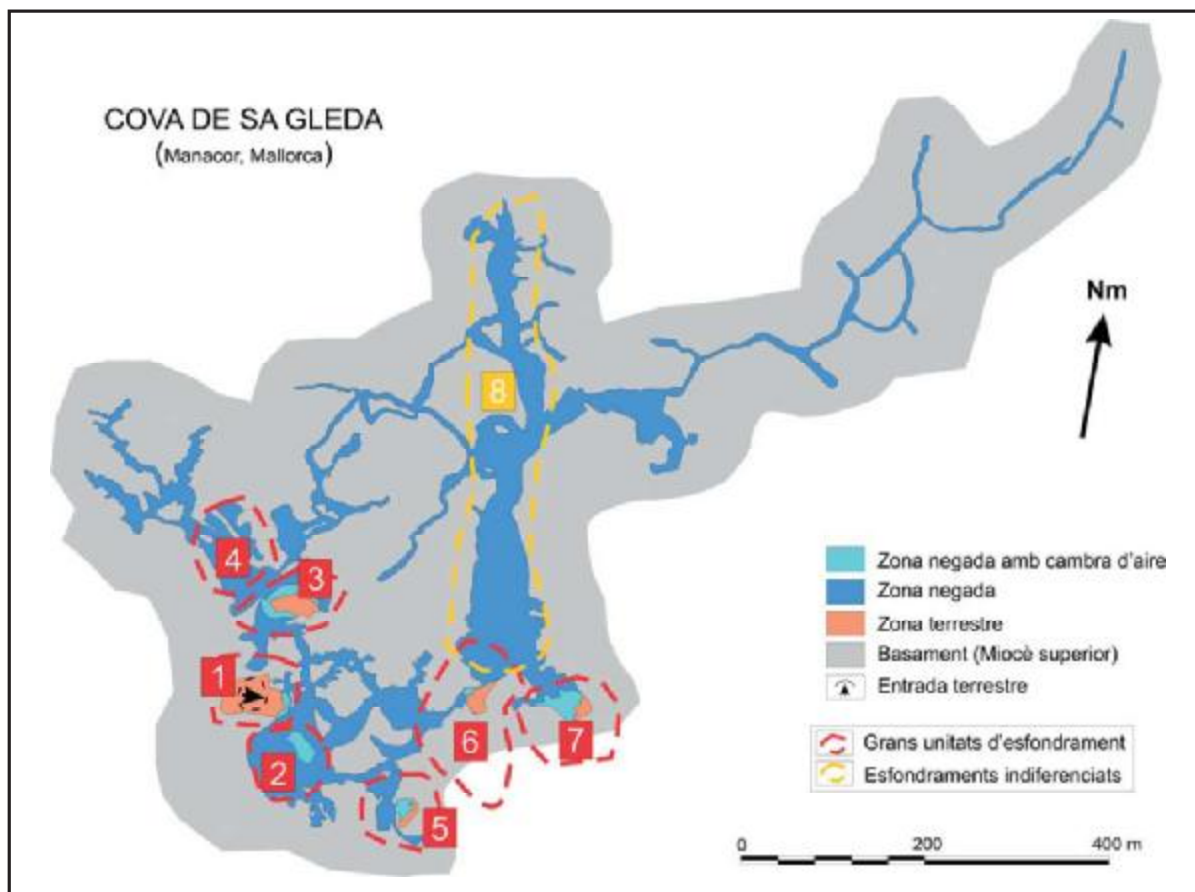


Figura 25: Delimitació de les grans unitats d'esfondraments dels sectors estudiats.

Figure 25: Delimitation of the main collapse units in the studied sectors.



Figura 26: Rost de l'esfondrament que per molt poc no tanca el pas a la galeria Cinc-cents (Foto C. Bodi).

Figure 26: A collapse slope which almost cuts off the connection with Carrer cent gallery (Photo C. Bodi).

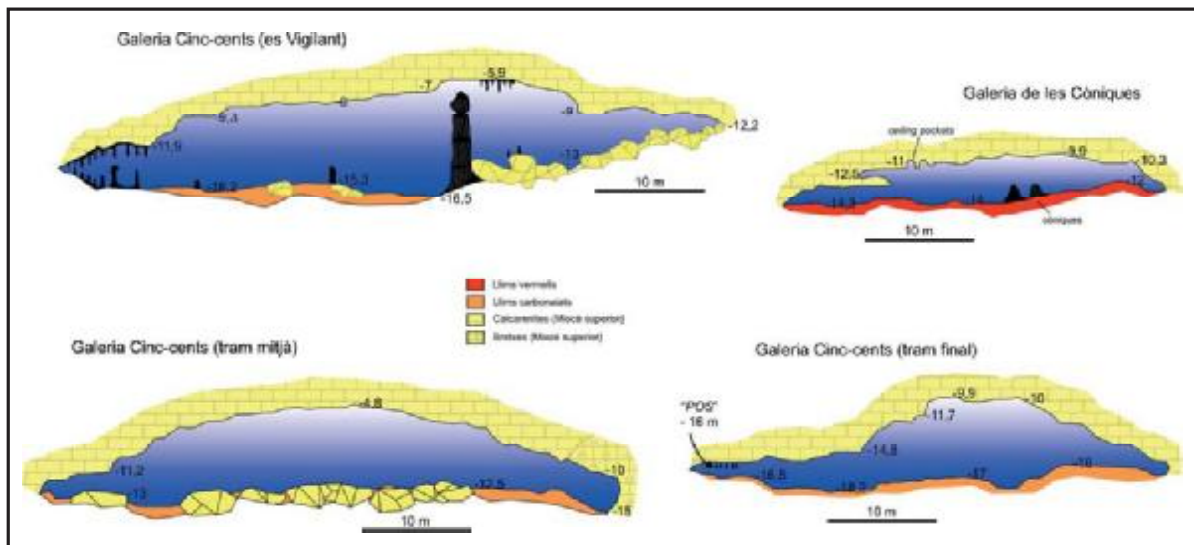


Figura 27: Seccions de galeries d'esfondrament.

Figure 27: Sections of some breakdown galleries.



Figura 28: La galeria Cinc-cents està configurada per la unió d'esfondraments difícils d'individualitzar. Molts dels blocs superen els 15 m de longitud (Foto C. Bodi).

Figure 28: The Cinc-cents gallery is made up by the union of different collapses difficult to individualize. Many rock blocks are over 15 metres in length (Photo C. Bodi).

ment. Als períodes vadosos coincidents amb cicles freds en què els sostres deixen de tenir la sustentació de l'aigua, es produiria un important increment dels processos d'esbucament i creixement ascendent. El volum del con d'esfondrament és molt més gran que el volum de l'espai buit produït, perquè la quantitat considerable de blocs i altres materials de l'esbaldregall deixen molts

d'espais buits entre ells. L'ampliació de les cavitats només és possible si actuen també mecanismes que impliquen la retirada de la roca mitjançant la seva dissolució. A la cova de sa Gleda el volum de roca que s'ha dissolt, una vegada després, ha estat molt elevat per poder permetre la formació dels impressionants volums presents. La importància de la litologia ha estat també

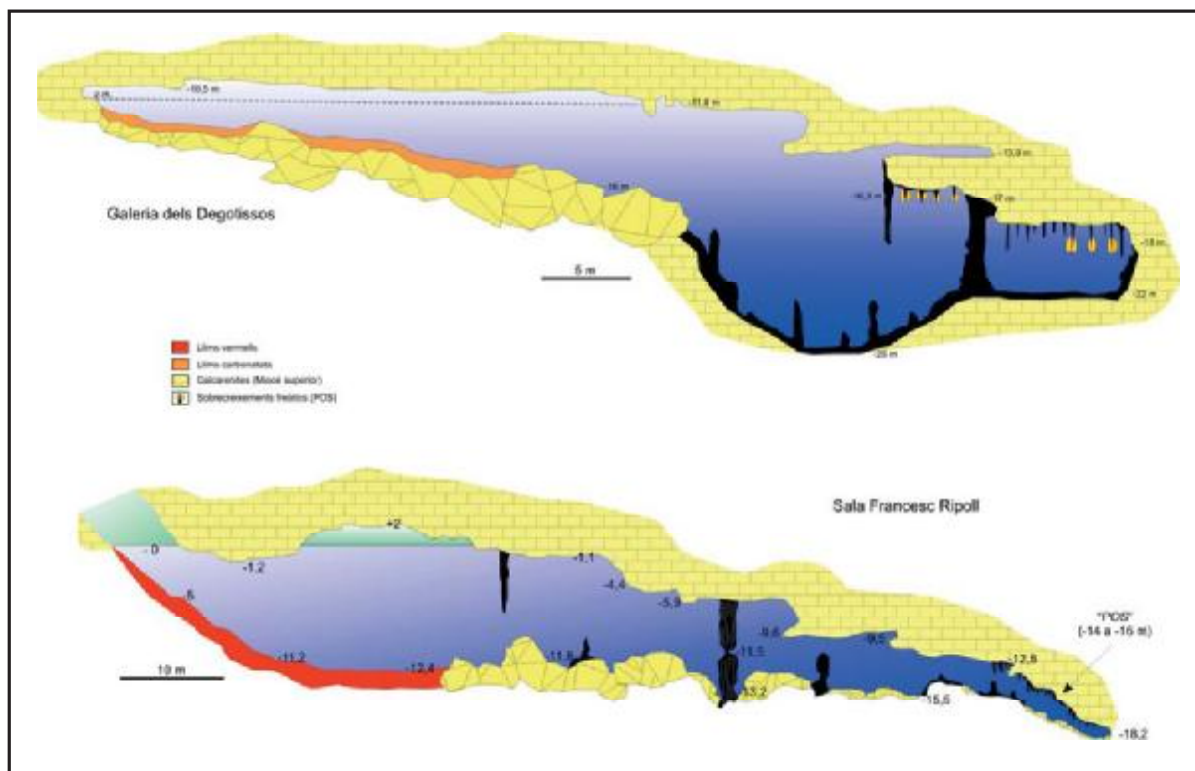


Figura 29: Seccions de galeries d'esfondrament.

Figura 25: Seccions i plans de galeries d'esfondrament.

del tot rellevant en la distribució de zones més solubles atacades preferencialment per l'agressivitat de la zona de mescla. Així, aquests col·lapses coincideixen generalment amb les fàcies de roca més solubles respecte de les zones amb galeries freàtiques menys afectades pels processos de col·lapse. A la galeria Cinc-cents alguns dels blocs superen els 15 m de longitud.

A la cova es poden reconèixer, mitjançant l'observació i l'anàlisi detallada de la topografia, l'existència de diverses unitats d'esfondraments independents. Les grans unitats d'esfondrament dels tres sectors estudiats són (Fig. 25): la sala d'Entrada (unitat 1), la sala Francesc Ripoll (unitat 2), la sala dels Dos Llacs (unitat 3), la galeria dels Degotissos (unitat 4), la sala del Cendrar (unitat 5), la cambra dels Moros (unitat 6), la galeria de les Còniques (unitat 7) i la unió d'esfondraments, mals d'individualitzar, que han creat la galeria Cinc-cents (unitat 8).

La quantificació relativa dels esbucaments és possible per l'anàlisi de les dades mètriques d'aquests mitjançant la topografia (Fig. 25). No sempre coincideixen pròpiament el topònim amb la unitat d'esfondrament, ja que en ocasions una unitat agafa una zona més àmplia (exemples: la cambra dels Moros o la sala d'Entrada) i de vegades una galeria o sala comprèn altres espais sense influència directa de l'esfondrament (exemples: la galeria de les Còniques i la sala Francesc Ripoll). Així, la major zona d'esfondraments és la galeria Cinc-cents (unitat 8) per la qual la unió d'esfondraments representa unes mides màximes de 500 m x 80 m i 12 m d'alçària. A partir d'una mitjana de 40 m d'amplària, els 500 m de longitud suposen una àrea de 20.000 m<sup>2</sup>. El volum de la galeria, agafant una alçada

mitjana de 7 m representa 140.000 m<sup>3</sup>. Altres esfondraments que es poden individualitzar tenen les següents dades de superfície: la sala d'Entrada (unitat 1) 90 m x 80 m = 7.200 m<sup>2</sup>; la sala Francesc Ripoll (unitat 2) 100 m x 90 m = 9.000 m<sup>2</sup>; la sala del Cendrar (unitat 5) 90 m x 80 m = 7.200 m<sup>2</sup>; la sala dels Dos Llacs (unitat 3) 120 m x 80 m = 9.600 m<sup>2</sup>; la galeria dels Degotissos (unitat 4) 90 m x 70 m = 6.300 m<sup>2</sup>; la cambra dels Moros (unitat 6) 120 m x 80 m = 9.600 m<sup>2</sup>; la galeria de les Còniques (unitat 7) 80 m x 80 m = 1.600 m<sup>2</sup>.

Aquests valors curiosament són molt aproximats als de les 8 unitats d'esfondrament individualitzades del sistema Pirata – Pont – Piqueta també de la marina de Manacor (GRÀCIA *et al.*, 2006). Com a exemples representatius d'aquell sistema esmentarem: la unitat d'esfondrament de les coves del Pirata (unitat 9, GRÀCIA *et al.*, 2006 pàg. 44, fig. 17) 18.900 m<sup>2</sup>; unitat d'esfondrament de la sala del Tanga amb 8.800 m<sup>2</sup> (unitat 8, GRÀCIA *et al.*, 2006 pàg. 44, fig. 17); unitat d'esfondrament de la cova de sa Piqueta i la sala dels Caramells 13.500 m<sup>2</sup> (unitat 1, GRÀCIA *et al.*, 2006 pàg. 44, fig. 17). A la cova Genovesa, també a la marina de Manacor, farem esment dels 8.800 m<sup>2</sup> de la sala de les Rates-pinyades o els 3.600 m<sup>2</sup> de la sala Bonellia viridis (GRÀCIA *et al.*, 2003). A la cova des Coll (marina de Felanitx) citarem la sala Benvinguda de 3.000 m<sup>2</sup> o la dolina d'Esfondrament de 5.600 m<sup>2</sup> (GRÀCIA *et al.*, 2006).

És ben probable, per no dir segur, que alguns esbaldrecs impedeixen accedir a àmbits de cavitats ara per ara inaccessibles als espeleòlegs. La superació dels esfondraments per tenir accés a altres zones inexplorades de les cavitats és una constant exploratòria

dins l'espeleologia subaquàtica al llevant de Mallorca (Fig. 26). Importants novetats s'han descobert forçant esfondraments que impediien el pas (GRÀCIA *et al.*, 1998a; 1998b; 2000; 2003; 2006; GRÀCIA i CLAMOR, 2001). Hi ha zones de la cova de sa Gleda amb elevades possibilitats d'haver estat separades de les seves continuacions per esbaldrecs de sostres i parets. És el cas de la part W de la sala d'Entrada, possiblement la part W de la sala Francesc Ripoll, la sala del Cendrar i la galeria de les Còniques (que tanquen la continuació al llevant). Curiosament abans del descobriment del sector Cinc-cents, ja es tenia la premonició espeleològica que més enllà de l'actual pas d'en Judes hi havia la continuació de la cova.

En alguns llocs de la galeria Cinc-cents es veuen gran blocs caiguts amb paleonivells d'espeleotemes freàtics del Pleistocè superior inclosos, que ens situen l'edat màxima de la caiguda dels blocs. Els sostres evolucionats i els cons de materials despresos, estan pràcticament despulats d'espeleotemes a la sala dels Dos Llacs, cambra dels Moros, grans àrees de la galeria Cinc-cents i la sala de les Còniques. És probable que es tracti d'esfondraments recents, els quals encara no han tingut temps de recobrir-se per concrecionaments litoquímics. Hi ha proves de la continuïtat dels processos d'esfondrament en temps recents: un gran bloc caigut al costat del llac d'entrada a la cova es va desprendre sepultant un tub que s'emprava dècades enrera per a l'extracció d'aigua. Al sostre de la cova es pot reconèixer perfectament el lloc d'on procedeix. També s'aprecien clarament diversos esbucaments que han fet malbé part del camí que descendeix fins al llac.

## Els sediments

La presència de sediments en els conductes, sales i galeries submergides de la cova de sa Gleda és molt freqüent. A primera vista s'hi observa una gran variabilitat segons l'indret de la cavitat en el qual ens trobem. Per aquest motiu, vàrem realitzar una sèrie de sondeigs, amb la penetració vertical de forma manual de tubs de PVC de 2 polzades de diàmetre per tal de poder caracteritzar tot el reblliment sedimentari que presenta la cavitat (Fig. 30). Un cop obtinguts els sondeigs, es van obrir, separar en dues meitats, una part va ser emmagatzemada i l'altra va ser mostrejada per a la seva anàlisi acurada. A l'hora d'avaluar la potència global dels sondeigs que queda reflectida a la figura mencionada s'ha de tenir present el procés de compactació que es dóna en el moment de la penetració del sondatge amb la pèrdua d'aigua i en conseqüència una important disminució de la potència sedimentària del mateix, que en algun dels casos arriba a més del 70 %.

La metodologia emprada en l'anàlisi dels sediments ha estat la clàssica en la descripció dels continguts mineralògic, presència de matèria orgànica (LOI), color i anàlisi textural. Per a més detalls podeu consultar el treball de GRÀCIA *et al.* (2006). S'han fet també de forma puntual, observacions de microscòpia electrònica de rastreig (SEM).



Figura 30: Obtenció de mostres mitjançant la realització d'un sondatge manual.

*Figure 30: Sampling through manual coring inside the cave.*



Figura 31: Sondatges realitzats a la cova de sa Gleda. Vegeu-ne la localització a la figura 32.

*Figure 31: Corres of sedimentary infilling in Cova de sa Gleda. See their location on figure 32.*

Donada la forta variabilitat que presenten els sediments (Fig. 31), a l'hora de caracteritzar el reblliment sedimentari hem optat per una descripció cas a cas, és a dir, de cada sondeig obtingut al llarg de tota la cavitat

(Fig. 32), la qual cosa ens permetrà entendre de forma més planera la distribució sedimentària al llarg de la mateixa. Les dades de les anàlisis dels sediments es representen, això no obstant, de forma globalitzada (quan això és possible) per tal de simplificar i no repetir innecessàriament de forma individualitzada el mateix tipus i format de taules.

## SONDATGE GL01

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat al llac d'Entrada dins del sector Clàssic de la cavitat (Taula 1). Els seixanta centímetres de potència de sediments (> 1,5 m abans de la compactació) que té aquest sondatge corresponen a una acumulació de llims argilosos de color marró vermellós i de composició silícica.

El sondatge mostra dos nivells clarament diferenciats i separats per una superfície d'erosió. El nivell superior, de 51 cm de potència presenta una alternança de nivells d'ordre centimètric amb coloracions que alternen de vermell obscur a marró vermellós fosc en humit i de marró clar a marró groguenc en sec (Taula 2). El

seu contingut en matèria orgànica està al voltant del 10 % concentrant-se aquesta en làmines mil·limètriques que li confereixen en aquesta primera part una clara estructura varvada (Fig. 33). És freqüent la presència de llavors així com de restes de fibres vegetals. La textura del sediment (Taula 3) està dominada pels fins (96,17 %) corresponent la resta a la fracció arena (3,83 %), amb una mitjana de mida de gra de 12,26  $\mu\text{m}$  (llims mitjans) i amb una mediana (D50) de 5,42  $\mu\text{m}$  que correspon a llims fins. El percentatge de contingut en argiles és del 42,44 % (Taula 4). Aquests valors són més o menys constants en tot el nivell. Des del punt de vista de la composició mineralògica, el component principal és el quars amb uns valors que oscil·len de 42,9 % a 66,5 % amb un valor mitjà de 48,9 %, estant en segon lloc els minerals de les argiles entre els que destaca la il·lita amb un valor mitjà de 10,9 % i la caolinita amb un 5,8 %. Els feldspats presenten un valor mitjà de 6,7 %, i entre els carbonats hi ha calcita amb baix contingut de magnesi (LMC) amb un 5,3 %, calcita magnesiàna (HMC) amb un 2,9 % i dolomita amb un 3,2 % de mitjana. També s'ha detectat anhidrita (2,9 %), halita (3,2 %) i altres minerals de grup de les argiles (probablement esmectites) amb valors mitjans inferiors al 1 %. En cas al llarg de tot el nivell s'hi observen diferències relle-

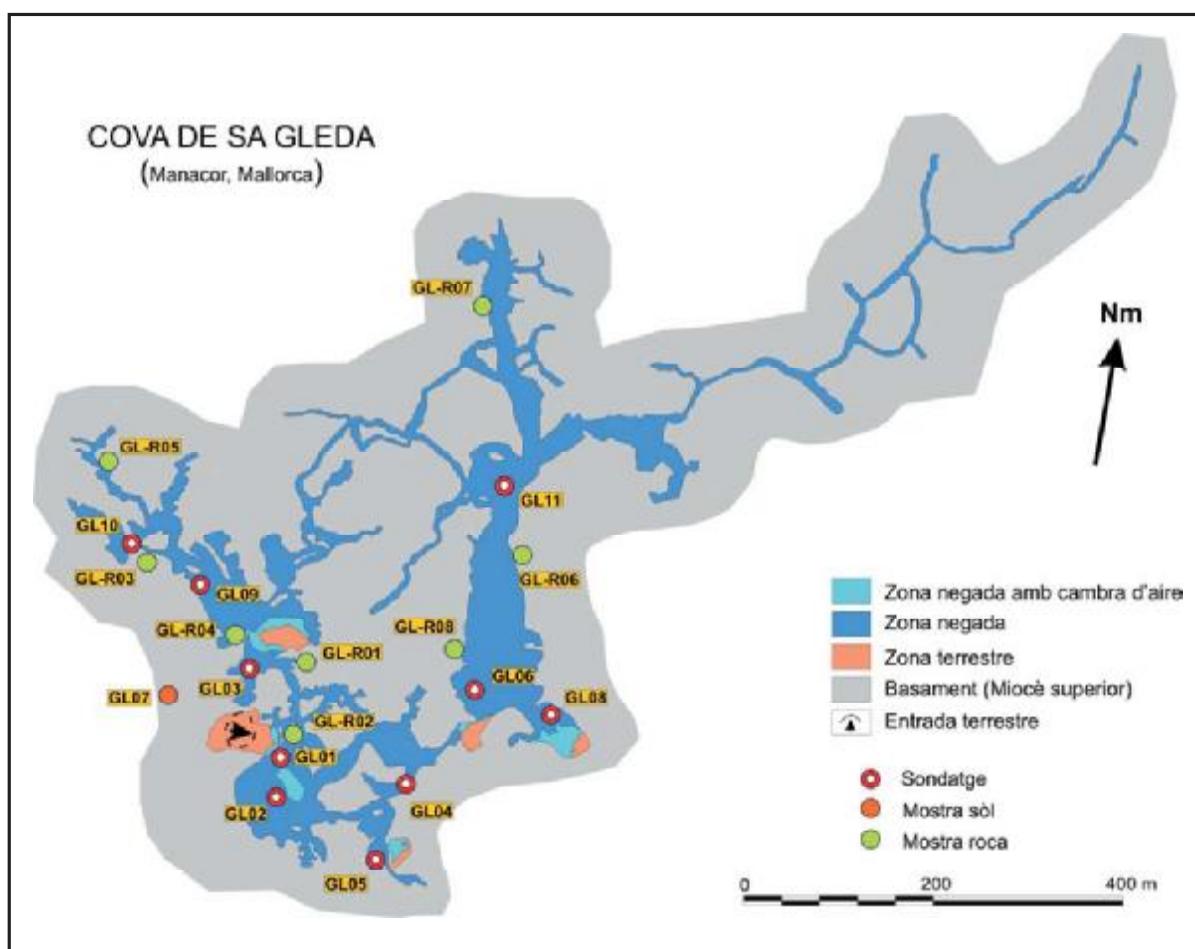


Figura 32: Localització de les mostres i sondatges realitzats a la cova de sa Gleda.

Figura 33: Localització de les mostres i sondatges realitzats a la cova de sa Gleda.

vants en la composició mineralògica (Taula 5).

La zona de contacte entre el dos nivells presenta una sèrie de cicatrius erosives (Fig. 33) amb làmines clarament discordants i amb un nivell d'uns sis mil·límetres format per arenas de gra fi. Aquesta unitat clarament discordant dona pas al nivell inferior en el qual la laminació torna a ser horitzontal, i malgrat les característiques generals són similars al nivell superior, s'hi poden observar algunes diferències. Entre aquestes tenim que el color presenta tonalitats més vermelloses en humit i molt més obscures en sec. La presència de matèria orgànica és similar, però no s'hi han observat llavors, ni l'estructura varvada hi és tan marcada. Les característiques texturals són pràcticament idèntiques, destacant només un petit increment de l'1 % en la proporció d'arenas. En la composició mineralògica només s'hi observa un petit increment al voltant de l'1 % en els continguts de dolomita i calcita magnesiàna.

### Interpretació

La interpretació dels materials presents en aquest sondatge és similar al de les fàcies descrites en altres cavitats localitzades al Miocè de la Marina de Llevant (GRÀCIA *et al.*, 2006). Els materials que són arrossegats en moments d'intensa precipitació externa a la cavitat corresponents al rentat de la cobertora edàfica, són introduïts dins la cavitat per les principals obertures i vies d'accés. Aquests materials escaients a sediments bàsicament fins i abundant matèria orgànica corresponent en la seva major part a llavors i fibres vegetals. Les principals aportacions, siguin estacionals i/o per altres causes esporàdiques, amb el conseqüent període de tranquil·litat sedimentària (probablement només amb les aportacions procedents de la decantació de partícules

originades en l'alteració de la roca encaixant), donaria lloc a la laminació varvada que s'hi observa. Podríem doncs el conjunt considerar-lo com a fàcies d'entrada en sentit ampli. L'arribada d'una forta escorrentia pot donar lloc al retreballament dels sediments ja dipositats amb una resedimentació i, probablement, la formació de cicatrius erosives. En qualsevol cas creiem que són sediments relativament recents lligats a la dinàmica actual o subactual de la cavitat (FORNÓS i GRÀCIA, 2007).

## SONDATGE GL02

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la sala Francesc Ripoll dins del sector Clàssic de la cavitat (Taula 1). Els trenta i escaig centímetres de potència de sediments que mostra corresponen en la seva major part a una acumulació de llims argilosos de color marró vermellós i de composició silícica, que presenta un canvi brusc cap a composició carbonatada a la base.

Podem parlar doncs de dos nivells diferenciats. El superior de 28 cm de potència, és molt similar al representat en el sondatge GL01. Es tracta de llims de coloracions marrons a vermells obscurs en humit que en sec donen colors grocs marronencs. El contingut en matèria orgànica està al voltant del 9 % amb poques variacions (Taula 2). Presenta laminació mil·limètrica que ve donada per les acumulacions de matèria orgànica i petites variacions en la textura del dipòsit. La textura del sondatge està dominada pels fins amb una mitjana del 94,5 % (un 57 % correspondria a la fracció llims i al voltant del 37 % a les argiles) i la resta, un 5,5 % correspon a arenas que puntualment en alguna mostra

Mostra	Nom	Profunditat	Comentaris
<b>MOSTRES DE ROCA</b>			
GL-R01	Galeries dels Gemecs (sector Clàssic)	(-12 m)	Zona molt afectada per la corrosió
GL-R02	Sala Francesc Ripoll (sostre, sector Clàssic)	(-6 m)	Sala d'esfondrament
GL-R03	Galeries de les Haloclines (sector de Ponent)	(-12 m)	Zona de morfologies espongiformes. Molta corrosió.
GL-R04	Sala dels Dos Llacs (sector de Ponent)	(-6 m)	Sala d'esfondrament
GL-R05	Galeries de les Haloclines (zona terminal, sector de Ponent)	(-14 m)	Magnífiques morfologies de corrosió amb regates molt marcades. Roca molt forta.
GL-R06	Galeria Cinc-cents (tram mitjà)	(-6 m)	Sala d'esfondrament de gran volum
GL-R07	Galeria Cinc-cents (tram final)	(-7 m)	Sala d'esfondrament de gran volum
GL-R08	Galeria Cinc-cents (començament)	(-6 m)	Sala d'esfondrament de gran volum
<b>MOSTRES DE SEDIMENTS (sondatges)</b>			
GL-01	Llac d'entrada (sector Clàssic)	(-7 m)	mostres GL01-01 a GL01-15
GL-02	Sala Francesc Ripoll (sector Clàssic)	(-14 m)	mostres GL02-01 a GL02-11
GL-03	Sala dels Dos Llacs (sector de Ponent)	(-20 m)	mostres GL03-01 a GL03-12
GL-04	Circuit dels Pirates (sector Clàssic)	(-15 m)	mostres GL04-01 a GL04-08
GL-05	Sala del Cendrar (sector Clàssic)	(-17 m)	mostres GL05-01 a GL05-05
GL-06	Cambra dels Moros (sector Cinc-cents)	(-8 m)	mostres GL06-01 a GL06-04
GL-08	Galeria de les Còniques (sector Cinc-cents)	(-7 m)	mostres GL08-01 a GL08-13
GL-09	Galeria dels Degotissos (sector de Ponent)	(-11 m)	mostres GL09-01 a GL09-05
GL-10	Galeries de les Haloclines (sector de Ponent)	(-18 m)	mostres GL10-01 a GL10-09
GL-11	Galeria Cinc-cents (sector Cinc-Cents)	(-14 m)	mostres GL11-01 a GL11-02
<b>MOSTRA DE SÒL</b>			
GL07	Devora la sala d'Entrada del sector Clàssic	superfície	

Taula 1: Relació de mostres recollides a la cova de sa Gleda.

Table 1: List of samples obtained at Cova de sa Gleda.



Sondatge	Mostra	Profunditat (cm)	Color humit		Color sec		Matèria orgànica (%)
GL01	GL01-01	0-5,5	2,5YR4/8	vermell fosc	7,5YR6/4	marró clar	9,43
	GL01-02	5,5-13	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR6/4	marró clar	9,39
	GL01-03	13-17	5YR4/3	marró vermellós	7,5YR6/6	groc vermellós	9,80
	GL01-04	17-21	7,5YR3/3	marró fosc	10YR5/4	marró groguenc	9,59
	GL01-05	21-26,5	7,5YR3/4	marró fosc	7,5YR6/3	marró clar	11,03
	GL01-06	26,5-30	10R4/8	vermell	7,5YR5/6	marró fort	9,34
	GL01-07	30-36	2,5R4/4	vermell obscur	7,5YR6/4	marró clar	9,85
	GL01-08	36-39	5YR3/3	maró vermellós fosc	10YR5/4	marró groguenc	9,68
	GL01-09	39-43,5	5YR3/3	maró vermellós fosc	7,5YR5/4	marró	9,86
	GL01-10	43,5-46	5YR3/2	maró vermellós fosc	7,5YR5/4	marró	10,91
	GL01-11	46-50	5YR3/3	maró vermellós fosc	10YR4/4	marró groguenc fosc	10,99
	GL01-12	50-51,8	2,5YR4/6	vermell fosc	-	-	-
	GL01-13	51,8-52,5	2,5YR5/8	vermell	7,5YR5/6	marró fort	10,03
	GL01-14	52,5-56,5	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR5/4	marró	9,55
	GL01-15	56,5-60	7,5YR3/4	marró fosc	7,5YR5/6	marró fort	9,35
GL02	GL02-01	0-4	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR5/6	marró fort	9,66
	GL02-02	4-10	7,5YR4/4	marró	10YR6/6	groc marronós	9,67
	GL02-03	10-14,5	7,5YR4/4	marró	10YR6/6	groc marronós	8,78
	GL02-04	14,5-17	7,5YR4/3	marró	10YR5/4	marró groguenc	9,09
	GL02-05	17-20,5	7,5YR2,5/2	marró molt fosc	10YR5/4	marró groguenc	9,49
	GL02-06	20,5-23	2,5Y3/3	vermell obscur	10YR5/3	marró	11,17
	GL02-07	23-24,5	2,5Y2,5/1	gris vermellós fosc	2,5Y5/3	vermell débil	8,72
	GL02-08	24,5-28	2,5YR4/3	vermell obscur	2,5Y6/4	vermell débil	7,39
	GL02-09	28-29,5	5YR4/6	vermell groguenc	5YR6/8	groc vermellós	4,54
	GL02-10F	29,5-32	10YR8/6	groc	10YR8/4	marró molt pàlid	11,36
	GL02-11A	32-34?	7,5YR5/6	groc vermellós	10YR7/4	marró molt pàlid	11,54
	GL02-11F	-	-	-	-	-	-
GL03	GL03-01	0-3	10YR3/2	marró grisós molt fosc	10YR4/4	marró groguenc fosc	11,72
	GL03-02	3,5-5	5Y4/1	gris fosc	10YR5/1	gris	15,38
	GL03-03	5-5,5	5Y7/1	gris clar	10YR6/1	gris	-
	GL03-04	5,5-6	5Y6/1	gris	10YR6/1	gris	18,57
	GL03-05	6-7	5Y5/1	gris	2,5YR5/1	gris vermellós fosc	20,62
	GL03-06	7-10,5	5Y4/1	gris fosc	2,5YR6/1	gris vermellós	14,81
	GL03-07	10,5-14	5Y3/1	gris molt fosc	2,5YR5/1	gris vermellós fosc	17,59
	GL03-08	14-17	5Y2,5/1	negre	2,5YR5/1	gris vermellós fosc	21,50
	GL03-09	17-21	5Y4/1	gris fosc	2,5YR6/1	gris vermellós	14,99
	GL03-10	21-24	5Y4/1	gris fosc	2,5YR6/1	gris vermellós	15,88
	GL03-11	24-27	5Y4/1	gris fosc	2,5YR6/1	gris vermellós	1,29
	GL03-12	27-31	5Y3/1	gris molt fosc	2,5YR5/1	gris vermellós fosc	13,93
GL04	GL04-01	0-2	7,5YR3/4	marró fosc	7,5YR5/6	marró fort	14,47
	GL04-02	2-6	7,5YR4/6	marró fort	7,5YR6/6	groc vermellós	15,52
	GL04-03	6-7,5	7,5YR5/6	marró fort	7,5YR6/6	groc vermellós	-
	GL04-04	7,5-9,5	7,5YR6/6	groc vermellós	7,5YR6/6	groc vermellós	4,19
	GL04-05	9,5-13	10YR7/6	groc	10YR7/6	groc	3,40
	GL04-06	13-17,5	10YR7/6	groc	10YR7/6	groc	2,15
	GL04-07	17,5-20	10YR6/6	groc marronós	10YR5/6	marró groguenc	9,28
	GL04-08	20-22,5	10YR5/6	marró groguenc	10YR6/6	groc marronós	5,15
GL05	GL05-01	0-3	7,5YR4/6	marró fort	5YR6/6	groc vermellós	-
	GL05-02	3-4,5	5YR4/6	vermell groguenc	5YR6/6	groc vermellós	15,32
	GL05-03	4,5-6,5	7,5YR5/6	marró fort	7,5YR5/6	marró fort	6,92
	GL05-04	6,5-9,5	2,5YR4/6	vermell fosc	5YR5/8	vermell groguenc	7,90
	GL05-05	9,5-12	2,5YR4/6	vermell fosc	5YR5/8	vermell groguenc	6,12
GL06	GL06-01	0-3,5	7,5YR6/6	groc vermellós	10YR6/4	marró groguenc lleuger	19,15
	GL06-02	3,5-6,5	5Y2,5/1	negre	10YR4/1	gris fosc	20,63
	GL06-03	6,5-8,5	10YR5/4	marró groguenc	10YR7/4	marró molt pàlid	19,53
	GL06-04	8,5-10	5Y3/2	gris oliva fosc	10YR5/2	marró grisós	21,43
GL07	GL07-01	superfície	7,5YR4/4	marró	7,5YR4/4	marró	16,20
GL08	GL08-01	0-3,5	5YR5/6	vermell groguenc	7,5YR5/6	marró fort	10,18
	GL08-02	3,5-9	5YR5/6	vermell groguenc	5YR6/6	groc vermellós	6,65
	GL08-03	9-10,5	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR5/6	marró fort	7,75
	GL08-03a	10,5-11	5YR5/4	marró vermellós	7,5YR5/4	marró	5,13
	GL08-04	11-17	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR5/6	marró fort	8,27
	GL08-05	17-20	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,57
	GL08-06	20-23	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,38
	GL08-07	23-27	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,63
	GL08-08	27-29	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,81
	GL08-09	29-31	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR5/6	marró fort	7,47
	GL08-10	31-34	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR5/4	marró	8,49
	GL08-11	34-36	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR6/6	groc vermellós	8,06
	GL08-12	36-39	5YR4/6	vermell groguenc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,17
GL08-13	39-42,5	2,5YR4/6	vermell fosc	7,5YR6/6	groc vermellós	7,07	
GL09	GL09-01	0-5	7,5YR7/4	rosa	7,5YR8/2	blanc rosat	20,77
	GL09-02	5-9	2,5YR6/6	vermell	5YR8/3	rosa	22,63
	GL09-03	9-12	10R6/6	vermell clar	5YR7/4	rosa	23,81
	GL09-04	12-16,5	10R6/6	vermell clar	5YR6/4	marró vermellós clar	23,40
	GL09-05	16,5-20	10R6/4	vermell pàlid	5YR8/3	rosa	23,29
GL10	GL10-01	0-5	5YR8/3	rosa	5YR7/3	rosa	12,64
	GL10-01a	-	-	-	-	-	-
	GL10-02	5-10	5YR8/3	rosa	5YR8/3	rosa	3,07
	GL10-03	10-15,5	5YR6/3	marró vermellós clar	5YR7/3	rosa	9,72
	GL10-03a	-	-	-	-	-	-
	GL10-04	15,5-21	5YR5/4	marró vermellós	5YR7/3	rosa	12,13
	GL10-05	21-27	5YR4/4	marró vermellós	5YR6/3	marró vermellós clar	12,17
	GL10-06	27-31	2,5YR4/6	vermell fosc	5YR6/3	marró vermellós clar	12,74
	GL10-07	31-35	2,5YR4/4	vermell obscur	2,5YR6/4	vermell débil	7,58
GL10-07a	-	N9	blanc	-	-	-	
GL10-08	35-36	5Y5/3	oliva	10R6/4	vermell pàlid	10,75	
GL10-09	36-40	2,5YR4/3	vermell obscur	5YR7/3	rosa	5,17	
GL11	GL11-01	0-6	2,5YR6/8	vermell	5YR7/4	rosa	4,02
	GL11-02	6-12	2,5YR6/8	vermell	5YR7/4	rosa	4,84

Taula 2: Descripció del color de les mostres en humit i en sec i contingut en matèria orgànica (LOI) dels sediments que rebleixen els conductes i galeries de la cova de sa Gleda.

Table 2: Sample color description, in wet and dry conditions, as well as organic matter content (% LOI) of sediments present at Gleda de sa Gleda passages.

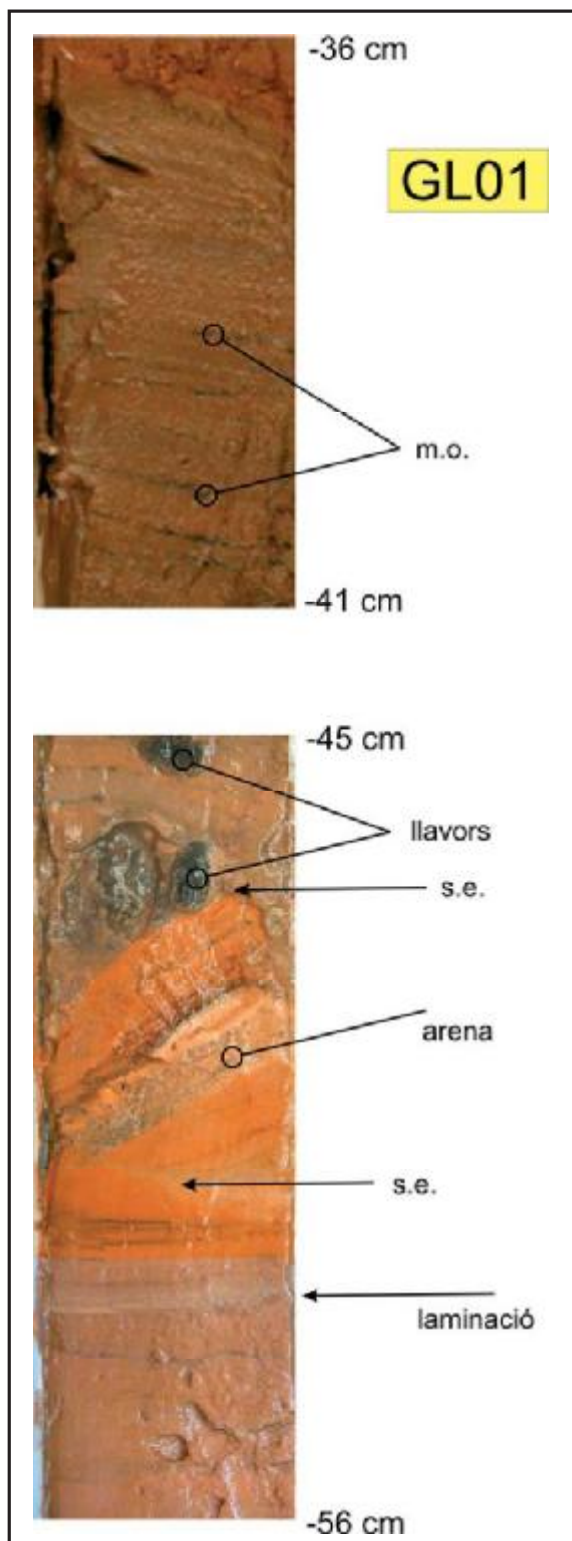


Figura 33: Fotos de detall del rebliment sedimentari del sondatge GL01 fet al llac d'entrada del sector Clàssic, on es pot observar la típica estructura varvada marcada per l'acumulació de matèria orgànica (m.o.), així com la presència de llavors i cicatrius erosives (s.e.).

Figure 33: Details of the sedimentary infilling (core GL01) at the lake d'Entrada (Clàssic sector), where varve laminations induced by a concentration of organic matter (m.o.) can be seen, as well as fossil presence and erosive laminations (s.e.).

poden superar el 14 % que en la seva major part són arenes molt fines (Taula 3). El valor mig de la mida de gra és de 15,18  $\mu\text{m}$  (llims mitjans) i el valor de la mediana correspon a llims fins ( $D:50 = 6,47 \mu\text{m}$ ). La mineralogia d'aquest tram (Taula 4) ve dominada pel quars amb poc més del 48 % de mitjana. Les argiles estan representades per il·lita (9,2 %) i caolinita (4,7 %). Els feldspats representen el 5,3 % i en referència als carbonats hi ha calcita (LMC) amb un valor mig de 9,2 %, calcita magnesiàna (0,7 %) i dolomita (4,8 %). A destacar la presència d'halita (2,8 %) i guix (0,7 %). El trànsit cap a la base del sondatge es fa amb uns 4 cm de llims de coloracions més vermelloses en humit, i marrons en sec que no mostren laminacions marcades i amb una clara disminució del percentatge de matèria orgànica (al voltant del 5 %). Aquest nivell dóna pas al nivell de la base del sondatge, del qual s'hi poden observar uns 4 cm, clarament diferenciats de la resta. Correspon a uns materials de color groc en humit que en sec donen tonalitats marrons pàl·lides i amb uns percentatges de matèria orgànica propers al 12 %. Texturalment es tracta d'arenes de gra mitjà amb presència més o menys important de fins. La mineralogia està dominada pels carbonats, amb valors que poden superar el 70 % de dolomita dins de les fraccions més fines, o 55 % de la calcita dins de lo que són les arenes. El quars pot superar el 10 %; hi ha també feldspats (< 4 %) i argiles (il·lita amb un 6 % i caolinita amb menys d'un 2%).

### Interpretació

La part superior del sondatge correspondria, com hem comentat en el cas anterior del sondatge GL01, a les fàcies d'entrada llimoses arrossegades en moments de fortes precipitacions. De fet aquest sondatge ens indica la progració en forma de "ventall" en un punt més distal (en direcció a l'interior de la cavitat) dels materials procedents de l'obertura de la sala d'Entrada. Aquests sediments es disposen sobre unes arenes dolomítiques, que ens indiquen un funcionament previ de la sala a la qual s'hi ha anat acumulant restes de la corrosió que ha afectat a les parets i espeleotemes, i restes de calcita flotant.

### SONDATGE GL03

#### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat abans de la sala dels Dos Llacs dins del sector de Ponent de la cavitat (Taula 1). Els 31 cm de potència de sediments que té aquest sondatge corresponen a una acumulació de llims arenosos de color gris obscur i de composició silícica.

La sedimentació de tot el sondatge és molt uniforme, amb seqüències marcades de textura granodereixent especialment evidents a sostre o tram superior final en el qual s'hi observen els límits d'aquestes amb laminacions d'uns 2 mm de potència de color blanc i textura alternant arenosa - llimosa i que acaben amb materials més fins marronosos (Fig. 34). La resta del sondatge presenta una coloració gris obscura en humit i gris vermellosa en sec amb petites variacions de tona-

Mostra	Profunditat (m)	Graves (%)	Arenes (%)	Fins (%)	Mitjana µm	Mediana µm	m/M	Moda µm	S.D. µm	Skewness
<b>Sondatge 01</b>										
GL01-01	0-5,5	0,00	0,01	99,99	7,56	4,36	1,74	4,44	8,98	2,46
GL01-02	5,5-13	0,00	6,10	93,90	15,14	5,65	2,68	4,44	22,57	2,45
GL01-03	13-17	0,00	0,00	100,00	6,35	4,03	1,58	4,44	6,81	2,20
GL01-04	17-21	0,00	1,90	98,10	8,41	3,87	2,18	4,05	14,29	4,12
GL01-05	21-26,5	0,00	5,20	94,80	14,60	5,42	2,69	4,88	26,76	3,71
GL01-06	26,5-30	0,00	7,40	92,60	17,23	5,76	2,99	4,05	26,37	2,49
GL01-07	30-36	0,00	7,20	92,80	17,30	6,64	2,61	4,88	25,08	2,38
GL01-08	36-39	0,00	2,00	98,00	8,94	4,16	2,15	4,05	15,43	4,38
GL01-09	39-43,5	0,00	1,50	98,50	9,37	4,70	1,99	4,44	13,49	3,35
GL01-10	43,5-46	0,00	8,80	91,20	22,21	10,48	2,12	12,40	30,10	2,51
GL01-11	46-50	0,00	2,00	98,00	9,99	4,56	2,19	4,44	14,39	2,68
GL01-12	50-51,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL01-13	51,8-52,5	0,00	12,20	87,80	26,00	6,90	3,77	4,44	46,65	3,16
GL01-14	52,5-56,5	0,00	2,50	97,50	10,90	4,93	2,21	4,44	17,41	3,74
GL01-15	56,5-60	0,00	1,90	98,10	8,59	3,94	2,18	4,05	15,66	4,63
<b>Sondatge 02</b>										
GL02-01	0-4	0,00	6,20	93,80	14,96	5,13	2,92	4,05	23,43	2,55
GL02-02	4-10	0,00	3,30	96,70	12,29	5,51	2,23	5,36	18,74	3,24
GL02-03	10-14,5	0,00	3,30	96,70	11,38	4,56	2,50	4,05	17,51	2,89
GL02-04	14,5-17	0,00	3,10	96,90	10,90	4,40	2,48	4,05	22,22	4,76
GL02-05	17-20,5	0,00	4,10	95,90	13,35	5,31	2,52	4,44	21,58	3,32
GL02-06	20,5-23	0,00	14,00	86,00	26,92	11,13	2,42	9,37	34,26	1,83
GL02-07	23-24,5	0,00	11,20	88,80	24,78	11,20	2,21	10,29	32,40	2,18
GL02-08	24,5-28	0,00	6,90	93,10	16,77	5,97	2,81	4,44	26,27	2,70
GL02-09	28-29,5	0,00	1,70	98,30	9,88	4,49	2,20	4,05	14,96	3,48
GL02-10F	29,5-32	0,00	1,20	98,80	10,56	7,02	1,50	10,29	13,39	4,26
GL02-11A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL02-11F	32-34?	0,00	1,00	99,00	11,48	7,32	1,57	9,37	12,73	2,42
<b>Sondatge 03</b>										
GL03-01	0-3,5	0,00	19,80	80,20	39,16	31,71	1,24	41,68	33,01	1,21
GL03-02	3,5-5	0,00	21,70	78,30	40,03	31,93	1,25	50,22	33,93	1,13
GL03-03	5-5,5	0,00	31,40	68,60	49,00	39,67	1,24	66,44	40,84	0,97
GL03-04	5,5-6	0,00	56,90	43,10	149,10	75,47	1,98	80,07	216,30	3,26
GL03-05	6-7	0,00	34,80	65,20	51,41	42,98	1,20	72,94	41,32	0,80
GL03-06	7-10,5	0,00	38,40	61,60	54,59	46,26	1,18	87,90	44,12	0,75
GL03-07	10,5-14	0,00	52,90	47,10	104,60	70,34	1,49	116,30	113,00	1,79
GL03-08	14-17	0,00	70,50	29,50	274,90	166,20	1,65	429,20	294,90	1,63
GL03-09	17-21	0,00	41,80	58,20	58,76	49,65	1,18	96,49	46,90	0,66
GL03-10	21-24	0,00	45,60	54,40	75,77	54,88	1,38	105,90	78,89	2,19
GL03-11	24-27	0,00	51,20	48,80	96,35	65,65	1,47	127,60	99,33	1,68
GL03-12	27-31	0,00	52,50	47,50	100,80	68,11	1,48	127,60	103,30	1,71
<b>Sondatge 04</b>										
GL04-01	0-2	0,00	46,10	53,90	78,95	56,49	1,40	96,49	84,13	2,34
GL04-02	2-5	0,00	30,40	69,60	48,55	39,28	1,24	60,52	40,36	1,00
GL04-03	6-7,5	0,00	31,50	68,50	50,82	39,66	1,28	55,13	42,91	1,09
GL04-04	7,5-9,5	0,00	59,30	40,70	208,30	93,59	2,23	429,20	268,50	2,16
GL04-05	9,5-13	0,00	63,30	36,70	195,80	104,90	0,87	127,60	227,20	1,95
GL04-06	13-17,5	0,00	65,90	34,10	145,90	105,10	1,39	140,10	139,40	1,51
GL04-07	17,5-20	0,00	44,00	56,00	90,47	54,91	1,65	66,44	121,10	3,75
GL04-08	20-22,5	0,00	50,90	49,10	135,80	64,57	2,10	87,90	214,80	3,25
<b>Sondatge 05</b>										
GL05-01	0-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL05-02	3-4,5	0,00	22,40	77,60	41,38	3,78	1,35	41,68	38,44	1,31
GL05-03	4,5-6,5	0,00	40,10	59,90	79,68	46,85	1,70	37,97	95,48	2,45
GL05-04	6,5-9,5	0,00	23,90	76,10	43,30	33,47	1,29	41,68	37,45	1,26
GL05-05	9,5-12	0,00	18,20	81,80	37,94	29,58	1,28	34,58	32,74	1,37
<b>Sondatge 06</b>										
GL06-01	0-3,5	0,00	52,80	47,20	136,70	69,29	1,97	105,90	190,60	2,84
GL06-02	3,5-6,5	1,70	72,00	28,00	438,50	297,30	1,48	567,70	463,00	1,30
GL06-03	6,5-8,5	0,00	54,30	45,70	108,70	72,35	1,50	116,30	116,20	1,80
GL06-04	8,5-10	0,00	64,30	35,70	246,80	121,70	2,03	471,10	294,90	1,81
<b>Sòl 07</b>										
GL07-01	sòl edàfic	0,00	14,30	85,70	31,82	8,40	3,79	31,50	55,56	2,93
<b>Sondatge 08</b>										
GL08-01	0-3,5	0,00	22,40	77,60	41,30	33,59	1,23	45,75	33,55	1,07
GL08-02	3,5-9	0,00	32,30	67,70	50,20	41,91	1,20	60,52	39,28	0,87
GL08-03	9-10,5	0,00	21,30	78,70	39,80	32,34	1,23	45,75	32,80	1,07
GL08-03a	10,5-11	0,00	24,80	75,20	43,67	38,74	1,13	50,22	32,15	0,81
GL08-04	11-17	0,00	31,00	69,00	49,04	40,78	1,20	60,52	38,73	0,89
GL08-05	17-20	0,00	26,20	73,80	44,35	37,05	1,20	55,13	34,84	0,91
GL08-06	20-23	0,00	28,00	72,00	46,15	38,00	1,21	55,13	37,10	0,95
GL08-07	23-27	0,00	29,50	70,50	47,17	38,97	1,21	60,52	37,69	0,89
GL08-08	27-29	0,00	19,50	80,50	38,19	31,35	1,22	45,75	31,52	1,06
GL08-09	29-31	0,00	19,10	80,90	37,51	30,28	1,24	41,68	31,50	1,09
GL08-10	31-34	0,00	34,90	65,10	62,82	40,28	1,56	55,13	73,95	2,73
GL08-11	34-36	0,00	26,30	73,70	45,42	35,73	1,27	45,75	39,16	1,19
GL08-12	36-39	0,00	18,10	81,90	37,28	31,28	1,19	45,75	30,24	1,05
GL08-13	39-42,5	0,00	24,40	75,60	42,64	35,22	1,21	50,22	34,68	0,99
<b>Sondatge 09</b>										
GL09-01	0-5	0,00	37,50	62,50	115,10	37,22	3,09	34,58	186,60	2,59
GL09-02	5-9	0,00	43,70	56,30	163,30	49,27	3,31	50,22	250,70	2,17
GL09-03	9-12	0,00	33,80	66,20	68,63	40,13	1,71	55,13	93,58	2,88
GL09-04	12-16,5	0,00	35,40	64,60	65,26	42,55	1,53	60,52	80,39	2,96
GL09-05	16,5-20	0,00	35,00	65,00	81,10	39,79	2,04	45,75	113,00	2,34
<b>Sondatge 10</b>										
GL10-01	0-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-01a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-02	5-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-03	10-15,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-03a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-04	15,5-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-05	21-27	0,00	43,50	56,50	77,20	52,68	1,47	87,90	86,21	2,40
GL10-06	27-31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-07	31-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-07a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-08	35-36	0,00	35,10	64,90	52,28	44,07	1,19	72,94	41,43	0,84
GL10-09	36-40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sondatge 11</b>										
GL11-01	0-6	0,00	81,30	18,73	557,61	528,94	1,05	684,16	435,23	0,61
GL11-02	6-12	0,00	78,21	21,79	410,23	360,78	1,14	517,18	348,29	0,73

Taula 3: Paràmetres estadístics texturals de les mostres estudiades.

Table 3: Textural statistical parameters of the studied samples.

litat. El percentatge de matèria orgànica és la més elevada de totes les mostres recollides a la cova de sa Gleda amb un valor mitjà proper al 16 % i que en algunes mostres arriba a superar el 20 %. Des del punt de vista textural, les arenes representen poc més del 43 % i els fins els 57 % dels quals només el 7 % corresponen a argiles. El valor mitjà de la mida de gra és de 91,2 µm (arenas molt fines) i el valor de la mediana es de 61,9 µm (llims molt gruixuts). En alguna mostra el percentatge de les arenes molt gruixudes poden arribar a superar el 5 %. La mineralogia està dominada pels carbonats en les fàcies texturalment més gruixudes, amb uns valors mitjans de 42,6 % per a la calcita. També hi ha dolomita (6,7 % de mitjana) i argiles (amb un 3,7 % d'il·lita i un 1,3 % de caolinita). El quars, present majoritàriament en les fraccions llimoses, representa poc més del 25 % i el feldspat hi és amb poc més del 3 %. També hi és present l'halita amb quasi un 5 %, i en el nivell superior s'ha observat guix (< 1 %).

### Interpretació

Les fàcies que presenta aquest sondatge s'interpreten com a una mescla de sediments procedents de dos processos diferents. Per una banda tindriem, com en els casos anteriors les aportacions dels llims silícics externs relacionats amb la proximitat de la sala d'Entrada de la cavitat i que es donarien en moments puntuals i amb forta intensitat (seqüències granodecreixents) i per altra l'acumulació de materials carbonatats de textura arenosa dipositats *in situ*, sigui a partir de l'acumulació de calcita flotant, sigui a partir de la pluja de restes de la roca encaixant per efectes de la corrosió. La gran proporció de matèria orgànica i la coloració gris obscura de tot el sondatge ens indicaria la preservació de la matèria orgànica probablement per la presència d'aigües anòxiques en aquest indret (es tracta del sondatge realitzat a més profunditat dins de la cavitat). El sostre del sondatge ens indicaria un canvi en les condicions, amb una clara oxigenació i unes aportacions externes molt més importants que la pròpia producció interna.

## SONDATGE GL04

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat al circuit dels Pirates dins del sector Clàssic de la cavitat (Taula 1). Els 23 cm de potència de sediments que té corresponen a una acumulació de llims vermellosos de composició silícica a sostre sobre una base arenosa groga de composició carbonatada.

Sobre la base del sondatge formada probablement per llims vermells que no ha estat possible mostrejar, s'hi diferencien dues unitats. La inferior de 13 cm de potència presenta una coloració groga en humit i groc marronenc en sec. Amb un 5 % de matèria orgànica està formada per arenes llimoses. La textura presenta un 57 % de fracció arena, en la qual hi dominen les arenes mitjanes (Taula 4) i un 43 % per fins dels quals un 3,7 % són argiles. El valor mitjà de la mida de gra és 155,3 µm (arenas fines) i la mediana correspon a are-

nes molt fines (D50 = 84,6 µm). La mineralogia d'aquesta unitat està dominada pels carbonats amb quasi un 75 % de mitjana de calcita amb petites proporcions de dolomita (> 1,3 %) i de calcita magnesiana (> 0,3 %). El quars representa un 10,5 % i els feldspats prop d'un 1 %. A les argiles, corresponen un 4,5 % d'il·lita i un 2,1 % de caolinita. L'halita hi és omnipresent amb poc més del 5 %.

La unitat superior es disposa de forma gradual sobre l'anterior i destaca la coloració marró en humit que dona colors grocs vermellosos en sec i un clar increment (> 14 %) en matèria orgànica respecte a la unitat sotajacent. Amb una lleugera laminació, texturalment és molt més fina, amb una proporció d'arenas que no arriba al 36 % mentre que els fins superen el 64 % de composició mitjana, dels quals les argiles en són el 7,3 %. El valor mitjà de la mida de gra és 59,4 µm (llims molt gruixuts) mentre que la mediana correspon també als llims molt gruixuts (D50 = 45,1 µm). La mineralogia d'aquesta unitat mostra proporcions similars de carbonats i silícics. Així, la composició carbonatada està dominada per la dolomita (32,8 %), calcita amb un 6,4 % i també calcita magnesiana (1,4 %). El quars representa un 34,6 % i els feldspats poc més del 3,2 %. La il·lita amb més de un 8,2 % i la caolinita amb 3,5 % són les argiles presents. A destacar la probable presència d'anhidrita. L'halita també hi és omnipresent amb poc més del 7 %.

### Interpretació

Aquest sondatge enregistra l'acumulació de sediments procedents d'una font exterior que es dipositen sobre una acumulació de materials carbonatats procedents de l'acumulació de grans carbonatats residuals de la corrosió de les parets i calcita flotant. Això podria indicar etapes de fluctuació relativament recents del nivell de les aigües freàtiques a la cavitat per tal de poder haver-hi cambres d'aire i així produir-se la precipitació de la calcita flotant.

## SONDATGE GL05

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la sala des Cendrar dins del sector Clàssic de la cavitat (Taula 1). Es tracta d'un sondatge de només 12 cm de potència de sediments que corresponen a una acumulació de llims arenosos amb alguns clastos.

El sondatge presenta una coloració alternant vermell fosc a marró fort en humit que és groc vermellós a vermell groguenc en sec. Els percentatges de matèria orgànica a sostre del sondatge superen el 15 % mentre que a la resta estan al voltant del 7 %. Dins del sondatge s'hi observen nivells diferents amb contactes relativament nets que venen donats per la variació en el percentatge de la fracció arena. Encara que la mitjana del contingut d'arenas en el sondatge és de 26,2 % aquests valors (Taula 3) poden arribar a superar el 40 % (mostra GL05-03). La mitjana del contingut en fins és del 73,9 % dels quals només un 6,9 % correspon a les argi-

Mostra	Profunditat (m)	Grava			Arena			Llim	Argila
		>2mm	AMG 2-1mm	AG 1-0.5mm	AM 0.5-0.2mm	AF 0.2-0.1mm	AMF 0.1-0.06		
<b>Sondatge 01</b>									
GL01-01	0-5,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	53,29	46,70
GL01-02	5,5-13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	5,80	53,50	39,50
GL01-03	13-17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,30	49,70
GL01-04	17-21	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,90	46,80	50,30
GL01-05	21-26,5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,20	55,20	41,60
GL01-06	26,5-30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	6,30	53,80	38,80
GL01-07	30-36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	6,60	56,80	36,00
GL01-08	36-39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	1,80	49,50	48,50
GL01-09	39-43,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	54,60	43,90
GL01-10	43,5-46	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	6,80	64,60	26,60
GL01-11	46-50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	52,80	45,20
GL01-12	50-51,8	-	-	-	-	-	-	-	-
GL01-13	51,8-52,5	0,00	0,00	0,00	0,80	3,90	7,50	53,60	34,20
GL01-14	52,5-56,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	2,10	55,10	42,50
GL01-15	56,5-60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,80	47,50	50,60
<b>Sondatge 02</b>									
GL02-01	0-4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	5,90	51,80	42,00
GL02-02	4-10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	3,10	57,00	39,70
GL02-03	10-14,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30	51,30	45,40
GL02-04	14,5-17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	2,00	50,60	46,30
GL02-05	17-20,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	3,40	55,40	40,50
GL02-06	20,5-23	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	11,80	59,70	26,30
GL02-07	23-24,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	9,20	64,30	24,50
GL02-08	24,5-28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	5,60	56,20	37,90
GL02-09	28-29,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,60	52,10	46,20
GL02-10F	29,5-32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	1,00	67,20	31,60
GL02-11A	32-34?	-	-	-	-	-	-	-	-
GL02-11F	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	69,90	29,10
<b>Sondatge 03</b>									
GL03-01	0-3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	17,30	70,90	9,30
GL03-02	3,5-5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	19,00	69,20	9,10
GL03-03	5-5,5	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	25,40	60,50	8,10
GL03-04	5,5-6	0,00	1,70	4,50	9,90	14,80	26,00	39,37	3,73
GL03-05	6-7	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	28,20	57,60	7,80
GL03-06	7-10,5	0,00	0,00	0,00	0,10	8,00	30,30	53,19	8,41
GL03-07	10,5-14	0,00	0,00	1,10	9,10	20,00	22,70	40,25	6,85
GL03-08	14-17	0,00	3,60	14,80	22,90	15,20	14,00	25,59	3,91
GL03-09	17-21	0,00	0,00	0,00	0,10	10,60	31,10	50,29	7,91
GL03-10	21-24	0,00	0,00	0,10	3,60	15,30	26,60	46,83	7,57
GL03-11	24-27	0,00	0,00	0,40	7,60	19,80	23,40	42,52	6,28
GL03-12	27-31	0,00	0,00	0,40	8,80	19,80	23,50	41,61	5,89
<b>Sondatge 04</b>									
GL04-01	0-2	0,00	0,00	0,30	4,20	14,50	27,10	46,72	7,18
GL04-02	2-5	0,00	0,00	0,00	0,00	5,90	24,50	61,13	8,47
GL04-03	6-7,5	0,00	0,00	0,00	0,10	7,40	24,00	61,27	7,23
GL04-04	7,5-9,5	0,00	3,60	9,70	16,70	12,90	16,40	36,22	4,48
GL04-05	9,5-13	0,00	1,10	9,60	16,60	17,50	18,50	34,68	2,02
GL04-06	13-17,5	0,00	0,00	3,20	14,80	24,80	23,10	31,87	2,23
GL04-07	17,5-20	0,00	0,20	1,30	6,30	11,00	25,60	50,75	4,85
GL04-08	20-22,5	0,00	1,60	5,00	7,00	11,90	25,40	44,44	4,66
<b>Sondatge 05</b>									
GL05-01	0-3	-	-	-	-	-	-	-	-
GL05-02	3-4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90	17,50	67,00	10,60
GL05-03	4,5-6,5	19,13	21,44	21,47	16,88	9,94	1,48	3,48	0,32
GL05-04	6,5-9,5	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	19,40	67,95	8,15
GL05-05	9,5-12	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	15,60	73,15	8,65
<b>Sondatge 06</b>									
GL06-01	0-3,5	0,00	0,90	4,80	10,10	15,00	22,00	41,31	5,89
GL06-02	3,5-6,5	0,30	11,00	23,00	18,10	10,40	10,90	23,36	2,94
GL06-03	6,5-8,5	0,00	0,00	1,30	10,10	18,80	24,10	39,70	6,00
GL06-04	8,5-10	0,00	3,50	13,00	18,10	14,80	14,90	31,41	4,29
<b>Sòl 07</b>									
GL07-01	sòl edàfic	0,00	0,00	0,00	1,80	5,10	7,40	49,30	36,40
<b>Sondatge 08</b>									
GL08-01	0-3,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	19,80	69,24	8,36
GL08-02	3,5-9	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	26,80	60,30	7,40
GL08-03	9-10,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	19,20	69,45	9,25
GL08-03a	10,5-11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	22,90	67,80	7,40
GL08-04	11-17	0,00	0,00	0,00	0,00	5,10	25,90	61,36	7,64
GL08-05	17-20	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	23,30	65,81	7,99
GL08-06	20-23	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10	23,90	63,63	8,37
GL08-07	23-27	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	25,10	62,10	8,40
GL08-08	27-29	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	17,90	70,60	9,90
GL08-09	29-31	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	17,50	70,50	10,40
GL08-10	31-34	0,00	0,00	0,10	3,10	9,60	22,10	56,18	8,92
GL08-11	34-36	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	21,00	64,75	8,95
GL08-12	36-39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	16,80	71,97	9,93
GL08-13	39-42,5	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	21,50	66,41	9,19
<b>Sondatge 09</b>									
GL09-01	0-5	0,00	0,50	5,10	9,60	8,20	14,10	51,50	11,00
GL09-02	5-9	0,00	1,90	8,90	11,10	7,60	14,20	47,32	8,98
GL09-03	9-12	0,00	0,00	0,60	5,20	6,70	21,30	56,62	9,58
GL09-04	12-16,5	0,00	0,00	0,50	3,70	7,90	23,30	55,73	8,87
GL09-05	16,5-20	0,00	0,00	1,10	8,60	7,20	18,10	55,83	9,17
<b>Sondatge 10</b>									
GL10-01	0-5	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-01a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-02	5-10	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-03	10-15,5	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-03a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-04	15,5-21	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-05	21-27	0,00	0,00	0,20	5,10	11,80	26,40	51,06	5,44
GL10-06	27-31	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-07	31-35	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-07a	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GL10-08	35-36	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	28,50	58,56	6,34
GL10-09	36-40	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sondatge 11</b>									
GL11-01	0-6	0,00	14,16	37,30	18,60	7,80	3,40	10,48	8,26
GL11-02	6-12	0,00	6,20	28,30	26,41	11,80	5,50	12,60	9,19

Taula 4: Valors percentuals de les diverses fraccions texturals.

Table 4: Percentage values of the different texture values.

Sondatge	Mostra	esmercita	il·lita	guix	caolinita	anhydrita	aragonita	quars	feldspat	LMC	HMC	dolomita	halita
GL01													
	GL01-01	0,00	16,13	0,00	4,42	0,00	0,00	47,84	3,81	3,90	4,69	5,65	3,27
	GL01-02	0,00	14,76	0,00	5,71	11,98	0,00	52,86	7,45	7,11	4,01	0,00	4,66
	GL01-03	2,18	8,08	0,00	4,38	0,00	0,00	42,99	6,94	3,64	5,17	0,00	2,48
	GL01-04	0,00	11,66	0,00	6,36	9,64	0,00	54,35	11,23	8,44	0,00	0,00	3,06
	GL01-05	0,00	8,68	0,00	5,33	6,18	0,00	49,02	7,15	5,28	4,73	5,64	3,50
	GL01-06	0,00	8,84	0,00	5,74	0,00	0,00	42,91	6,51	5,16	0,00	4,35	3,37
	GL01-07	0,00	7,08	0,00	4,71	0,00	0,00	50,63	6,86	4,90	0,00	3,31	5,39
	GL01-08	0,00	10,46	0,00	7,79	0,01	0,00	50,38	6,95	4,09	4,14	0,00	3,38
	GL01-09	0,00	10,54	0,00	5,58	0,00	0,00	46,03	4,84	0,00	5,37	3,40	0,00
	GL01-10	7,59	10,07	0,00	6,35	0,00	0,00	66,54	6,63	5,86	3,78	10,45	2,99
	GL01-11	0,00	13,18	0,00	6,84	4,73	0,00	34,86	5,66	9,44	0,00	1,86	3,52
	GL01-13	0,00	10,62	0,00	5,28	0,00	0,00	48,12	5,28	7,19	5,28	6,53	3,40
	GL01-14	0,00	9,23	0,00	5,12	0,00	0,00	49,02	3,18	6,74	3,57	5,07	3,43
	GL01-15	12,39	12,54	0,00	6,55	4,03	0,00	45,92	4,75	3,54	4,40	5,43	2,48
GL02													
	GL02-01	0,00	11,13	0,00	4,48	0,00	0,00	44,42	0,00	0,00	0,00	3,73	4,53
	GL02-02	0,00	11,21	0,00	4,64	0,00	0,00	53,06	7,17	5,72	0,00	6,23	3,58
	GL02-03	0,00	11,01	0,00	4,40	0,00	0,00	46,70	5,70	2,10	2,61	0,00	4,09
	GL02-04	0,00	10,68	0,00	7,62	0,00	0,00	51,24	8,34	6,29	0,00	0,00	0,00
	GL02-05	0,00	9,36	1,94	3,82	0,00	0,00	45,29	0,00	5,79	0,00	0,00	3,70
	GL02-06	0,00	6,94	0,00	4,29	0,00	0,00	40,14	9,40	31,95	0,00	6,64	3,49
	GL02-07	0,00	8,06	0,00	3,74	0,00	0,00	56,16	7,58	13,24	0,00	13,14	3,38
	GL02-08	0,00	6,65	0,00	4,61	0,00	0,00	47,75	4,05	13,26	0,00	7,86	0,00
	GL02-09	0,00	7,50	0,00	4,58	0,00	0,00	48,42	5,72	4,53	3,20	5,75	2,41
	GL02-10F	0,00	6,00	0,00	2,05	0,00	0,00	10,72	4,53	8,56	0,00	76,01	3,13
	GL02-11A	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	55,14	0,00	4,48	0,00
	GL02-11F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,10	0,00	21,54	0,00	38,60	7,99
GL03													
	GL03-01	0,00	8,69	4,37	5,15	0,00	0,00	52,01	4,83	16,42	0,00	0,00	7,95
	GL03-02	0,00	2,82	0,00	0,01	0,01	0,00	27,05	3,18	37,97	0,00	8,33	6,23
	GL03-03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,06	1,38	29,36	0,00	23,63	8,52
	GL03-04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	26,67	1,93	32,15	0,00	15,81	5,41
	GL03-05	0,00	6,58	0,00	2,23	0,00	2,44	18,78	3,34	37,13	0,00	13,65	5,21
	GL03-06	0,00	6,62	0,00	2,09	0,00	0,00	20,54	2,96	49,47	0,00	3,31	4,81
	GL03-07	0,00	6,47	0,00	1,52	0,00	0,00	24,75	3,65	52,94	0,00	2,76	3,36
	GL03-08	0,00	5,14	0,00	2,59	2,99	0,00	21,15	7,68	40,97	0,00	1,59	5,41
	GL03-09	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	21,00	3,36	58,85	0,00	2,65	3,30
	GL03-10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,22	2,01	56,24	0,00	2,89	3,21
	GL03-11	0,00	3,51	0,00	1,57	0,00	0,00	30,97	2,55	48,01	0,00	3,24	2,87
	GL03-12	0,00	4,35	0,00	0,00	0,00	0,00	26,65	0,00	51,91	0,00	2,34	2,90
GL04													
	GL04-01	0,00	9,09	0,00	6,33	4,29	0,00	45,90	5,58	0,00	4,19	16,73	7,89
	GL04-02	0,00	7,32	0,00	4,22	0,01	0,00	28,93	4,06	3,36	0,00	46,68	5,42
	GL04-03	0,00	8,20	0,00	0,02	4,07	0,00	28,94	0,00	15,93	0,00	34,94	7,90
	GL04-04	0,00	1,77	0,00	1,42	0,00	0,00	7,23	0,00	80,49	0,00	6,83	2,26
	GL04-05	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00	0,00	3,19	0,00	93,42	0,00	0,00	1,83
	GL04-06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,09	0,00	90,61	0,00	0,00	5,29
	GL04-07	0,00	14,77	0,00	6,88	0,00	0,00	30,57	4,76	28,92	0,00	0,00	14,10
	GL04-08	0,00	4,70	0,00	2,52	0,00	0,00	8,05	0,00	79,70	1,79	0,00	3,23
GL05													
	GL05-01	0,00	1,09	0,00	0,01	0,00	0,00	5,29	0,00	90,77	0,00	2,25	0,59
	GL05-02	0,00	5,04	0,00	3,41	0,00	0,00	39,19	6,57	8,57	0,00	31,69	5,54
	GL05-03	0,00	1,31	0,00	0,00	0,00	0,00	7,82	0,00	88,79	0,00	1,31	0,76
	GL05-04	0,00	6,83	0,00	3,13	3,17	0,00	71,10	5,55	1,96	0,00	6,32	1,93
	GL05-05	0,00	9,23	0,00	4,98	4,21	0,00	66,97	5,32	2,97	3,91	0,00	2,42
GL06													
	GL06-01	0,00	4,65	0,00	2,77	0,00	0,00	55,83	2,02	2,76	0,00	22,16	6,58
	GL06-02	0,00	8,94	0,00	2,72	0,00	0,00	84,75	6,54	7,10	0,00	6,28	11,37
	GL06-03	0,00	5,37	0,00	2,11	0,00	0,00	29,15	4,46	14,63	0,00	28,33	5,65
	GL06-04	0,00	3,34	0,00	2,84	13,10	0,00	46,08	5,06	6,34	3,65	8,80	10,78
GL07													
	GL07-01	1,11	3,51	0,00	2,24	0,00	0,00	74,24	7,31	7,44	4,15	0,00	0,00
GL08													
	GL08-01	0,00	6,63	0,00	4,03	0,00	0,00	62,13	5,74	13,74	3,84	0,00	3,90
	GL08-02	0,00	16,04	0,00	25,06	0,00	0,00	6,76	18,32	20,94	6,15	6,70	0,02
	GL08-03	0,00	7,33	0,00	3,72	0,00	0,00	58,14	8,88	16,86	2,14	2,92	0,01
	GL08-03a	0,00	5,40	0,00	2,37	0,00	0,00	63,08	2,63	26,52	0,00	0,00	0,00
	GL08-04	0,00	6,77	0,00	4,03	0,00	0,00	65,03	6,80	11,74	2,62	0,00	3,01
	GL08-05	0,00	8,92	0,00	4,64	0,00	0,00	61,83	7,80	10,99	2,78	0,00	3,04
	GL08-06	0,00	11,43	0,00	4,46	0,00	0,00	55,30	9,11	19,69	0,00	0,00	0,01
	GL08-07	0,00	9,61	0,00	4,23	0,00	0,00	56,69	7,44	19,40	2,62	0,00	0,01
	GL08-08	0,00	7,10	0,00	3,55	0,00	0,00	49,26	4,66	29,58	0,00	5,86	0,00
	GL08-09	0,00	9,79	0,00	5,88	0,00	0,00	63,80	7,78	12,74	0,00	0,01	0,00
	GL08-10	0,00	8,64	0,00	4,47	0,00	0,00	61,26	6,25	19,37	0,00	0,01	0,01
	GL08-11	0,00	7,92	0,00	4,75	0,00	0,00	57,65	4,49	25,17	0,00	0,01	0,01
	GL08-12	0,01	7,04	0,00	4,12	0,00	0,00	60,63	4,36	18,86	3,18	0,00	1,80
	GL08-13	0,00	8,18	0,00	3,36	0,00	0,00	63,52	4,73	18,27	0,00	1,95	0,00
GL09													
	GL09-01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	46,40	0,00	50,47	3,13
	GL09-02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	5,76	0,00	0,00	0,00	90,45	3,78
	GL09-03	0,00	5,75	0,00	2,47	0,00	0,00	15,63	2,74	0,00	0,00	70,67	2,74
	GL09-04	0,00	5,07	0,00	2,87	0,00	0,00	14,09	0,00	5,70	0,00	65,98	6,29
	GL09-05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	12,41	0,00	1,64	0,00	82,57	3,38
GL10													
	GL10-01	0,00	2,96	0,00	1,30	0,00	0,00	2,34	0,00	19,71	0,00	43,17	30,52
	GL10-01a	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,45	0,00	92,76	2,79
	GL10-02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	56,68	0,00	33,91	4,61
	GL10-03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,84	0,00	56,71	0,00	33,37	6,07
	GL10-03a	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,28	0,00	36,13	0,00	57,96	3,62
	GL10-04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	4,24	0,00	27,00	10,86	49,79	8,09
	GL10-05	0,00	5,50	0,00	2,55	0,00	0,00	7,75	2,17	16,94	0,00	60,38	4,71
	GL10-06	0,00	8,22	0,00	3,03	0,00	0,00	9,95	0,00	26,50	0,00	44,91	7,39
	GL10-07	0,00	3,38	0,00	2,09	0,00	0,00	8,74	0,00	13,21	0,00	67,10	5,47
	GL10-07a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,57	2,43
	GL10-08	0,00	0,01	0,00	3,57	0,00	0,00	9,63	0,00	58,18	0,00	21,44	7,17
	GL10-09	0,00	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	4,18	0,00	48,21	0,00	41,52	3,04
GL11													
	GL11-01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	82,44	0,00	13,41	3,70
	GL11-02	0,00	0,00	0,00	0,0								

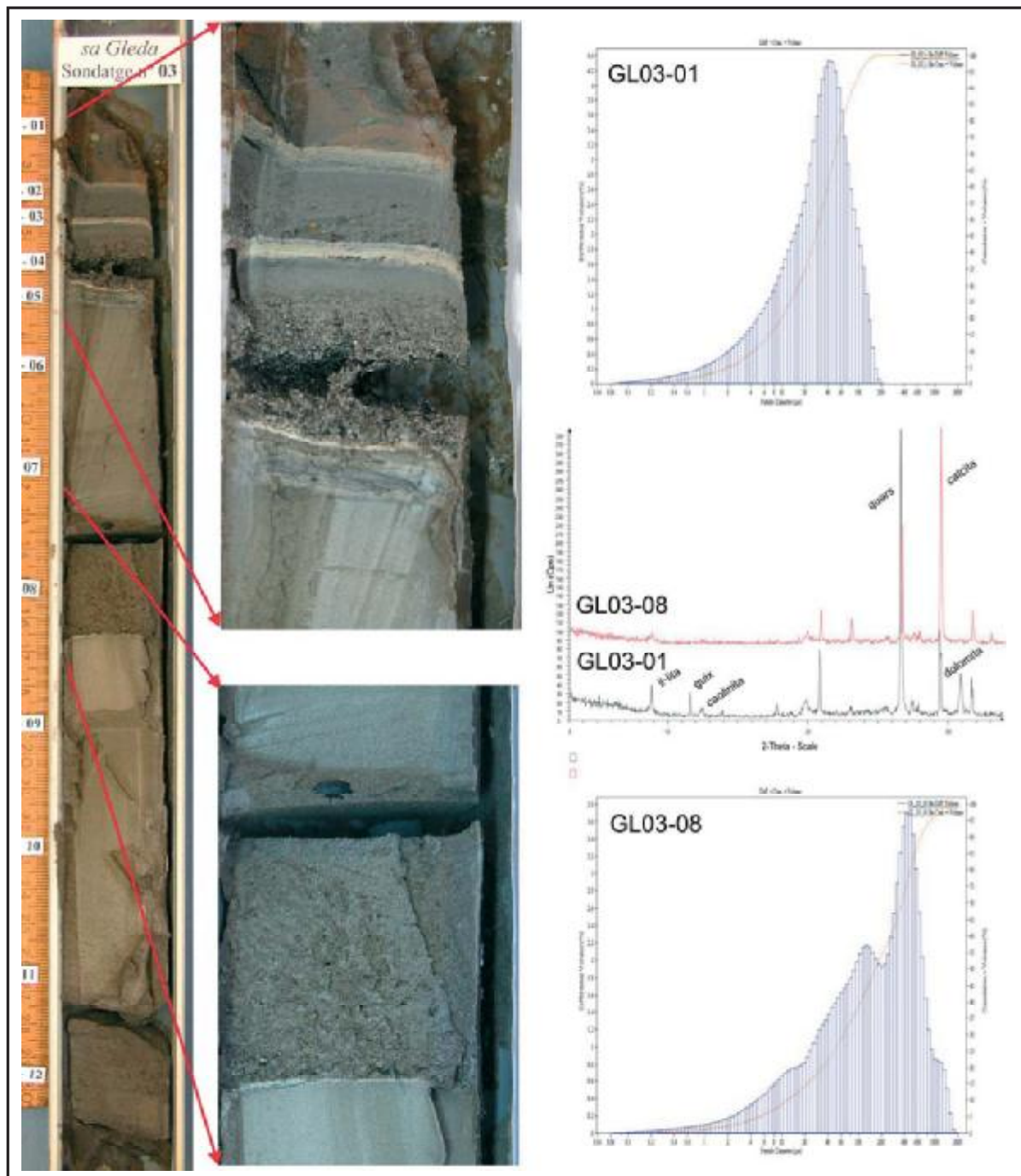


Figura 34: Corbes texturals i difractograma de la mineralogia de mostres seleccionades del sondatge GL03 on s'hi poden observar diversos episodis sedimentaris.

Figure 34: Different sedimentary events in Cova de sa Gleda core GL03. Being selected grain size curves and X ray diffractograms are shown.

les, valor que quasi és nul en els nivells amb major proporció arenosa. En aquest mateix nivell la proporció de graves supera el 19 %. El valor mitjà de la mida de gra de tot el sondatge és de 50,6  $\mu\text{m}$  (llims gruixuts) i el valor de la mediana correspon a llims gruixuts ( $D_{50} = 28,42 \mu\text{m}$ ). Des del punt de vista de la mineralogia hi ha una clara dicotomia entre els nivells més llimosos i els que hi predominen les arenos. En el cas d'aquests darrers, la composició és eminentment carbonatada,

amb quasi un 90 % de calcita i poc més del 1,7 % de dolomita. El quars tan sols representa un 6,6 % i les argiles quasi absents (il·lita amb un 1,2 %). L'halita presenta tan sols un 0,6 %. En el cas dels nivells llimosos, és el quars el que domina amb quasi un 60 %, i les argiles superen el 10 % (la il·lita amb un 7,1 % i la caolinita amb un 3,8 %). Els feldspats representen el 5,8 % i els carbonats tenen dolomita amb un 12,7 %, calcita amb un 4,5 % i també calcita magnesià amb un 1,3% de

mitjana. L'halita representa el 3,3 %. A destacar en els nivells inferiors la presència d'anhidrita amb uns valors que poden arribar a superar el 4 %.

### Interpretació

Els sediments d'aquest sondatge corresponen a les característiques fàcies d'entrada formades per sediments llimosos silícics vermells, aportats des d'entrades a la cavitat (avui en dia taponades) i que en aquest cas incorporen també abundants fragments de roca, introduïts de forma residual com a resultat del taponament de l'entrada probablement per processos de microfracturació i col·lapse.

## SONDATGE GL06

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la cambra dels Moros dins del sector Cinc-cents de la cavitat (Taula 1). Es tracta d'un sondatge de només 10 cm de potència de sediments que corresponen a una acumulació de llims orgànics.

S'hi diferencien dos tipus diferents de sediments alternants amb capes d'uns dos centímetres de potència amb contactes molt nets (Fig. 35). Per una banda tenim coloracions groguenques que alternen amb nivells negres en humit i que en sec donen coloracions marronoses i grisoses respectivament. Els percentatges de matèria orgànica són molt similars amb un valors mitjans superiors al 19 % (21 % en el cas dels nivells més obscurs). Pel que fa a la mida de gra, els nivells obscurs estan format majoritàriament per arenes (amb elevats percentatges de la fracció d'arenes gruixudes) amb poc més del 68 % mentre que els fins tenen poc més del 31 % del qual només un 3,5 % correspon a la fracció de les argiles. El valor mitjà de la mida de gra és de 342,7 µm (arenes mitjanes) mentre que la mediana correspon a la ració arenes fines (D50 = 209,5 µm). Els nivells groguencs presenten un percentatge de la fracció arenes del 53,5 % i els fins són un 46,5 % dels quals les argiles en són poc més d'un 6 %. En aquest cas els valors mitjans de la mida de gra són molt més baixos, amb una mitjana de 122,7 µm (arenes molt fines) i una mediana que cau també dins de la fracció arenes molt fines (D50 = 70,82 µm). La mineralogia dels diversos nivells és també diferent, encara que no amb tanta intensitat com ho és la variació textural. Encara que el mineral dominant és el quars (42,5 % en els nivells grocs i 65,4 % en els nivells obscurs), els carbonats presenten elevades proporcions en els nivells grocs. Així la dolomita és el principal component carbonatat amb un 25,25 % (només 7,5 % en els nivells negres), la calcita amb un 8,7 % (6,7 % en els nivells obscurs en els quals també hi ha calcita magnesiàna -1,8 %). Els feldspats presenten percentatges un poc superiors en el cas dels nivells obscurs (5,8 % per un 3,2 % en el cas dels nivells grocs), mentre que les argiles presenten valors molt similars (un 6 % per a la il·lita i un 2,5 % per a la caolinita). A destacar la presència d'anhidrita a la base del sondatge amb un valor que puntualment supera el 13 %. L'halita està pre-

sent amb un 6,1 % en els nivells grocs i duplica el seu percentatge en els nivells obscurs.

### Interpretació

Els sediments que presenta aquest sondatge són de difícil interpretació. S'hi observen dues seqüències pràcticament idèntiques en les quals sobre uns nivells obscurs amb major percentatge de matèria orgànica s'acumulen sediments de composició més carbonatada procedent de la corrosió de la roca. La magra aportació de material llimós vermell podria venir donada per l'allunyament d'una possible entrada, juntament amb el fet que aquesta sembla que s'ha tapat en temps històrics. De fet, converses amb pagesos d'avançada edat de la zona, ens han indicat que en temps recents, alguna d'aquestes entrades ha estat utilitzada com a abocador de pedres recollides al llaurar els camps, fet que pot haver esdevingut durant dècades i fins i tot segles.

## MOSTRA GL07

En aquest cas es tracta d'una mostra obtinguda a l'exterior de la cavitat prop de la sala d'Entrada corresponent al sòl edàfic i que s'ha obtingut per a comparar amb els sediments mostrejats a l'interior de la cavitat. Les característiques generals dels sediments procedents del sòl es poden observar amb més detall a les Taules 2, 3, 4 i 5, són d'uns sediments de color predominantment marró, amb continguts de matèria orgànica superiors al 16 % formats per fins amb un 85,7 % dels quals les argiles representen més del 36 %, i per arenes amb el restant 14,3 % en la qual hi domina la fracció d'arenes molt fines. La mitjana de la mida de gra és de 31,82 µm (llims molt gruixuts) i el valor de la mediana situa aquests sediments dins dels llims mitjans (D50 = 8,4 µm). La mineralogia està dominada pel quars amb un 74,2 % i té un 7,3 % de feldspats. La calcita representa el 7,4 % i la calcita magnesiàna un 4,2 %. Les argiles estant presents amb la il·lita (3,5 %), la caolinita (2,2 %) i altres (1,1 %).

## SONDATGE GL08

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la galeria de les Còniques dins del sector Cinc-cents de la cavitat (Taula 1). És el sondatge amb més potència de sediment obtingut, arribant a presentar una potència de sediments de 42,5 cm que corresponen de forma molt uniforme a una acumulació de llims vermellosos.

El sondatge es caracteritza per la seva uniformitat amb una marcada laminació submil·limètrica tipus varves, donada probablement per l'acumulació de matèria orgànica que presenta valors mitjans entre el 7 i el 8 %. El color dels sediments és vermellós en humit i groc vermellós en sec. La textura està dominada pels fins amb poc més del 74 % de mitjana dels quals un 8,7 % correspon a la fracció de les argiles. Les arenes representen el 25,6 % estan dominades per la fracció d'arenes molt



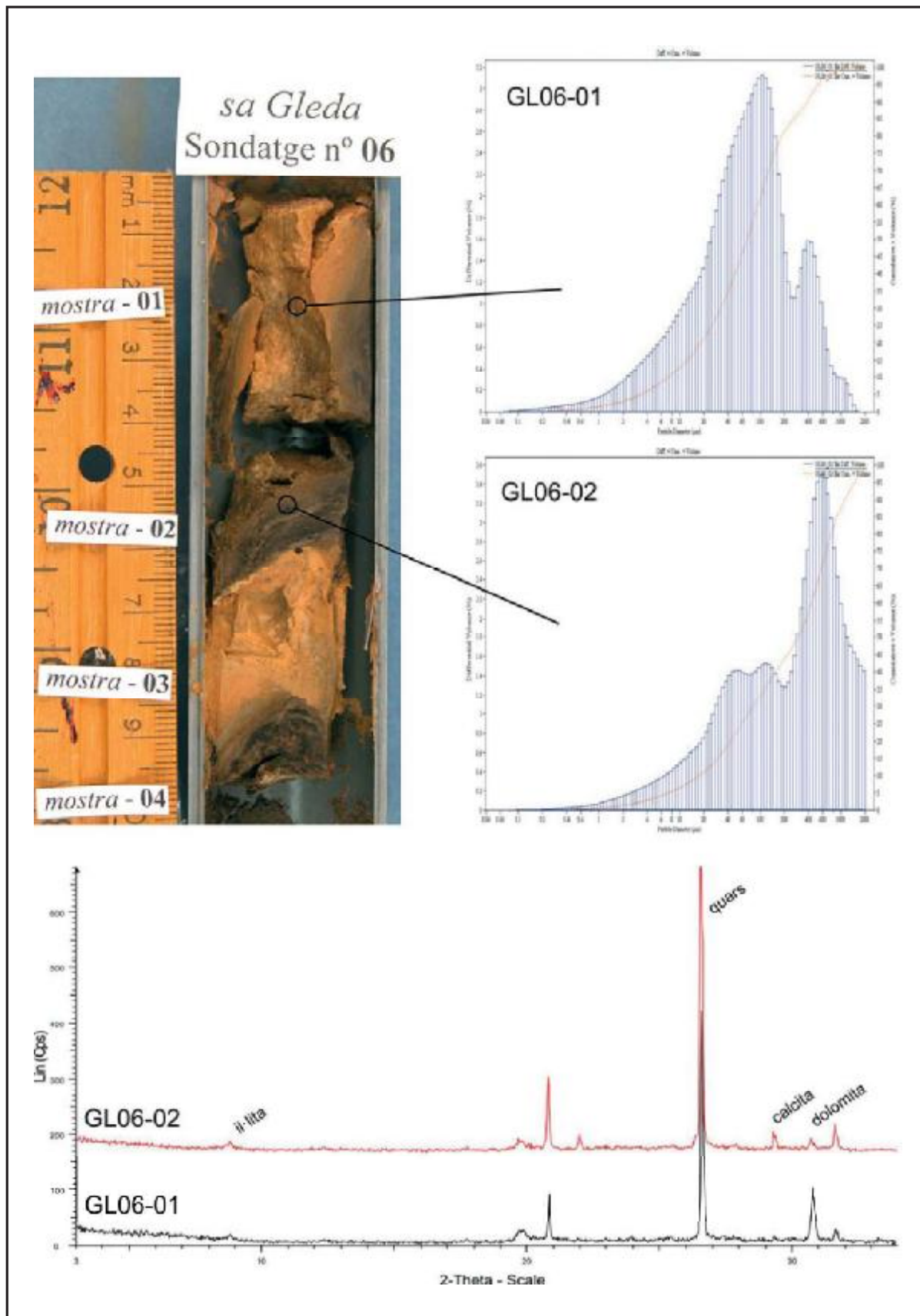


Figura 35: La ciclicitat en la sedimentació és un fet corrent en l'acumulació sedimentària a la cova de sa Gleda.

Figura 35: Sedimentary cyclicity is a characteristic feature in the sedimentation processes at Cova de sa Gleda.

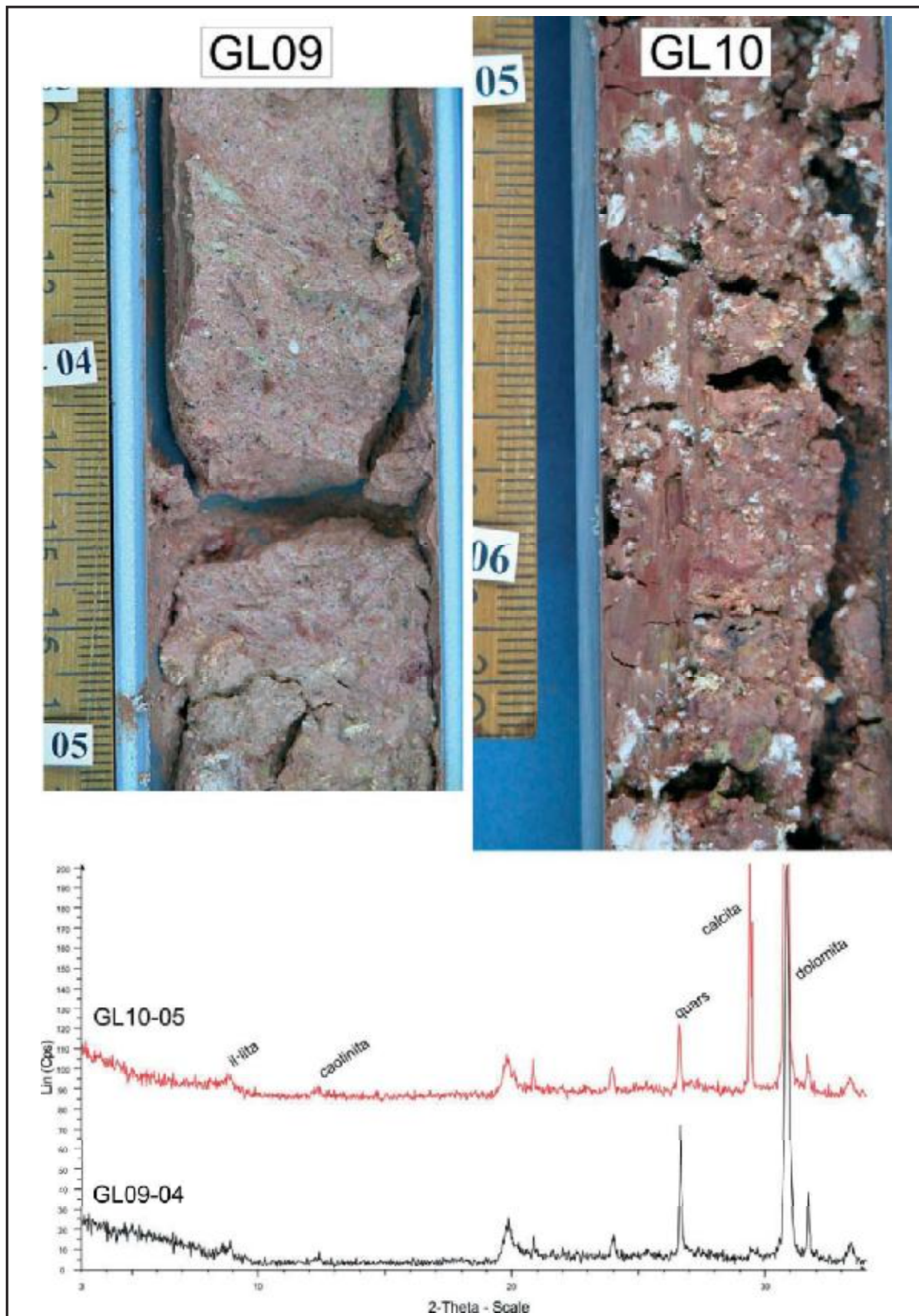


Figura 36: Aspecte textural i de color i composició mineralògica dels sondatges GL09 i GL10.

Figura 36: Color and textural appearance and X ray diffractograms of GL09 and GL10 cores.



Figura 37: Acumulació de grans blocs produïts per l'esfondrament de sales i que estan presents arreu de la cavitat (Foto C. Bodí).

Figure 37. Large blocks that in collapse are present all around the cavity (Photo C. Bodí).

finos. La mitjana de la mida de gra és de  $44,7 \mu\text{m}$  (llims molt gruixuts) i el valor de la mediana situa aquests sediments també dins dels llims molt gruixuts ( $D_{50} = 36,1 \mu\text{m}$ ). La mineralogia està dominada pels components silícics, amb el quars com a principal mineral amb un 56,1 %, els feldspats amb un 7,1 % i les argiles, amb un 8,6 % per la illita i un 5,6 % per la caolinita. Els carbonats hi són presents amb la calcita amb quasi un 19 %, la calcita magnesià amb un 1,7 % i la dolomita amb un 1,3 %. Hi ha també halita amb valors mitjans del 0,8 %.

### Interpretació

La interpretació dels materials presents en aquest sondatge és similar al de les fàcies descrites en el sondatge GL01 i part superior del GL02 i com hem dit al d'altres cavitats localitzades al Miocè de la Marina de Llevant (GRÀCIA *et al.*, 2006). Els materials, en la seva majoria procedents del sòl exterior i del rentat de les pluges de fang (FIOL *et al.*, 2005) són arrossegats en moments d'intensa precipitació externa a la cavitat introduint-se dins de la mateixa per les principals obertures i vies d'accés. Aquests materials corresponen a sediments bàsicament fins i abundant matèria orgànica (llavors i fibres vegetals, principalment). Les principals aportacions, siguin estacionals i/o per altres causes esporàdiques, amb el conseqüent període de tranquil·litat sedimentària (probablement només amb les aportacions procedents de la decantació de partícules originades en l'alteració de la roca encaixant), donaria lloc a la laminació varvada que s'hi observa.

## SONDATGE GL09

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la galeria de les Haloclines, prop de la galeria dels Degotissos dins del sector de Ponent de la cavitat (Taula 1). Es tracta d'un sondatge de 20 cm de potència de sediments que corresponen a una microbretxa dins d'una espècie de "pasta" de composició dolomítica.

El sondatge, força uniforme dins de la heterogeneïtat que presenta, té una coloració general vermell pàl·lid en humit i rosa en sec, encara que presenta nombroses taques de coloracions sigui més vermelloses o més blanques (Fig. 36). Encara que el contingut en matèria orgànica que s'observa a la Taula 2, dona valors al voltant del 20 %, creiem que aquesta dada és errònia deguda a un error en el procés d'anàlisi i que no s'ha pogut comprovar per manca de més mostra. Deixant de banda la microbretxa, present a base i sostre dels sondatge i que no s'ha pogut analitzar per manca de volum de material, la resta dels sediments (matriu) són molt uniformes. La proporció de la fracció arena està al voltant del 37 %, amb predominança de la fracció d'arenas molt fines, i la dels fins arriba quasi al 63 % dels quals les argiles representen el 9,6 %. La mitjana de la mida de gra és de  $98,7 \mu\text{m}$  (arenas molt fines) i el valor de la mediana situa aquests sediments també dins dels llims molt gruixuts ( $D_{50} = 41,8 \mu\text{m}$ ). La mineralogia és força característica, estant dominada per la dolomita amb valors mitjans superiors al 72 %. La calcita representa

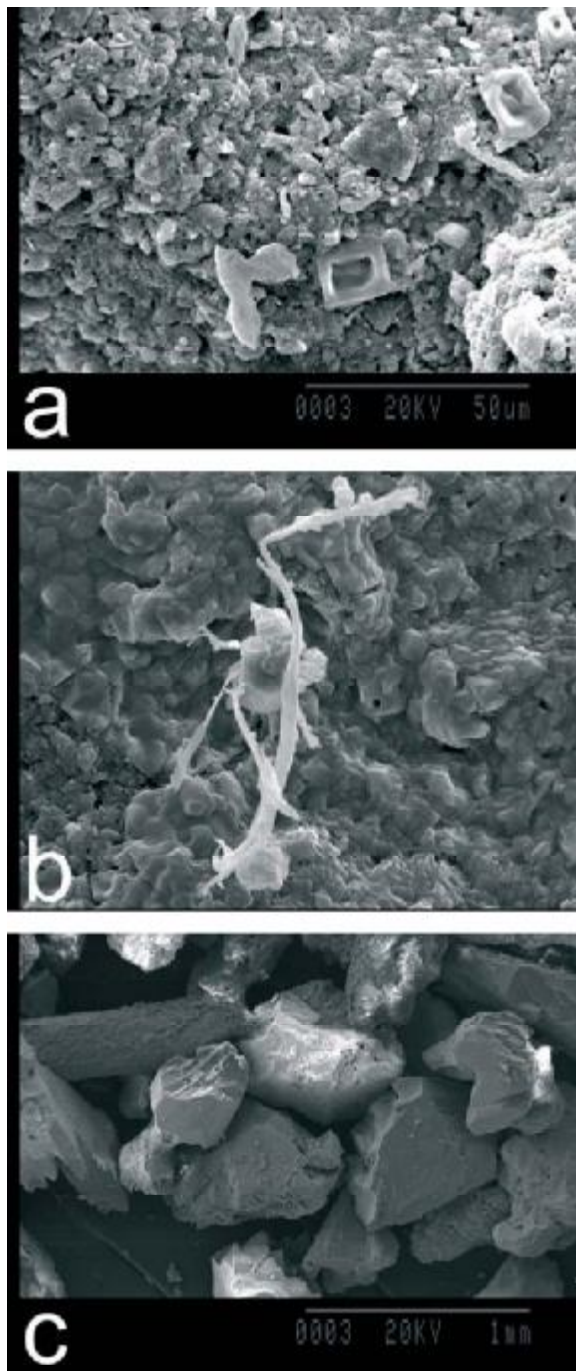


Figura 38: Fotografies al microscopi electrònic de rastreig (SEM) d'alguns detalls dels sediments que rebleixen la cova de sa Gleda; a) Llims argilosos formats en la seva major part per grans de quars i argiles. Observi's també la presència de cristalls d'halita –sondatge GL01 part superior–; b) detall de l'anterior amb la presència de restes de fibres vegetals; c) grans de mida arena procedents de la corrosió de les parets de la cavitat –sondatge GL02 nivell inferior–.

Figure 38: Scanning electron microscope (SEM) images of some sediment details in Cova de sa Gleda: a) Clayey silt mainly composed of quartz and clay; Cova GL01 upper part; b) detail of the above stage with the presence of vegetal fibres; and c) sand grains corresponding to the wall corrosion. Cova GL02 lower part.

un 12,8 %. El quars amb un 9,6 % de mitjana i els feldspats amb un 0,6 % també hi són presents encara que de forma testimonial, a l'igual que les argiles (amb un 2,1 % per la il·lita i un 1,1 % per la caolinita). L'halita hi és present al llarg de tot el sondatge amb uns valors mitjans del 3,8 %.

### Interpretació

La interpretació de la unitat sedimentària representada per aquest sondatge és força complexa. Probablement es tracti del nivell d'alteració superficial de la roca encaixant, accelerat per la interacció entre els nivells de la roca alterada afectada pels importants nivells de corrosió que actuen a la cavitat i el quimisme dels sediments llimosos externs que accedeixen en aquesta part de la galeria, amb un estil similar al descrit per GINES *et al.* (2007) per a la cova de s'Ònix.

### SONDATGE GL10

#### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a les galeries de les Haloclines dins la zona terminal del sector de Ponent de la cavitat (Taula 1). Es tracta d'un sondatge de 40 cm de potència de sediments que corresponen a una bretxa amb matriu vermellosa.

Tot el sondatge és molt homogeni presentant una coloració marró vermellosa en humit que esdevé rosa en sec. Està format per bretxes amb clastos molt alterats angulosos i molt irregulars de mida de calcàries dolomítiques blanques (Fig. 36). Distribuïda de forma irregular hi ha matriu argilosa més vermellosa entre els clastos. Texturalment està formada per arenas en un 38 % en les quals hi predominen les arenas molt fines, i poc més del 61 % de fins, dels quals les argiles no arriben a representar el 6 %. Els clastos presenten una textura molt heteromètrica amb mides màximes que estan al voltant del centímetre. Els materials fins presenten una mitja de 65 µm (arenas molt fines) i el valor de la mediana s'enquadra dins dels llims molt gruixuts (D50 = 48 µm). La mineralogia del sondatge està conformada en la seva major part pels carbonats que corresponen als clastos de la bretxa, i que presenten dolomita en poc més del 53 % i calcita en un 30 %, també hi ha un poc de calcita magnesiàna (0,9 %). El quars amb un 4,8 % (present majoritàriament en la matriu) i els feldspats amb un 0,2 % i escaig, juntament amb les argiles (il·lita amb un 1,9 % i caolinita amb un 1,1 %) són els altres minerals presents. L'halita hi és present al llarg de tot el sondatge amb valors al voltant del 5 %, que arriba al 30 % a sobre de la seqüència.

### Interpretació

Els materials presents en aquest sondatge corresponen a l'alteració de la roca en un cas similar al descrit per al sondatge anterior (GL09). Malgrat tot, hi ha certes diferències (Fig. 36). La comparació entre els sondatges GL09 i GL10 indica probablement dos graus d'alteració diferents, estant el cas del sondatge GL09



Figura 39: Estructura cònica formada per l'acumulació de calcita flotant (sala de les Còniques). Observi's la interacció amb els sediments llimosos silíceics vermellencs (Foto C. Bodi).

Figure 39: Conical structure due to the accumulation of calcite clefts (Còniques chamber). Notice their interaction with the red siliceous sediments (Photo C. Bodi).

molt més avançat que el GL10. S'ha de remarcar el volum de material que està afectat per aquesta alteració que té el seu inici en una forta dolomitització de la roca, i que com mostra el sondatge efectuat en aquesta galeria arriba a acumular-s'hi més de mig metre de material alterat.

## SONDATGE GL11

### Descripció

Aquest sondatge es troba localitzat a la galeria Cinc-cents dins del sector del mateix nom de la cavitat (Taula 1). Es tracta d'un sondatge de només 11 cm de potència de sediments que corresponen a una acumulació d'arenas llimoses.

Tot el sondatge és molt uniforme presentant una coloració vermella en humit rosa en sec. El contingut en matèria orgànica és un poc superior al 4 %. No s'hi observa cap tipus d'estructura sedimentària, i des del punt de vista textural està format per quasi un 80 % per la fracció arena i la resta per fins, dels quals poc més del 8,7 % correspon a la fracció argila. El valor mitjà de la mida de gra és de 483,9  $\mu\text{m}$  (arenas mitjanes) i el valor de la mediana és de 444,9  $\mu\text{m}$  (també arenas mitjanes). Surant dins les arenas s'hi observen alguns clastes (fragments d'espelotemes) de mida grava. La mineralogia és essencialment carbonatada estant constituïda en un 82,5 % per calcita, i un 13,2 % per dolomi-

ta. El percentatge del quars no arriba al 1 % i hi ha halita en un 3,6 %. La presència d'argiles és testimonial.

### Interpretació

La sedimentació a la galeria Cinc-cents, que representa el sondatge descrit, indica una sedimentació autòctona constituïda per la caiguda de partícules del sostre de la cavitat per efectes de la corrosió.

## Altres aspectes del rebliment de la cova de sa Gleda

Al llac d'entrada, hi és present una gran acumulació sedimentària formada per blocs, còdols i graves, molt heteromètrics i sempre amb morfologies aplanades i vores anguloses, procedents del trencament del sostre de la cavitat. El posterior transport, sigui per simple rodolament afavorit pel pendent, sigui per arrossegament pels corrents d'entrada en moments de fortes precipitacions, provoca el desenvolupament d'una pseudo-estructura deltaica (*fan delta* –con al·luvial sub-aquós–). Aquests materials grollers cap a l'interior van sent tapissats per la sedimentació llimosa vermella que caracteritza per exemple, els sondatges GL01 o GL08 entre d'altres.

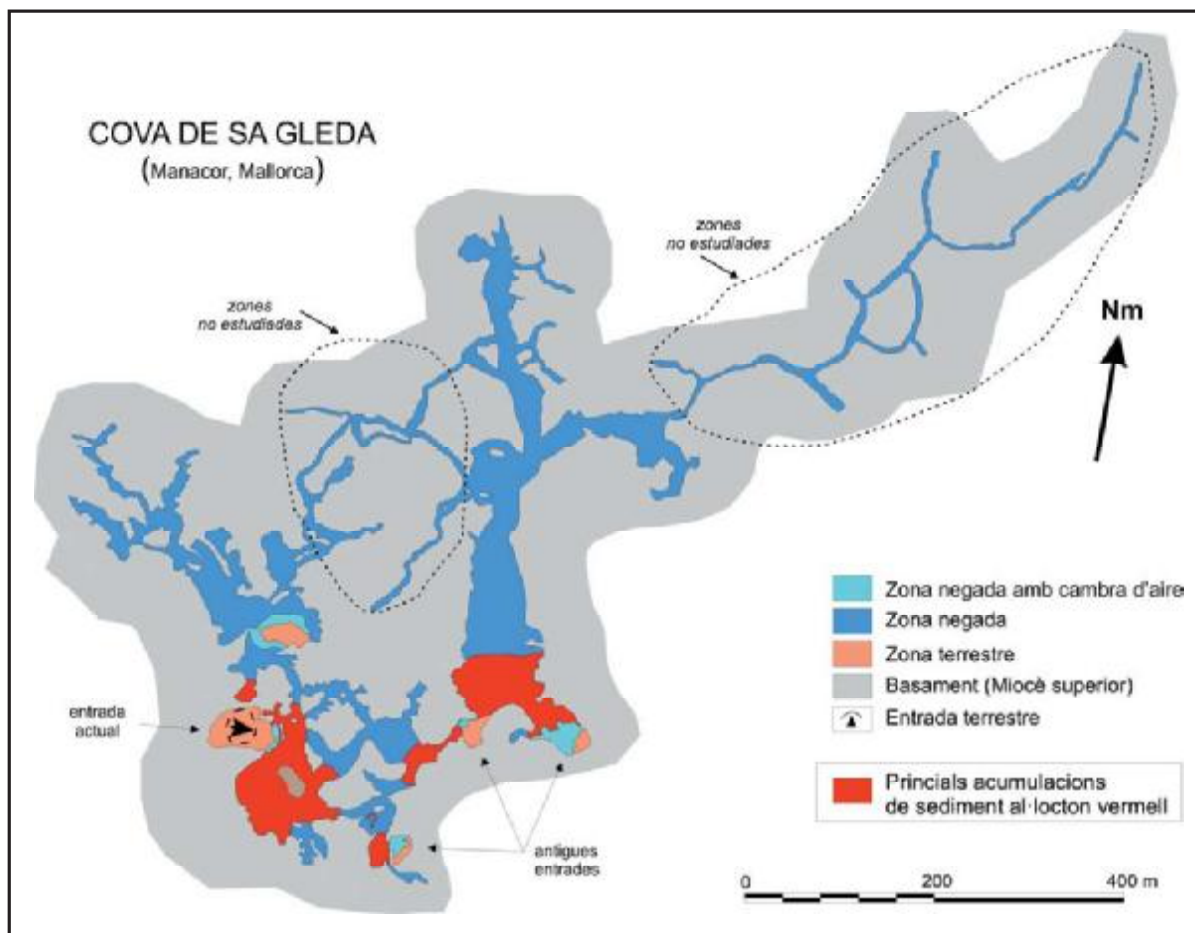


Figura 40: Distribució de les principals acumulacions de sediments de materials silícics vermel·losos a la cova de sa Gleda. Observi's la seva relació amb els principals punts d'entrada de la cavitat.

Figure 40: Map sedimentary accumulations of red fine grained siliceous sediments in Cova de sa Gleda. Notice their relationship with the main entrances to the cavity.

La cova de sa Gleda es caracteritza també per la presència de grans esfondraments (Fig. 25) els quals queden reflectits no només en superfície o en la secció de la cavitat sinó també en la presència i acumulació de grans blocs, que es troben presents arreu de la cova (Figs. 26, 28 i 37) i que es caracteritzen textualment per presentar mides d'ordre mètric, tendències a la forma aplanada amb gruixes d'ordre decimètric a mètric (coincidint amb la potència de capes corresponen a l'estratificació dels nivells del Miocè) i amb vores sub-anguloses, trobant-se en l'actualitat la majoria coberts parcialment de sediments.

## Aspectes generals de la sedimentació a la cova de sa Gleda

De forma esquemàtica podem considerar, la cova de sa Gleda i les seves diferents galeries i sales, com un laboratori natural d'experimentació entre els proces-

sos sedimentaris interns i amb aportacions externes i la interrelació amb tots els processos d'alteració geoquímica donats entre la roca, el sediment, i la variabilitat físico-química del medi en la zona d'interferència entre les aigües dolces i les marines que caracteritzen aquestes cavitats costaneres.

Les principals fonts del sediment que s'acumulen al seu interior corresponen a les aportacions externes de materials fins procedents en la seva major part del sòl edàfic que incorporen un gran volum de matèria orgànica en forma de restes de fibres vegetals i altres elements més grollers (Fig. 38), elements d'impureses i restes de roca procedents de l'alteració i corrosió d'aquesta (Fig. 38), i finalment la pròpia producció carbonatada originada en els processos de precipitació superficial en els llacs interns en forma de calcita flotant (Fig. 39).

En el cas de les aportacions externes, aquestes es localitzen de forma clara a les entrades (Fig. 40), sigui l'actual, o altres que en l'actualitat ja es troben bloquejades i que es dipositen principalment per decantació en arribar les aigües d'escorrentia als llacs de la cavitat. Aquests mostren així una característica laminació lacustre amb aportacions puntuals externes i processos de sedimentació per decantació que li confereixen una



Figura 41: La presència de sediment, carbonatat o silícic, o una barreja d'ambdós és present a la major part de la cavitat: a) i b) galeria de les Còniques; c) Sala Francesc Ripoll.



Figure 41: Carbonate, silice or mixed sediments are present covering all the floor of the cavity: a) and b) Còniques gallery; c) Francesc Ripoll chamber.

característica laminació, molt fina de tipus varva. En funció de la intensitat del flux de l'escorrentia que arriba a la zona freàtica procedent de l'exterior, els materials poden ser impulsats i arribar més o menys a l'interior dels conductes, mesclant-se aleshores amb la pròpia sedimentació procedent de la meteorització de la roca o amb l'acumulació de calcita flotant (Fig. 39 i 41b) en els llocs en les quals aquesta es produeix. Per això s'ha de tenir present la presència de cambres d'aire dins la cavitat, i la profunditat a la qual es troba l'haloclina i el possible moviment de les aigües freàtiques. Així doncs tenint present tant els tipus d'entrada de sediment com els processos d'acumulació podem pensar en la interrelació entre dos processos i fàcies sedimentàries. Per una banda tindriem les *backswamp facies* (fàcies de darrera maresma) de BOSCH & WHITE (2004) corresponents a l'acumulació de material fi procedent del sòl suprajacent o de la pròpia meteorització de la roca (Fig. 42) i que pràcticament no sofreix cap tipus de transport, i per altra les *slackwater facies* (fàcies d'aigües estancades) en les quals el material més fi, siguin llims i/o argiles, és transportat cap a l'interior dels conductes en forma de suspensió i s'acumula finalment per processos de decantació.

Per altra banda els processos de corrosió lligats a la zona de mescla poden donar lloc a grans acumulacions de restes de roca alterada (Fig. 42) que pot interaccionar també des d'un punt de vista geoquímic amb part dels sediments d'infiltració (Fig. 36) donant graus i, en conseqüència, tipus molt diferents de sediments.

## La roca encaixant

S'han mostregjat de forma preliminar les parets de la cavitat per tal de caracteritzar la roca encaixant i poder veure qualsevol tipus de relació en relació al rebliment sedimentari, estructura general de la cavitat i formes de corrosió presents. El nombre de punts mostrejats ha estat de vuit distribuïts al llarg de tota la cavitat, a diferents profunditats i en relació a diversos aspectes geomorfològics (Taula 1).

Deixant de banda la mostra GL-R01 que presenta una mineralogia formada en la seva totalitat per dolomita, la resta de les mostres corresponen a calcita amb baix contingut en magnesi (LMC). Només les mostres GL-R07 i GL-R08 presenten a part de calcita una petita proporció de dolomita (8 i 4 % respectivament).

Les característiques texturals i composicionals són variables i atribuïbles a la sedimentologia que caracteritza els diferents subambients deposicionals carbonatats dins del medi escullós que corresponen al Miocè superior en aquesta part de la Marina de Llevant (FORNÓS *et al.*, 1989). Tenim *rustones* (GL-R01, GL-R02, GL-R03 i GL-R06), en els quals els seus components principals són els coralls (*Porites* sp) i mol·luscs, especialment bivalves, amb una gran porositat interpartícula reomplerta per ciment esparític amb grans cristalls d'ordre centimètric de tipus freàtic, que presenten coloracions rosades i un elevat grau d'alteració superficial. Els *grainstones* (GL-R04, GL-R05, GL-R07) estan formats per bio-

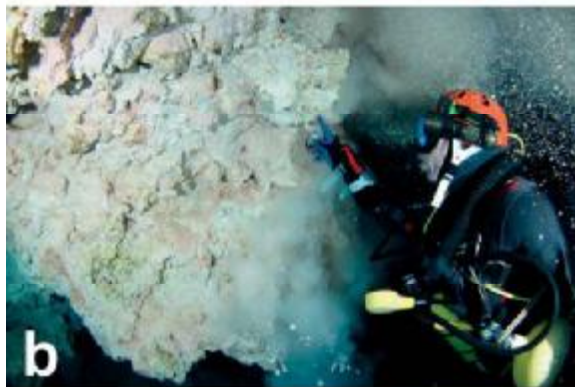
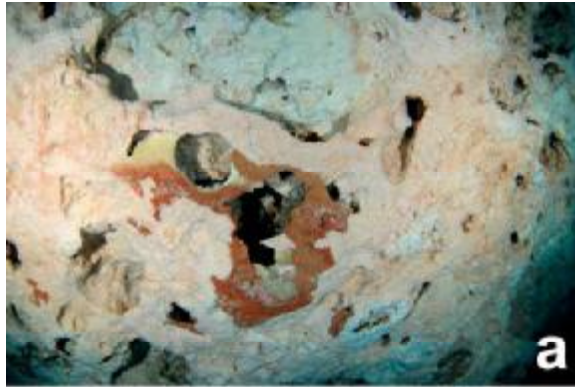


Figura 42: L'alteració de les calcarenites miocenes força evident en les parets de la cavitat està relacionada amb la zona de mescla produïda per una desintegració granular que dona lloc a una gran quantitat de sediment carbonatat; a) roca fortament afectada per la corrosió, circuit dels Pirates; b) pluja de sediment arenós, començament de la galeria de les Còniques; c) acumulació de sediment en forma d'arenes i grava, galeria de les Haloclines.

Figure 42: Conspicuous corrosion of the Miocene calcarenites in the cavity walls related with the mixing zone giving way to a granular disintegration, producing abundant carbonate sediment; a) rock strongly affected by corrosion, Circuit dels Pirates; b) sandy grain size rain of sediment, beginning of Coniques gallery; c) gravel and sand sediment accumulation, Haloclines gallery.

clasts, principalment fragments de mol·luscs i algues coral·linàcies (especialment la mostra GL-R04), algunes d'elles amb una lleugera alteració superficial, i molt poca porositat. Hi ha també un *grainstone* oolític (mostra GL-R07) probablement corresponent al Complex Terminal (FORNÓS *et al.*, 1989), i unes calcàries rosades (*mudstone*) amb ciment microesparític (GL-R08), clara-

ment diferenciable de la calcària cristal·lina esparítica que presenta una gran porositat tipus *wug* (GL-R06).

L'estudi preliminar de les mostres de roca i la seva relació amb la presència de formes de corrosió a la cavitat així com de la presència de gran sales, permet aventurar una clara relació entre les fàcies presents i la presència de les característiques geomorfològiques. Així les grans unitats d'esfondraments, estan clarament relacionades amb les fàcies esculloses amb presència de coralls i una gran porositat primària. Aquestes mateixes fàcies també són sobre les que s'hi desenvolupen la major part de formes de corrosió, entre les que hi destaquen les morfologies espongiformes.

## Els espeleotemes

La distribució dels espeleotemes a la cavitat ve condicionada per la fondària, bé per la seva gènesi directa o bé perquè la localització de les franges d'haloclines ha destruït o fet malbé àmplies àrees de formacions litoquímiques. També les zones afectades per esfondraments recents queden despallades dels precipitats calcaris que queden enterrats sota els blocs.

Els espeleotemes més abundants a la cavitat són els de degoteig (estalactites, estalactites fistuloses, estalagmites, columnes i massissos estalagmítics). Són abundants les columnes que estan compreses entre 7 i 12 m d'alçària i els massissos estalagmítics que superen els 4 m de diàmetre. Les zones més espectaculars i que presenten més formacions d'aquest tipus són: la sala Francesc Ripoll (sector Clàssic); abans d'arribar a la sala dels Dos Llacs, la galeria dels Degotissos i àrees de les galeries de les Haloclines (sector de Ponent); la galeria de les Còniques i alguns laterals de la galeria Cinc-cents (sector Cinc-cents). Les grans estalactites i estalagmites són també freqüents en aquestes mateixes zones; destaca espectacularment, amb un topònim propi, l'estalagmita anomenada "el Vigilant" a la galeria Cinc-cents, d'uns 8 m d'alçada (Fig. 8). Les estalactites fistuloses formen agrupacions atapeïdes a les zones més fondes de la galeria dels Degotissos (sector de Ponent) i a un lateral de la sala Francesc Ripoll (sector Clàssic).

Especialment freqüents, a les mateixes zones mencionades abans, són els espeleotemes de flux (colades pavimentàries i parietals). Són habituals les formes mixtes resultat de la combinació de colades estalagmítics que prossegueixen formant estalactites i columnes (Figs. 5 i 43b). Els exemplars més vistosos es localitzen a la galeria dels Degotissos i als laterals de la galeria Cinc-cents. Els precipitats de percolació són poc representatius dels sectors estudiats i es presenten només de forma molt ocasional (helictites, formes botrioidals i coral·loides).

## ESPELEOTEMES FREÀTICS

Els espeleotemes més característics de la cavitat són els d'origen subaquàtic, especialment els freàtics, ja que els subaquàtics vadosos, cas dels gours, són



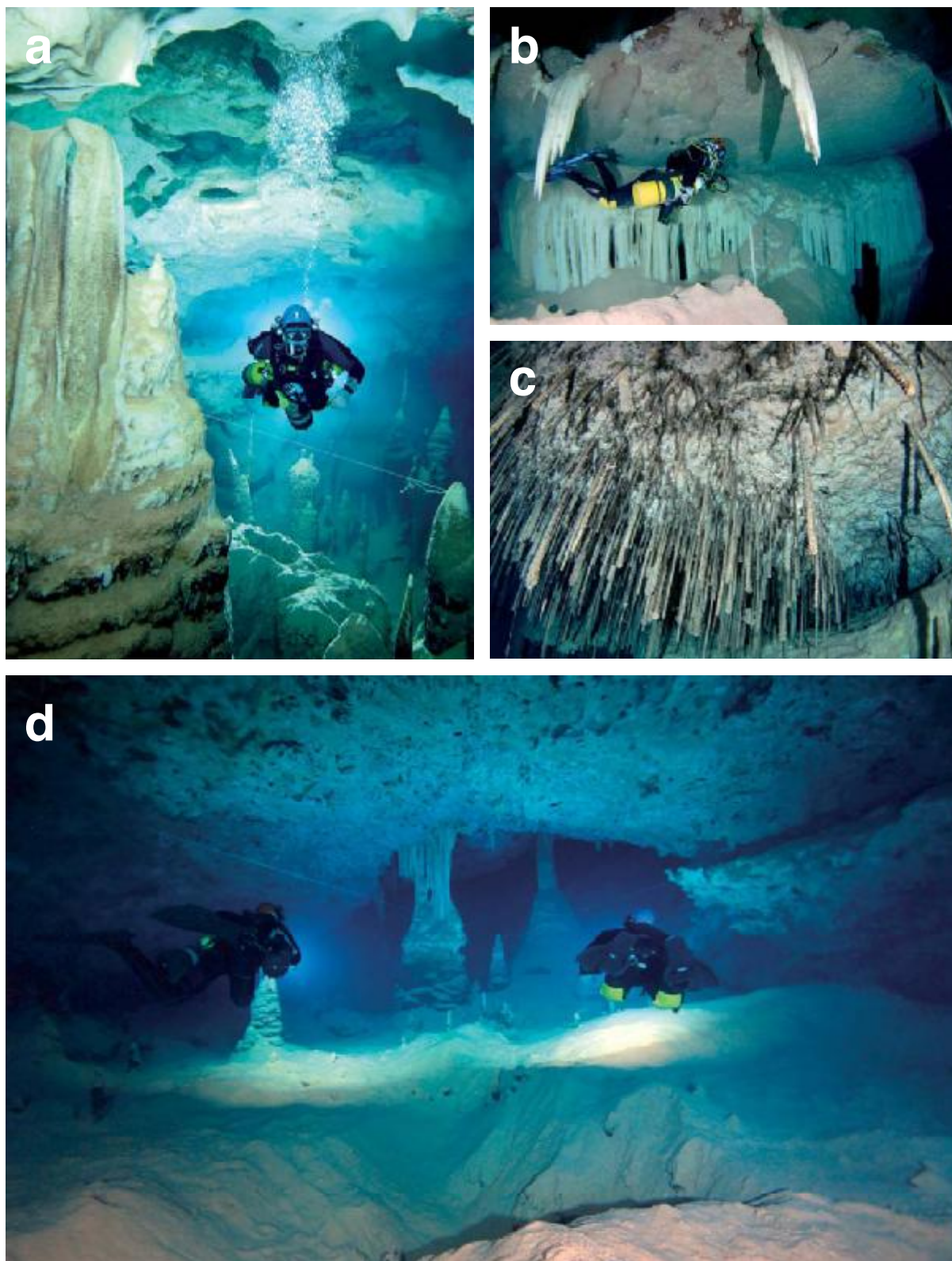


Figura 43: a) Formacions secundàries del circuit dels Pirates afectades per processos de dissolució, especialment a la part propera al sostre. b) Estalactites i colades parietals de la galeria dels Degotissos (sector de Ponent); s'aprecia un sobrecreixement freàtic que forma una franja horitzontal. c) Estalactites fistuloses a les zones més pregones del sector de Ponent. d) Columnes i estalagmites de la galeria de les Còniques. (Fotos C. Bodi).

Figure 43: a) Secondary formations in Circuit dels Pirates affected by dissolution processes especially in the part near to the roof. b) Stalactites and wall flowstones in Degotissos passage (Ponent sector). A phreatic overgrowth which forms a horizontal band can be seen. c) Stalactites in the deeper zones of the Foncot sector. d) Column and stalagmites in Còniques gallery. (Photos C. Bodi).



Figura 44: a) Profusió d'espeleotemes freàtics al circuit dels Pirates. b) Antics gours a 20 m de profunditat que se superosen a recobriments freàtics, abans de la sala dels Dos Llacs (sector de Ponent). c i d) Paleonivells freàtics a -15 m, desenvolupats sobre estalagmites i estalactites vadoses. Circuit dels Pirates. (Fotos C. Bodi).

Figure 44: a) A profusion of pleistocene speleothems in Circuit dels Pirates. b) Ancient gours pending 20 m deep are superimposed on pleistocene coverings, before Dos Llacs chamber (Ponent Sector). c and d) Pleistocene paleonivells at -15 m developed over vadose stalagmites and stalactites. Circuit dels Pirates. (Photos C. Bodi).

Mostra	Elevació (m)	Edat (anys)	Mètode
GL-D1	-15,0	78.600 ± 800	MC-ICPMS
GL-D8	-20,5	85.400 ± 900	MC-ICPMS
GL-D3	-17,5	92.700 ± 900	MC-ICPMS
GL-D6	-17,0	97.700 ± 1.100	MC-ICPMS
GL-D7	-13,5	107.400 ± 2.800	MC-ICPMS
GL-D2	-14,0	143.400 ± 1.600	MC-ICPMS
GL-D5	-16,0	77.800 ± 800	TIMS

Taula 6: Datacions de les sèries d'urani de sobrecreixements freàtics sobre espeleotemes (POS) de la Cova de sa Gleda (segons TUCCIMEI *et al.*, 2006).

Table 6: Uranium data of phreatic overgrowths on speleothems (POS) of the Cova de sa Gleda (after TUCCIMEI *et al.*, 2006).

molt poc freqüents als sectors estudiats. Aquests només són importants en zones molt concretes de la sala Francesc Ripoll i abans de la sala dels Dos Llacs. Dels freàtics, les estalagmites còniques són espectaculars, especialment al fons del llac de la galeria de les Còniques (sector Cinc-cents). Aquestes no estan cimentades i es veu que estan formades únicament per l'acumulació de làmines de calcita flotant a llocs on la caiguda de gotes d'aigua procedents d'una estalactita les fa enfonsar-se sota l'aigua.

Els espeleotemes freàtics estan relacionats amb antics nivells d'estabilització de la superfície de les aigües subterrànies, controlats a la vegada per les oscil·lacions negatives del nivell marí durant el Quaternari (GINÉS, 2000b). Aquests estan presents en forma de revestiments de cristalls damunt parets i espeleotemes vadosos formant sobrecreixements que es disposen en forma anular, envoltant estalactites, estalagmites i columnes (Fig. 44). La presència d'aquests regruixos per precipitació epiaquàtica és molt notòria, formant unes morfologies de precipitació impressionants que caracteritzen moltes de les galeries i sales de la cavitat per ésser extraordinàriament abundants, de gran bellesa i en alguns casos de dimensions importants (sala dels Paleonivells, part del circuit dels Lladres, zona profunda de la galeria dels Degotissos, laterals més fondos de tot el sector Cinc-cents, zones més pregones de les galeries de les Haloclines, etc.). Els paleonivells freàtics són macrocristal·lins i rugosos, segons els llocs de la cavitat, ambdós constituïts per calcita. S'han recollert mostres d'aquests nivells per procedir a la datació mitjançant les tècniques de les sèries d'urani (Th/U). Totes les mostres procedeixen del sector Clàssic i del sector de Ponent (Taula 6). El registre de paleonivells marins ens dona les següents cotes i edats: -1,5 m (més de 350.000 anys), -13,5 m (107.400 anys), -14 m (143.400 anys), -15 m (78.600 anys), -16 m (77.800 anys), -17 m (97.700 anys), -17,5 m (92.700 anys) i -20,5 m (85.400 anys) (TUCCIMEI *et al.*, 2006). Les dues dates més recents corresponen a l'estadi isotòpic 4, seguida d'una data atribuïble a l'estadi 5b (92 ka), i una altra a l'estadi 6 (143 ka), així com una datació (>350 ka) cap a l'estadi isotòpic 9 o anterior i fóra de l'abast del mètode Th/U, ja que sobresurt la capacitat del mètode de datació (com a mínim superior a l'estadi 9).

És important remarcar, com ja s'ha esmentat abans, que es localitzen únicament per davall de les zones d'haloclines, que molt probablement han destruït aquests registres de les oscil·lacions del llacs. També s'ha de dir que els espeleotemes per davall dels 13-14 m fins als -25 m és on es troben en més bon estat de conservació.

## Agraïments

Aquest treball s'ha pogut dur a terme en estar finançat parcialment gràcies al projecte de la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007. Volem agrair al Sr. Andreu Ramis, al Sr. Bartomeu Tomàs i a la Sra. Eva Villalonga de la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears les seves atencions i bones disposicions.

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel *Ministerio de Educación y Ciencia* -FEDER, CGL2006-11242-C03-01/BTE.

A Ferran Hierro i Joan Cifre dels Serveis Científico-Tècnics de la Universitat de les Illes Balears l'ajuda en l'anàlisi de les mostres de sediment, així com també a Joan Miquel Carmona del Departament de Ciències de la Terra de la UIB i a Montse Guart del Departament d'Estratigrafia de la Universitat de Barcelona.

Als Drs Joaquim Ginés i Àngel Ginés per la revisió atenta de l'article.

A Peter Watkinson agraim la traducció a l'anglès del resum i els peus de figures.

Volem agrair a la propietària de la finca de Son Josep Nou, la Sra. Margalida Puigserver, i als amos de la finca la seva amabilitat i les facilitats que ens han ofert sempre.

Als companys fotògrafs César Bodí, Oscar Espinasa i Pedro Gràcia per haver documentat fotogràficament la cavitat.

## Bibliografia

- BACK, W.; HANSHAW, B. B. i VAN DRIEL, J. N. (1984): Role of ground-water in shaping the eastern coastline of the Yucatán peninsula, Mexico. In: *Geology of the Yucatán Peninsula*. La Fleur Allen & Unwin, 281-293. Boston.
- BOSCH, R.F. i WHITE, W.B. (2004): Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. In: Sasowsky, I.D. & Mylroie, J. (eds.), *Studies of cave sediments. Physical and chemical records of karstification*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 1-22.
- BRETZ, J. (1942): Vadose and phreatic features of limestone caverns. *The Journal of Geology*, vol. L, num. 6.
- CLARKE, O. (1991-1992): Report of the Cwmbran Caving Club diving expedition to Son Josep. Mallorca in October 1990. *The Red Dragon Y Dragon Gwyl*, 18: 28-30.
- FARR, M. (1997-1998): Dragon cave diving expedition to Mallorca - 1996. *The Red Dragon Y Dragon Gwyl*, 24: 89-97. U.K.
- FIOL, LL.; FORNÓS, J.J.; GELABERT, B. i GUIJARRO, J.A. (2005): Dust rains in Mallorca (Western Mediterranean): Their occurrence and role in some recent geological processes. *Geografica*, 63: 64-84.
- FORD, D. i WILLIAMS, P. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*. U. Hyman, p. 601, London.

- FORNÓS, J.J. i GRÀCIA, F. (2007): Datació dels sediments recents que rebleixen les cavitats de sa Gleda i del Sistema Pirata-Pont-Piqueta: Primeres dades. *Frònters*, 31: 97-100.
- FORNÓS, J.J.; PRETUS, J.L. i TRIAS, M. (1989): La Cova de sa Gleda (Manacor, Mallorca), aspectes geològics i biològics. *Frònters*, 14-15: 53-59.
- GINÉS, A. (2000a): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Carsologica*, 29 (2): 139-148. Ljubljana.
- GINÉS, A. i GINÉS, J. (1992): Les coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Frònters*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, A. i GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67. Bologna.
- GINÉS, J. (1995): L'endocars de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics. In: GINÉS, A. i GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. Endins, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 71-86.
- GINÉS, J. (2000b): *El karst i les coves de Mallorca: una avaluació científica de les condicions de speleogènesi y conservació*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 595 pp. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; TRIAS, M.; GINÉS, A. i SANTANDREU, G. (2007): Els fenòmens endocàrstics de la zona de Ca n'Olesa: la cova de s'Onix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31: 5-30.
- GRÀCIA, F. i CLAMOR, B. (2001): La Cova de sa Gleda. *Subterrània*, 16: 24-34.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Frònters*, 23: 41-57.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i WATKINSON, P. (1998a): La cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Frònters*, 22: 5-18.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; AGUILÓ, C. i WATKINSON, P. (1998b): La cova des Drac de cala Santanyí (Santanyí, Mallorca). *Frònters*, 22: 55-66.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i FORNÓS, J.J. (2007): Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importants continuacions subaquàtiques. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Hidrogràfic i Jueu Carstic*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A.; WATKINSON, P. i DOT, M.A. (2003a): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). I: Descripció de les cavitats i història de les exploracions. *Frònters*, 25: 23-42.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTIN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. i PONS, G. (2005): La cova des Coll (Felanitx, Mallorca): Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Frònters*, 27: 141-186.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. i VADELL, M. (2003b): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Frònters*, 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME, D. i FEBRER, M. (2006): El sistema Pirata - Pont - Piqueta (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Frònters*, 29: 25-64.
- GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; MONSERRAT, T.; CLARKE, O. i LANDRETH, R. (1997): Les coves de la zona de ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera. *Frònters*, 19: 17-23.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Frònters*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Frònters*, 30: 49 - 70.
- MERINO, A.; MULET, A. i MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilòmetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Frònters*, 30: 29 - 48.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. i GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera: 40 kilòmetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Frònters*, 31: 101-110.
- NÚÑEZ JIMENEZ, A. (1967): *Contribución geológica de las cuevas de Cuba*. Academia de las Ciencias de Cuba.
- PALMER, A.N. (1991): Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103 (1): 1-21.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave Books. 454 pp. Dayton.
- PONS, G. X.; JAUME, D.; GRÀCIA, F. i VICENS, D. (2001): Cavitats càrstiques de les Illes Balears Lloc d'Interès Comunitari (LICs). In: PONS, G. X. (ed) *Porències i reserves de les coves del Medi Ambient de les Illes Balears* 310-312. Soc. Hist. Nat. Balears.
- SLABE, T. (1995): *Cave Rocky Relief and its Speleogenetical Significance*. Znanstvenoraziskovalni Center SAZU. Ljubljana. Pàgs 128.
- SMART, P.; BEDDOWS, P.; COKE, J.; DOERR, S.; SMITH, S. i WHITAKER, F. (2006): Cave development on the caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico. *Geological Society of America Perspectives on karst geomorphology, hydrology and speleogenesis: A tribute volume to Derek Ford and William White*, 105-128. 345 pàgs.
- TRIAS, M. (2000): La cova des Moro (Manacor, Mallorca) i alguns destacats aspectes de la seva morfologia. *Frònters*, 23: 73 - 77.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, M.C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. i TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zentralblatt für Geomorphologie N.F.*, 50 (1): 1-21. Berlin.

# DATAció DELS SEDIMENTS RECENTS QUE REBLEIXEN LES CAVITATS DE SA GLEDA I DEL SISTEMA PIRATA – PONT – PIQUETA: Primeres dades

per Joan J. FORNÓS<sup>1</sup> i Francesc GRÀCIA<sup>1, 2</sup>

## Resum

Es descriuen les primeres datacions efectuades mitjançant el mètode del Carboni-14 de les acumulacions sedimentàries a les parts submergides de les cavitats de la costa oriental de Mallorca, en mostres agafades a la cova de sa Gleda i al sistema de cavitats Pirata-Pont-Piqueta. Les dades preliminars de les datacions obtingudes indiquen que es tracta de sediments molt recents dipositats en el transcurs dels darrers tres o quatre segles.

## Abstract

First C-14 dating of sedimentary infilling sediments present in the submerged conduits of the eastern Mallorca area caves (cova de sa Gleda and Pirata-Pont-Piqueta system caves) are described. Preliminary data obtained show that the sedimentary infilling is very recent and had been occurred during the last three – four centuries.

## Introducció

La presència d'acumulacions importants de sediments a les parts submergides de les cavitats de la costa oriental de Mallorca, ens ha portat a fer un reconeixement inicial de l'edat dels rebliments. En aquest sentit s'han plantejat una sèrie de datacions per tal d'avaluar-la i així poder establir els marges temporals en els quals ens movem.

Els tipus de rebliments sedimentaris dins aquestes cavitats, localitzades en les calcarenites del Miocè superior que afloren a la costa oriental de Mallorca, són diversos (GRÀCIA *et al.*, 2003, 2005, 2006, 2007). A grans trets els podem separar en dos grans grups: materials llimosos vermells de composició essencialment silícia interpretats en la major part dels casos com de procedència externa, i fangs arenosos de composició carbonatada de gènesi pròpiament interna del sistema. Només en el primer cas s'han pogut obtenir restes orgàniques, llavors i altres restes vegetals, que ens han permès fer unes datacions amb certes garanties.

Els rebliments llimosos vermells es troben localitzats en les parts submergides del sistema de conductes relacionats amb entrades de les cavitats i corresponen en línees generals a llims més o menys argilosos formats en la seva major part per minerals silícis (principal-

ment quars i alguns feldspats) i minerals del grup de les argiles (il·lita i caolinita). També hi són presents els carbonats. Presenten unes potències mitjanes del mig metre encara que la seva acumulació és força irregular, i en algun punt s'ha pogut constatar que se supera el metre i mig. La seva acumulació es fa al fons de les galeries i sales submergides amb una distribució més o menys uniforme. En alguns casos s'han pogut constatar cossos deposicionals a prop de les entrades en forma de ventalls que decreixen en potència cap a la part interna de la cavitat. Així mateix, s'ha pogut observar l'entrada directa de sediments d'escorrentia superficial després de pluges molt intenses; no hem d'oblidar que el col·lapse que dona entrada a la cova de sa Gleda es troba al mig de la llera d'un torrent. Aquest fet, juntament amb la seva composició mineralògica i característiques texturals ha portat a interpretar els sediments com a procedents d'una font exterior (GRÀCIA *et al.*, 2006).

## Les datacions

Les datacions que s'han realitzat pel sistema del carboni-14 les ha dut a terme el laboratori de IRPA KIK (Institut Royal du Patrimoine Artistique) de Brusel·les (Bèlgica) sota la direcció del Dr. Mark Van Strydonck.

1 Dept. Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.

Email: joan.fornos@uib.es

2 Grup Nord de Mallorca (GNM). Pollença.

Email: xescgracia@yahoo.es

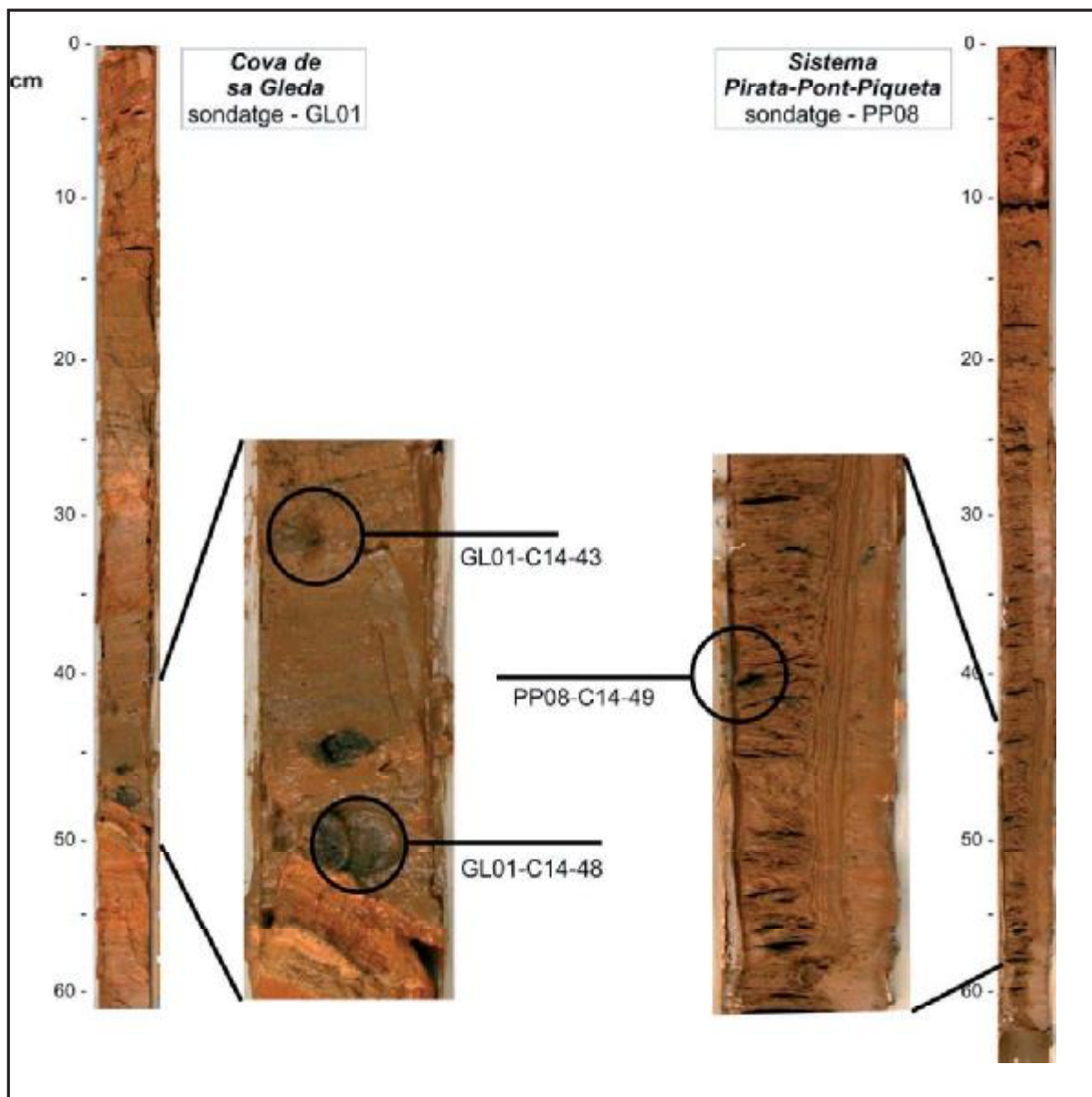


Figura 1: Localització en els sondatges de les mostres que s'han datat a la cova de sa Gleda i cova des Pont.

Figure 1: Core location of samples dated at Cova de sa Gleda and Cova des Pont.

Les mostres de restes carbonoses i llavors es van agafar en dos sondatges diferents, de característiques sedimentàries similars en dues de les localitats estudiades de la Marina de Llevant dins de dos conductes inundats i situats per davall del nivell freàtic. La mostra PP08-C14-49, recollida a una profunditat de 49 cm de sediment (Fig. 1), correspon a la galeria del Llac Ras a prop de la Gran Sala de la cova des Pont (la seva localització es pot veure a la figura 20 del treball de GRÀCIA *et al.*, 2006, p. 46). Les altres dues mostres recollides a -43 i -48 cm de profunditat (GL01-C14-43 i GL01-C14-48 respectivament), corresponen a un mateix sondatge fet al sector clàssic de la cova de sa Gleda, concretament al llac d'entrada de la sala Francesc Ripoll (la seva localització es pot veure a la figura 32 del treball de GRÀCIA *et al.* 2007).

## Dades datació

De les dades obtingudes se'n desprèn que els sediments que reomplen els conductes d'ambdues cavitats són molt recents.

Les edats de les mostres datades donen valors de  $220 \pm 20$  BP per a la mostra de la cova des Pont que correspon a unes edats calibrades ( $1 \sigma$  i  $2 \sigma$ ) que es poden observar a la figura 2;  $10 \pm 25$  BP i  $330 \pm 25$  BP per a la dues mostres de la cova de sa Gleda, que presenten unes edats calibrades ( $1 \sigma$  i  $2 \sigma$ ) que també es poden observar respectivament a la figura 2.

Els resultats, tal i com podem veure a la figura 2, són molt recents, i això implica que les datacions no poden ser massa precises i a més la corba de calibrar

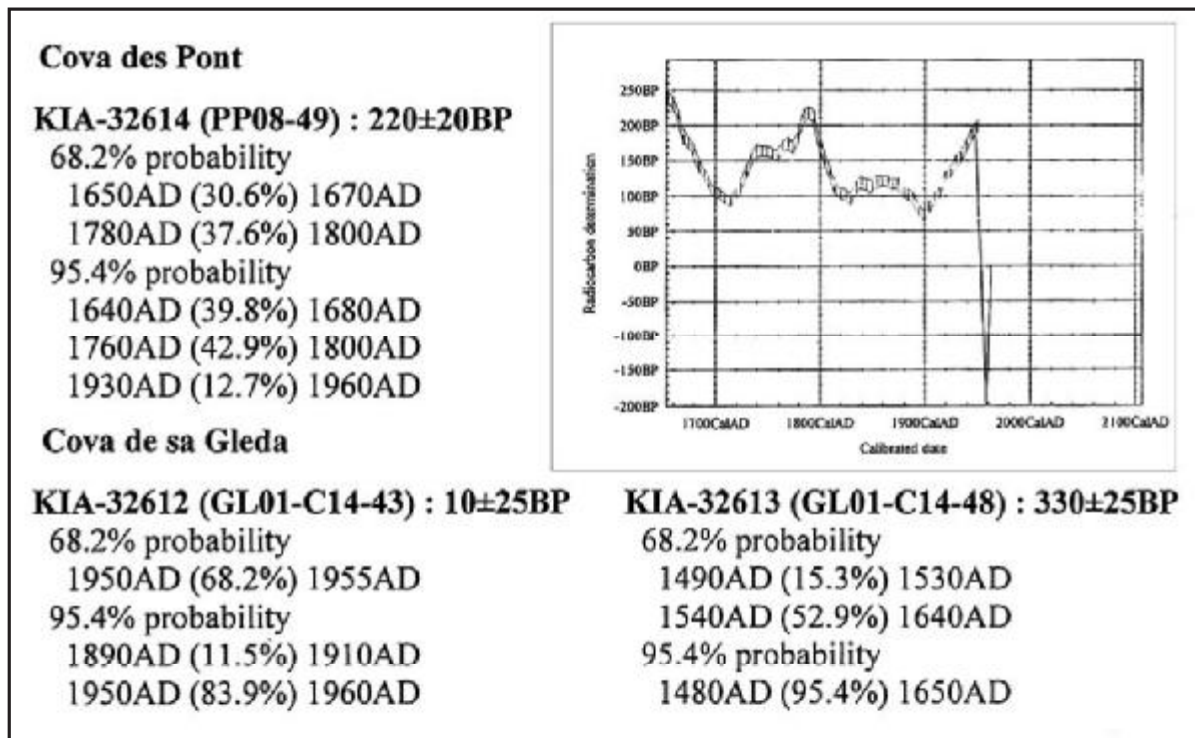


Figura 2: Dades de les datacions per C-14 de les mostres carbonoses dels sediments de les coves de sa Gleda i des Pont, i gràfic de calibració radiomètrica.

Figure 2: Dating dates and calibration curve of radiocarbon age of the charcoal samples in cave sediments at Cova de sa Gleda and Cova des Pont.

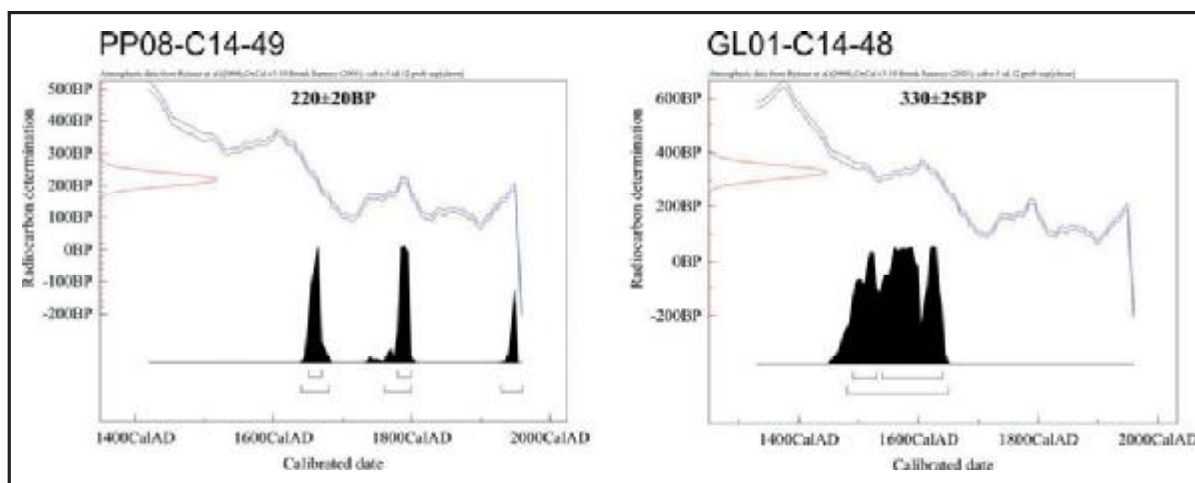


Figura 3: Corbes de calibració obtingudes mitjançant el programa OxCal.

Figure 3: Calibration curves obtained with the OxCal program.

per aquest període és molt irregular (Fig. 3). Les datacions PP08-C14-49 i GL01-C14-48 són força coherents entre sí, en canvi l'edat de la mostra GL01-C14-43, excessivament recent, ens fa pensar en un possible cas de contaminació (?) en el moment de la realització del sondatge.

Hem de remarcar també que de sediments llimosos vermells de composició silícia similars als datats (tan textural com mineralògicament) n'hi ha de més antics. Tal i com descriuen GRÀCIA *et al.* (2006) part d'algunes gale-

ries inundades del sistema Pirata-Pont-Piqueta mostren sediments que presenten en la seva superfície polígons de retracció (Fig. 4), la qual cosa implica processos de dessecació i per tant estadis ens els quals la cavitat (o part dels conductes) es troba en situació vadosa. La localització d'aquests polígons a -4 m de profunditat implicaria una etapa anterior de reblliment probablement amb una edat per als sediments anterior al darrer estadi glacial. No volem descartar, si més no oscil·lacions d'aquest ordre en èpoques holocenes més recents.

Una altra qüestió que val la pena comentar, és que la presència de laminació varvada, tan freqüent en molts dels sondatges descrits en els reblliments sedimentaris de les cavitats (GRÀCIA *et al.*, 2003, 2005, 2006), en coherència amb les datacions obtingudes, podrien tenir característiques estacionals.

## Agraïments

Al Dr. Mark Van Strydonck les datacions de C-14 fetes a les mostres i al Dr. Josep A. Alcover, els comentaris efectuats al manuscrit original. El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel *Ministerio de Educación y Ciencia* – FEDER, CGL2006-11242-C03-01/BTE.

Aquest treball s'ha pogut dur a terme en estar finançat parcialment gràcies al projecte de la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007. Volem agrair al Sr. Andreu Ramis, al Sr. Bartomeu Tomàs i a la Sra. Eva Villalonga de la Fundació "SA NOSTRA", Caixa de Balears, les seves atencions i bones disposicions.

Als companys espeleobussejadors Bernat Clamor, Pere Gamundí i Mateu Febrer.

## Bibliografia

- GRÀCIA, F.; JAUME D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. i VADELL, M. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. *Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. Fròntiers* 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTIN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. i PONS, G. (2005): La cova des Coll (Felanitx, Mallorca): Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Fròntiers* 27: 141-186.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME D. i FEBRER, M. (2006): El sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Fròntiers* 29: 25-64.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; FEBRER, M. i GAMUNDÍ, P. (2007): La cova de sa Gleda I. Sector Clàssic, Sector de Ponent i Sector Cinc-cents. (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, sedimentologia i hidrologia. *Fròntiers*, 31: 43-96.

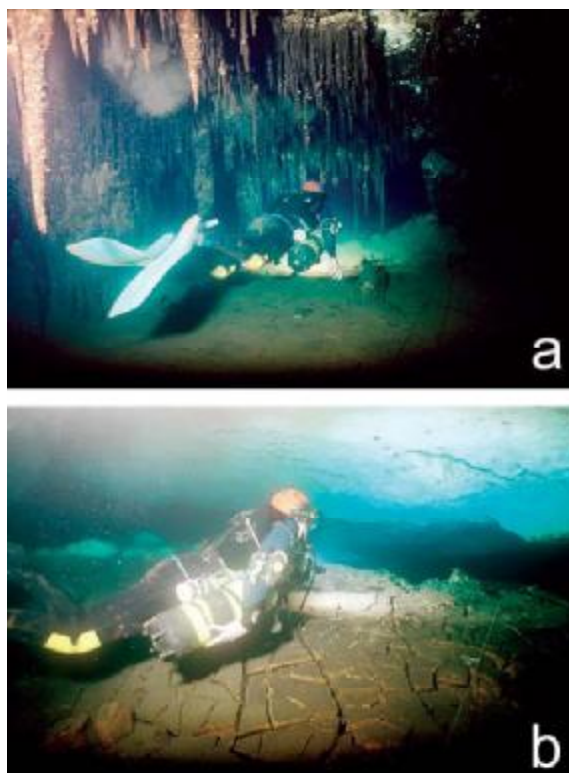


Figura 4: a) Acumulació sedimentària a l'entrada de la Galeria del Llac Ras a prop de la Gran Sala (cova des Pont); b) polígons de retracció a -4 m que recobreixen una zona de la galeria del Llac Ras (Foto B. Clamor).

Figure 4: a) sedimentary accumulation at the entrance of the Lac Ras gallery near the Gran Sala (Cova des Pont); b) Abstract polygons at -4 m that cover part of the Lac Ras passage (Photo B. Clamor).



## LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca): 40 KILÓMETROS DE DESARROLLO TOPOGRAFIADO

por Antoni MERINO<sup>1</sup>, Antoni MULET<sup>1</sup>, Guiem MULET<sup>1</sup>, Antoni CROIX<sup>2</sup> y Francesc GRÀCIA<sup>3</sup>

### Resumen

En el presente trabajo se actualizan las exploraciones llevadas a cabo en la Cova des Pas de Vallgornera, junto con una descripción detallada de los nuevos sectores topografiados, así como la ampliación de otros ya conocidos en los cuales se han ido completando los datos topográficos de que se disponía.

### Resum

En aquest treball s'actualitzen les exploracions dutes a terme a la cova des Pas de Vallgornera, a la vegada que es fa una descripció acurada dels nous sectors topografiats. També s'amplien els coneixements descriptius i topogràfics de sectors coneguts de la cavitat.

### Abstract

In this paper we provide an exploration update of Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca); at the same time a detailed description of the new surveyed sectors is made. Besides, a significant improvement in the survey and description knowledge of already known sectors of this cave is presented, whose development currently exceeds 40 km of passages and chambers.

## Introducción

La Marina de Llucmajor está formada por depósitos carbonatados tabulares postorogénicos del Mioceno superior, caracterizados por una alternancia de calcarenitas que pasan a calizas arrecifales masivas, finalizando la serie con calcarenitas y calizas oolíticas del Complejo Terminal (FORNÓS & POMAR, 1983). Estos materiales están afectados por fallas normales (distensivas), formadas en el Neógeno superior, con fracturas de orientación entre N-S y N060E.

A continuación pasamos a resumir muy brevemente la historia de los descubrimientos efectuados en la cavidad. Para más información se pueden consultar los trabajos que se han ido publicando y de los que se hace debida referencia en el texto.

El descubrimiento de la Cova des Pas de Vallgornera tuvo lugar en el año 1968, al excavar un pozo negro para las aguas residuales del Hotel Es Pas. Realizaron exploraciones en la cavidad los equipos espeleológicos del Centro de Actividades Espeleológicas (CAE), el Grup Espeleològic EST y el Speleo Club Mallorca (SCM). En

fechas posteriores espeleólogos y buceadores belgas procedieron al levantamiento de una primera topografía. A raíz de un encuentro celebrado en 1990 entre el Grup Espeleològic EST y miembros de la Secció d'Espeleologia de l'ANEM se decidió llevar a cabo la topografía y el estudio de toda la cavidad (**Sector Antic**), actividades que se iniciaron en el año 1991 para finalizarse en 1992 (MERINO, 1993). El desarrollo estimado de la cavidad era de unos 2 km.

En 1994, Miquel Àngel Barceló y Pere Riera descubren el acceso a nuevas galerías y salas de la cueva (**Noves Extensions**) y realizan importantes hallazgos que determinan que a finales de 1999 la cavidad pase a tener un desarrollo total de 6.435 m (MERINO, 2000).

A partir de 2002, miembros del Grup Espeleològic Llubí y de la Sección de Espeleología de ANEM se centran en revisar lugares concretos investigando la existencia de una corriente de aire. Dos años de continuo trabajo dieron como resultado que, en 2004, se encontrara un paso por donde se perdía ésta. Una vez desobstruido se accedió en primer lugar a un conjunto de galerías y pasos estrechos entre bloques que daban la impresión que acabarían cerrándose por completo impidiendo la progresión hasta que, Guiem Mulet, después de varias horas explorando entre los bloques, descubre la **Sala**

---

1 Grup Espeleològic de Llubí  
2 Agrupació Esportiva VOLTORS  
3 Grup Nord de Mallorca

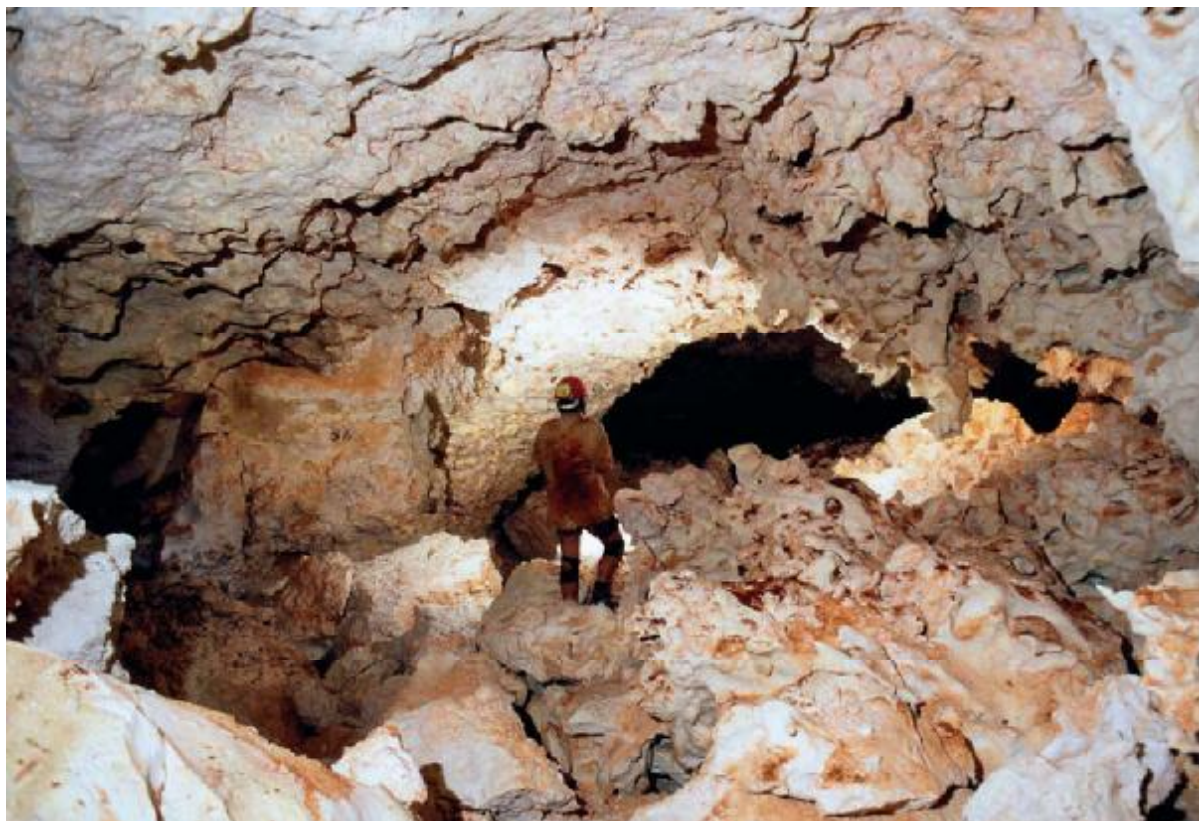


Foto 1: Galería del Mig Quilòmetre. Se observan potentes efectos corrosivos que han afectado tanto a la pared, techo como suelo de esta galería, son de destacar los claros ejemplos de *massives*. Foto A. Merino

Photo 1: Galería del Mig Quilòmetre. Spectacular solutional morphologies that affect the wall, the floor and ceiling can be observed. Massive *spongework* formations are outstanding. Photo A. Merino.

**que No Té Nom.** Posteriormente, junto con Toni Mulet y Toni Merino exploran esta enorme sala y acceden a todo un enorme complejo de nuevas galerías y salas. Desde el año 2004 al 2006 se añaden 16.565 m más de recorrido, llegando a los 23 kilómetros de galerías (MERINO *et al.*, 2006).

Desde el trabajo publicado en el año 2006 hasta ahora, los recientes hallazgos llevados a cabo por miembros de diferentes grupos espeleológicos, han conseguido que la Cova des Pas de Vallgornera, la de mayor recorrido de las Illes Balears, alcance ya los 40 kilómetros de desarrollo. Es decir, supone incrementar 17 kilómetros más en un sólo año de trabajo. A lo largo de la última campaña se ha estado explorando y completando el levantamiento topográfico en una serie de sectores comprendidos entre la **Galería d'en Pau** y la **Línea 200** en dirección al **Gran Canyó**. También se ha trabajado en el **Sector "F"**. Una de las novedades es la descripción de un nuevo sector, "**Sector del Clypeaster**", que se sitúa en la parte NW de la cavidad en el cual se han localizado galerías y salas tanto a nivel freático como por encima de él. También se han incorporado a los trabajos de exploración y topografía espeleobuceadores del Grup Nord de Mallorca (GNM) que han descubierto importantes continuaciones subacuáticas en el **Sector de les Grans Sales** y en el **Sector de Gregal** que representan unos 2,5 km de recorrido.

## Descripción de los recientes descubrimientos

### SECTOR DEL CLYPEASTER

El acceso al mismo se lleva a cabo por la parte más al N del **Sector "F"** a través de una serie de galerías laberínticas bastante estrechas que no sobrepasan el metro de anchura. En algunos puntos el suelo se presenta desfondado debido a la existencia de la fractura sobre la que se ha desarrollado la galería. Hay tramos en que los bloques que se han desmoronado del techo o de las paredes dificultan el paso. Se observan algunas coladas parietales y banderas, al mismo tiempo existen procesos de descalcificación en dichas formaciones. Otras galerías tienen las paredes y techos recubiertas de *moonmilk*.

Unos metros más adelante se alcanza la **Galería de les Toberes**, caracterizada por la presencia de espeleotemas denominados "toberas" (MERINO, 2006) que se encuentran desarrollados sobre el fondo de la galería. Así como se avanza, el suelo se vuelve más plano y se observa la existencia de formas botrioidales y algunos *spongeworks* sobre las paredes. Hay también numerosas coladas tanto parietales como pavimentarias, sobre las que empiezan a proliferar gours. Éstos al principio son de pequeño tamaño, aumentando sus dimensiones

a medida que la galería se desplaza hacia el NE. La mayoría de ellos están llenos de agua y sobre su fondo y paredes hay notables cristalizaciones de calcita. El potente concrecionamiento va creando pasos angostos, y superados éstos, las medidas de la galería aumentan. Sigue un tramo bellamente decorado con formaciones de todo tipo y gours de considerable longitud. Después de unos 100 m de recorrido la morfología de la galería cambia totalmente, desaparecen las formas de reconstrucción que son sustituidas por el *moonmilk* que cubre techo y paredes así como los bloques desprendidos que cubren parte de la galería.

En la parte N de la **Galería de los Toberes**, existen dos galerías que comunican el piso superior con el nivel freático a través de ventanas.

La primera nos lleva a una pequeña sala de hundimiento cuyo suelo está ocupado por grandes bloques, hacia el S de este punto tendríamos la **Galería dels Clypeasters**, totalmente inundada y de dirección NE-SW. Las dimensiones de la misma son variables, no sobrepasando los 2 m de anchura, en dirección SW conduce a una serie de pasillos muy estrechos sin posible continuación, uno de ellos comunica con la **Sala del Compàs**. De nuevo en el punto medio de la **Galería dels Clypeasters** y en dirección E se atraviesa una zona completamente inundada que se prolonga unos 100 m hasta hacerse impracticable. A medio camino de este tramo existe la comunicación con la segunda ventana. En este punto un caos de bloques de grandes dimensiones, nos permite ir ascendiendo entre rocas inestables, hasta un angosto paso que nos sitúa en la **Sala Fosca** que está a unos 17 m sobre el nivel de los lagos. Esta sala se caracteriza por la gran acumulación de bloques gigantes, evidenciándose también fenómenos de soliflucción que han afectado a las columnas y coladas pavimentarias existentes.

Un pasillo de escasas dimensiones que acaba tomando dirección E comunica la **Sala Fosca** con la **Sala del Compàs**. Esta última es un punto importante desde el cual parten varias galerías en distintas direcciones, que comunican con la **Galería dels Clypeasters** y el sector laberíntico de acceso a la **Galería del Mig Quilòmetre**. La **Sala del Compàs** es una típica sala de hundimiento, formada por grandes bloques que se han acumulado creando un cono que se eleva hasta unos 12 m sobre el nivel freático. Algunos sectores de esta sala están ocupados por coladas parietales y pavimentarias de color oscuro, existen también algunas estalactitas, estalagmitas y banderas. Las paredes, donde destacan las acumulaciones de corales, están cubiertas de importantes formas de corrosión.

En dirección NW y a través de un conjunto de galerías inundadas de pequeñas dimensiones se progresa hacia la **Galería de la Costella**. Las dimensiones de las galerías que forman este laberinto son en general modestas, sucediéndose los tramos inundados donde es preciso nadar, con otros prácticamente secos. Las formas de corrosión suelen cubrir las paredes, aunque las mismas no son muy marcadas, en algunos puntos se han desarrollado formas botrioidales sobre el suelo. La altura de las galerías también es muy variable, alcanzándose en algunos lugares unos 5 o 6 m, estando siempre controladas por la fractura sobre la que se

asientan. Se observan en ciertos tramos bloques sobre el suelo que dificultan el paso, que coinciden con zonas de roca más descompuesta. Abundan los restos fósiles de corales y clypeasters.

### Galería de la Costella

Se inicia con un primer tramo semi inundado, con una anchura media que no llega a 1 m, al cual sigue otro con el suelo ocupado por gours llenos de agua de distintas dimensiones. Existen también notables coladas pavimentarias y algunas formas botrioidales. En las paredes se pueden observar formas de disolución no muy marcadas. Unos pocos metros antes de llegar al inicio del meandro desfondado, el techo de la galería desciende, estando el suelo totalmente cubierto de una colada pavimentaria, y en las paredes se han desarrollado unas formas de corrosión de pequeño tamaño pero muy marcadas, lo que da a esta parte del pasillo un aspecto muy peculiar. El nombre puesto a la galería hace referencia al hallazgo de una gran costilla fósil de unos 25 cm, que sobresale de la colada pavimentaria.

El último tramo coincide con el inicio de una galería, que recuerda a un meandro desfondado de medio



Foto 2: Galería de la Costella. Típica galería situada cerca del nivel freático y en la zona laberíntica del Sector del Clypeaster. En las paredes resaltan las concavidades de pequeño tamaño que las cubren por completo. El fondo de la galería está ocupado por un gour inundado. Foto A. Merino.

*Figura 2: Galería de la Costella. Típica pasadizo along in the phreatic level in the maze area of Sector del Clypeaster. Small subhorizontal concavities that already cover the walls must be outlined. The bottom of the gallery is occupied by a flooded gour. Photo A. Merino.*

metro de anchura. Las paredes están cubiertas de formas de disolución y coladas alcanzando una altura de unos 5 m. Superado el meandro llegamos a una rampa de techo bajo que en sentido ascendente y por encima de unos bloques algo inestables nos sitúa en la parte más alta de este hundimiento. Aquí las paredes y los bloques están cubiertos de *moonmilk* y de un polvillo de color marrón, observándose restos fósiles de corales en las paredes. Hacia la parte NE del hundimiento, una ventana de pequeñas dimensiones nos da acceso al inicio de la **Galería del Mig Quilòmetre**.

### Galería del Mig Quilòmetre

Esta galería empieza con un significativo aumento de dimensiones, pasando a tener una altura de unos 5 o 6 m y una anchura de unos 8 m en algunos puntos. A nivel general se trata de una galería completamente cubierta de formas de corrosión muy marcadas, *spongeworks* que se han desarrollado tanto a nivel de paredes, techos y suelo, punto éste que hace ciertamente difícil la progresión a lo largo de casi todo el recorrido. Las formas de reconstrucción son prácticamente inexistentes a excepción de un tramo que será descrito más adelante. Existen también notables acumulaciones de bloques de gran tamaño, algunos de los cuales también están afectados por las formas de disolución. Recalcar que a lo largo de la parte NE de la galería hay una especie de pasillo, con el suelo cubierto de una costra calcárea y

algo más despejada de *spongeworks* que facilita el tránsito por la misma. Por último es remarcable la existencia de una gran acumulación de fósiles de todo tipo en las paredes y techo de la galería. Se constata también la presencia de *moonmilk* a lo largo de todo el sector.

El primer tercio de la **Galería del Mig Quilòmetre** se caracteriza por estar afectado totalmente por unos *spongeworks* muy marcados, que llegan incluso a desarrollarse sobre los grandes bloques caídos. Las rocas del suelo están muy descompuestas y cubiertas de *moonmilk*, se observan corales masivos. Debido a la disposición caótica de la galería no es posible observar ni la fractura sobre la que se asienta ni tampoco las juntas de estratificación.

A esta parte le seguiría una segunda con una morfología más irregular donde los grandes bloques que cubren por completo la sección de la galería se intercalan con tramos en los cuales la galería se hace menos caótica y de nuevo hay presencia de *spongeworks* manteniéndose el resto de características como en el primer tercio de la misma. Al mismo tiempo y de manera gradual la galería va ascendiendo hasta alcanzar una altura de más de 20 m sobre el nivel freático. Algunos lugares sobrepasan los 15 m de anchura, siendo la altura de la galería más irregular debido a la presencia de los bloques. Se ha observado que en los puntos donde existe una mayor presencia de corales existen grandes colapsos, mientras que en los tramos desprovistos de ellos abundan y se han desarrollado los *spongeworks*.

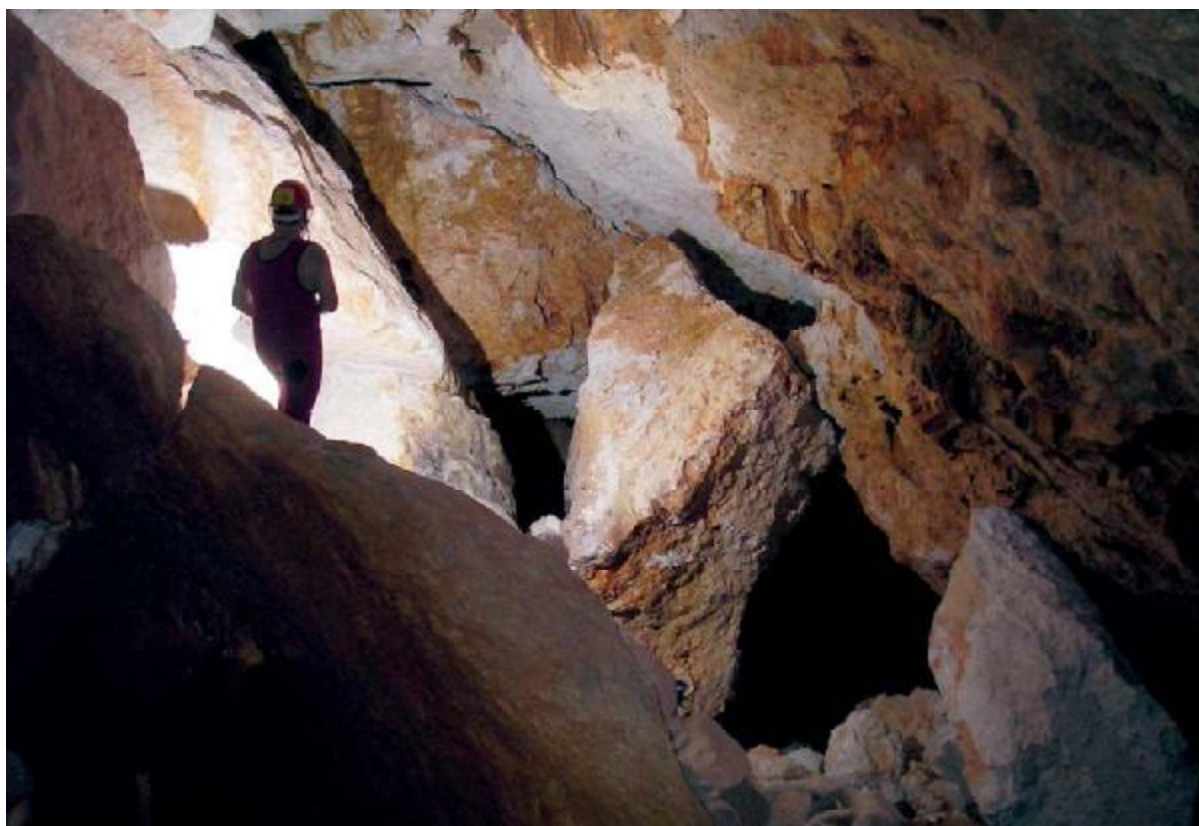


Foto 3: Sala des Compàs. Típica sala de hundimiento donde resaltan las grandes acumulaciones de bloques rocosos de gran tamaño desprendidos de la bóveda y paredes. Foto A. Merino.

Foto 3: Sala des Compàs. Típica sala de hundimiento donde resalta las grandes acumulaciones de bloques rocosos de gran tamaño desprendidos de la bóveda y paredes. Foto A. Merino.



Foto 4: Sector del Clypeaster, cerca del nivel freático actual. Este tipo de galerías son frecuentes en esta zona, destacando las morfologías espongiiformes muy marcadas que casi imposibilitan la exploración de las mismas por los espeleólogos. Foto A. Merino.

Photo 4: Sector del Clypeaster, along to the current phreatic level. This kind of passage is frequently found in the area; the highly marked sponge rock that almost prevents the cavers from exploring must be dignified. Photo A. Merino.

La última parte de la galería se inicia con un tramo con abundantes formas de reconstrucción afectadas por un proceso de descalcificación, hay columnas, coladas pavimentarias, banderas, estalactitas y estalagmitas. Se observan fenómenos de solifluxión que han provocado la fracturación y rotura de columnas. Superada esta zona, la galería se ensancha notablemente hasta alcanzar unos 20 m de anchura teniendo el suelo cubierto de una potente colada. Más adelante tenemos de nuevo el suelo cubierto de grandes bloques muy descompuestos y cubiertos de *moonmilk*. No existen formas de corrosión y abundan los corales. Destaca la horizontalidad del techo antes de que la galería quede completamente cegada por los bloques. En este lugar se alcanzan los 33 m, máxima cota sobre el nivel freático de toda la cavidad.

#### Sala de la Forca

La **sala de la Forca** se encuentra situada en la parte NE del sector del Clypeaster y hay que subrayar su marcada alineación con la **Sala Fosca** y con la **Sala del Compàs**, ellas tres formarían un eje imaginario de dirección NW-SE. Se trata, al igual que las antes mencionadas, de una típica sala de hundimiento de pequeño tamaño donde se alcanza el nivel freático, existiendo pequeños lagos que envuelven el gran cono de bloques

que ocupa la parte central de la sala. La mayoría de paredes están cubiertas de coladas, al igual que muchos de los bloques, se dan también lugares afectados por potentes depósitos de *moonmilk*. También se observan en las paredes notables acumulaciones de restos de corales. El sector cercano de galerías se caracteriza por ser algo laberíntico y de reducidas dimensiones. Las galerías estrechas con bloques caídos y paredes descompuestas, se intercalan con otras también de pequeño tamaño y con el suelo cubierto de coladas, gours y diferentes tipos de espeleotemas.

#### SECTOR DE GREGAL

##### Galeria d'en Joan Max

Al E de la **Sala Blanca**, una galería estrecha y larga conduce hasta la **Galeria d'en Joan Max**. Partiendo del nivel freático existente en esta sala y una vez ascendidos unos pocos metros, se inicia una complicada galería meandriforme de unos 100 m de longitud. El tránsito por la misma es muy difícil debido a la irregularidad de su anchura, al singular estado de sus paredes, a la existencia de algunos bloques encajados en medio y a la presencia de notables acumulaciones de barro y limos.



Foto 5: Fósil de Clypeaster perfectamente conservado y expuesto en una pared debido a la disolución diferencial. Foto A. Merino.

*Photo 5: Perfectly preserved fossil remains belonging to a Clypeaster, coming out from a wall due to differential dissolution. Photo A. Merino.*

Prácticamente en toda su longitud está afectada por procesos de corrosión. Finalizado el meandro se llega a un cruce con una nueva galería, hacia el NW queda cortada a los pocos metros, mientras que en dirección SE continua a través de una galería de reducidas dimensiones con una marcada sección circular y con formas de corrosión muy suaves. El techo y las paredes están cubiertas de una potente capa de *manmilk* que provoca que se resbale continuamente cuando se está atravesando la galería. Destacan a lo largo de estas galerías unos depósitos de un material de color negro que se acumulan en distintos puntos y sobre pequeñas terrazas.

Finalizada esta galería se accede a la **Galería d'en Joan Max**, en dirección NE y a lo largo de unos 200 m está totalmente inundada, la sección es subcuadrada observándose formas de corrosión que afectan a las paredes y al techo. En algunos puntos existen grandes bloques que obligan a salir del agua para progresar, el fondo del lago también está cubierto de bloques. Hacia el SW existen unas galerías estrechas a nivel freático sin solución de continuidad. Debido a la proximidad de esta zona con la **Via Max**, se llevó a cabo un exhaustivo estudio y exploración de ambos lugares con la intención de unir los dos sectores de la cavidad, pero sin resultados positivos.

### Galería Miquel Àngel Barceló

Incluimos con este nombre diferentes galerías subacuáticas que se unen longitudinalmente, aunque a medida que progresen las exploraciones y la topografía se verá la complejidad de la zona. En vistas a las posibles modificaciones que sufrirá la topografía de la cavidad en esta área de la cueva esperaremos a incrementar su conocimiento para nombrar las galerías y salas. El inicio de la galería subacuática se produce al NE del **Llac Quadrat**, mediante una galería que después de unos 90 m conecta con la galería de conexión entre el **Llac Quadrat** i la **Sala Blanca**. Desde aquí progresa en una extraña dirección 61° que permite enlazar, después de



Foto 6: Sector del Clypeaster. Tobera, *cava nit*, cubierta por el agua. La existencia de este espeleotema se forma debido a una cierta circulación de aire entre niveles distintos de una cavidad. Ello podría implicar la existencia de un importante nivel de galerías situado varios metros por debajo del nivel freático actual. Foto A. Merino.

*Photo 6: Sector of Clypeaster. Dry mud cave. This speleothem is caused by air draught between two different levels within a cave. That could mean the existence of important galleries located several metres below the current phreatic level. Photo A. Merino.*

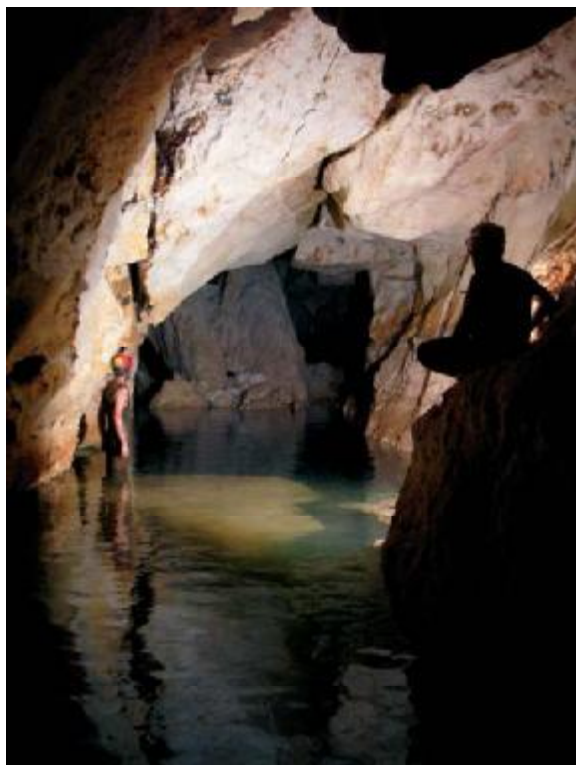


Foto 7: Galería d'en Joan Max. Característica sección **subcuadrada** de galería situada al nivel freático actual; por debajo del agua se puede observar una notable acumulación de bloques. Foto A. Merino.

*Foto 7: Galería d'en Joan Max. Característica pasadizo showing a square aspect cross section, located at the current phreatic level; a notable rubble underwater accumulation of boulders can be observed. Photo A. Merino.*



Foto 8: Sector del Tragus. Esta zona en general presenta un importante desarrollo de formas de reconstrucción de pequeño y medio tamaño. Foto A. Merino.

*Foto 8: Sector del Tragus. Generally this zone shows an important development of small to middle sized speleothems. Photo A. Merino.*

unos 200 m, con la **Galería del Quilòmetre**, para volver a cortocircuitarla otros 70 m más adelante. En este lugar se abre ligeramente hacia el SW para proseguir en dirección 48° a lo largo de más de 700 m. La parte final se hace aérea a lo largo de unas decenas de metros para volverse a sumergirse en una zona final extraordinariamente decorada por estalactitas fistulosas y coladas parietales. La profundidad máxima de todo el recorrido es de 8 m y la anchura media la podemos situar entre 3 y 6 m. En ninguna parte se hace necesario salir fuera del agua, aunque diversos pasos angostos dificultan la progresión con el voluminoso material de buceo. Llegar desde el **Llac Quadrat** hasta el final de la **Galería Miquel Àngel Barceló** supone realizar una distancia lineal de inmersión de unos 1200 m.

Otra parte que creemos que formará parte del mismo entramado de galerías se encuentra al SW de la **Sala Blanca**, de la cual parten varias galerías, una de las cuales va en dirección hacia la **Galería Miquel Àngel Barceló** (48°) y otra, situada más al SW, sigue paralela a la **Galería Joan**, siguiendo unos 70° de dirección.

## SECTOR DE LES GRANS SALES

Aquí agrupamos dos zonas subacuáticas diferentes. Por una parte las galerías que se localizan bajo el agua entre la **Sala Que No Té Nom**, el **Llac Quadrat** i la **Sala**

**Blanca**, de la cual parten. Totalizan unos 300 m de recorrido. Otra zona muy diferenciada es la del complejo de galerías que parten al NW del **Llac Quadrat**, que están entre el **Sector del Tragus** y el **Sector de Gregal** y que representan actualmente unos 500 m topografiados. Tienen una dirección predominante de 50°, que es la dirección mayoritaria de las galerías de esta zona.

## SECTOR DEL TRAGUS

Los trabajos se han centrado principalmente en ir completando el conjunto de galerías comprendidas entre la **Línea 200**, **Galería d'en Pau** y el **Gran Canyó**. En general se pueden distinguir dos tipos de zonas en el área estudiada. La primera se situaría en la parte más hacia el SW de este sector, aquí las galerías tienen una dimensiones medias de unos 2 a 3 m de altura mientras que la anchura no sobrepasa los 2 m. Suele haber un notable concrecionamiento que cubre paredes, techos y suelos. Éstos están formados por coladas pavimentarias y gours de varios metros de longitud, en muchos de ellos se acumulan grandes cantidades de agua, sus paredes y fondos están cubiertos de una gruesa capa de macro cristales de calcita que los ha hecho impermeables, se observan también algunas cornisas *shelfstone* y cornisas en media luna, *crescent shelfstone*, adosadas a los laterales, por último existen en algunos puntos depósitos de

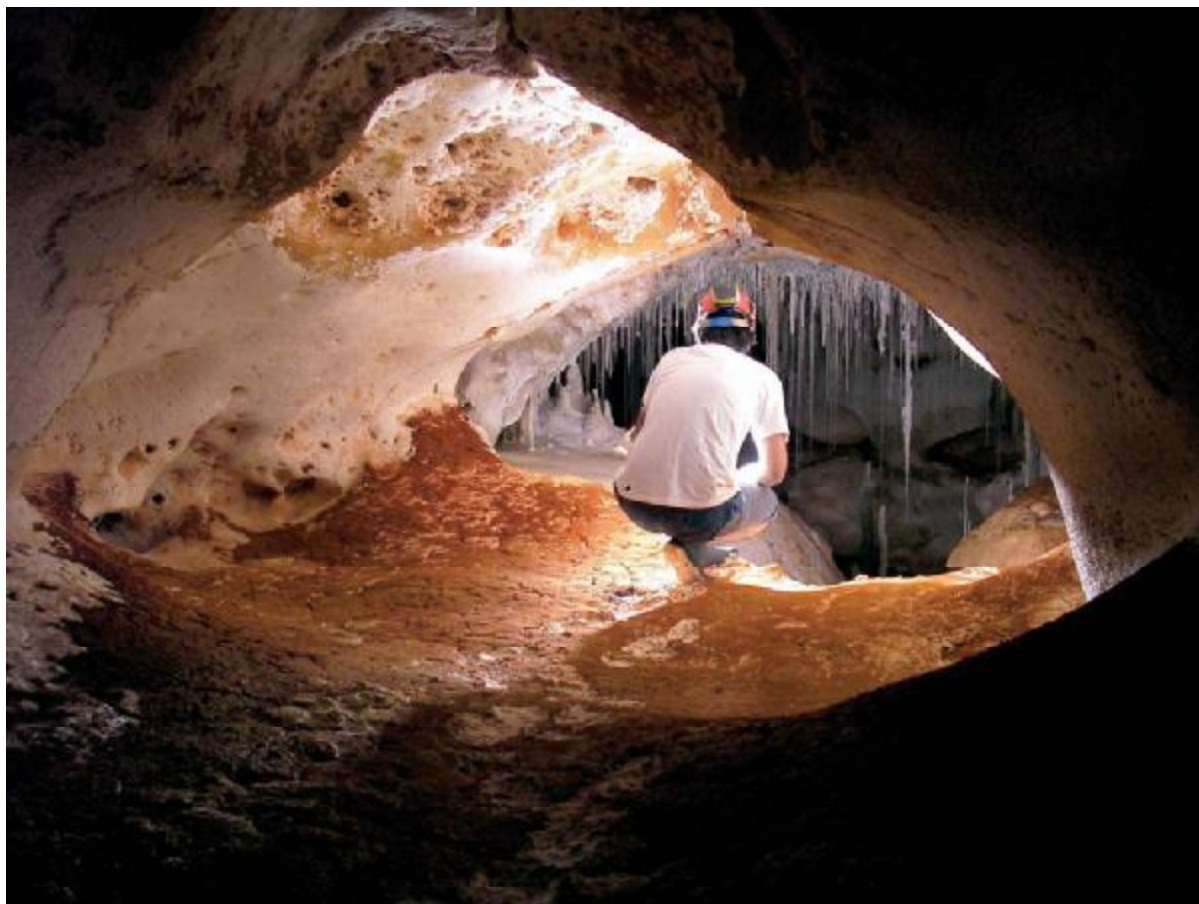


Foto 9: Sector del Tragus. Galería de corto recorrido, que une otros dos de mayor desarrollo métrico; esta característica junto con una importante acumulación de sedimento sobre el suelo la acercaría a los Túneles de sección lenticular. Pero la sección y la altura parecen indicar un estado evolutivo más avanzado de este tipo de morfología de disolución. Foto A. Merino.

Foto 9: Sector del Tragus. Short passage that links two longer galleries; this deposition along with a significant sediment deposit on its floor, resembles a lens shaped passage. However, the cross-section and the height could indicate a more advanced evolutive stage for this kind of corrosion feature. Photo A. Merino.

calcita flotante. En las paredes y en el suelo de estas galerías se desarrollan notables ejemplos de helictitas de distinta morfología, acompañadas de estalactitas fistulosas, *soda straw*, de distinta longitud. En algunos tramos se observan procesos degenerativos que afectan principalmente a las banderas, coladas y estalactitas, estos puntos suelen coincidir con lugares donde hay *maonimik* en las paredes y en el techo.

La segunda zona abarcaría aquel conjunto de galerías situadas más hacia el NE del **Sector del Tragus** y cercanas al **Gran Canyó**. Entre la primera zona y esta segunda existiría una zona intermedia de tránsito donde las morfologías van cambiando de manera gradual. En esta parte las galerías aumentan de altura hasta alcanzar unos 4 m de media, al tiempo que la anchura llega en algunos puntos a los 3 m. Las formas de reconstrucción casi desaparecen, limitándose a formaciones de pequeño porte y a gours con agua en la mayoría de casos. Aquí estarían claramente representadas las galerías freáticas de control estructural (*phreatic networks*) y en menor medida las galerías freáticas de sección circular (*tubular passages*), (MERINO, 2006). Se observan también facetas (*solutional facets*) y *coiling packets* de distinto tamaño.

## SECTOR "F"

Se ha estado trabajando principalmente en el conjunto de galerías situadas más al S, completándose la topografía del dédalo de galerías existentes en toda la zona. En general se trata de galerías de pequeñas dimensiones, muchas de ellas muy estrechas. Hay acumulación de formaciones de espeleotemas en puntos concretos, mientras que en otros faltan completamente resaltando las formas de corrosión. En algunos puntos se ha conseguido sondear alguna grieta que probablemente comunique con el piso situado a nivel freático, pero no se ha logrado pasar físicamente.

## SECTOR NOVES EXTENSIONS

### Sala de na Bàrbara.

Durante los trabajos exploratorios que dieron lugar a Els **Nous Descobriments**, se localizaron en el extremo más al NE de la **Sala de na Bàrbara**, unas galerías de reducidas dimensiones situadas a nivel freático y una sala. Se trata de una sala de hundimiento que acaba a



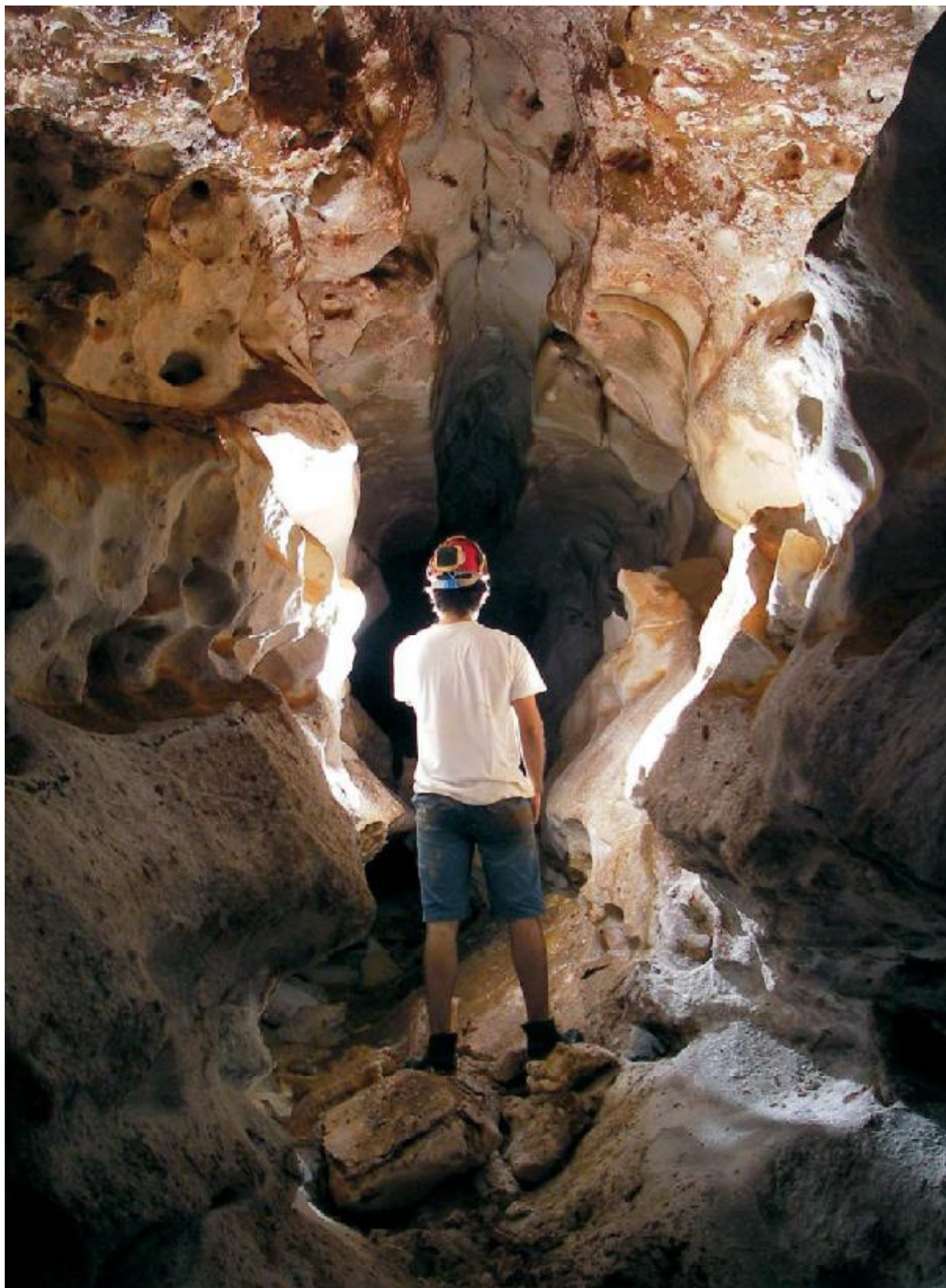


Foto 10: Sección de una galería freática de control estructural, *phreatic* *to* *control* *the* *passage* con un notable desarrollo de las formas de disolución que han marcado de manera muy clara el tercio superior de la galería, al tiempo que la diaclasa sobre la que está instalada ha quedado expuesta de manera muy patente. Foto A. Merino.

Photo 10: Cross section of an structurally controlled phreatic passage. *Note:* the well developed dissolution forms that have grown along the upper third part of the gallery; at the same time, the joint controlling the passage has been very clearly exposed.



Foto 11: Pequeño lago de aguas freáticas situado en las cercanías de la Sala de na Bàrbara. El mismo ha cubierto una antigua sala con formaciones que quedó totalmente inundada al elevarse el nivel del mar. Foto A. Merino.

*Foto 11: Small pool of groundwater waters located near Sala de na Bàrbara. The rising of the Mediterranean sea level totally flooded an ancient chamber with some speleothems. Photo A. Merino.*

nivel freático, los grandes bloques forman una acusada rampa, inestable en muchos puntos. Hay una total falta de formas de reconstrucción, por el contrario las morfologías de corrosión son patentes en las paredes del lago situado al W de la sala. Esta zona se solapa al extremo más al NW de la **Sala que No Té Nom**, sin poderse juntar físicamente debido a su estrechez y al caos de bloques que desciende desde la misma.

## Agradecimientos

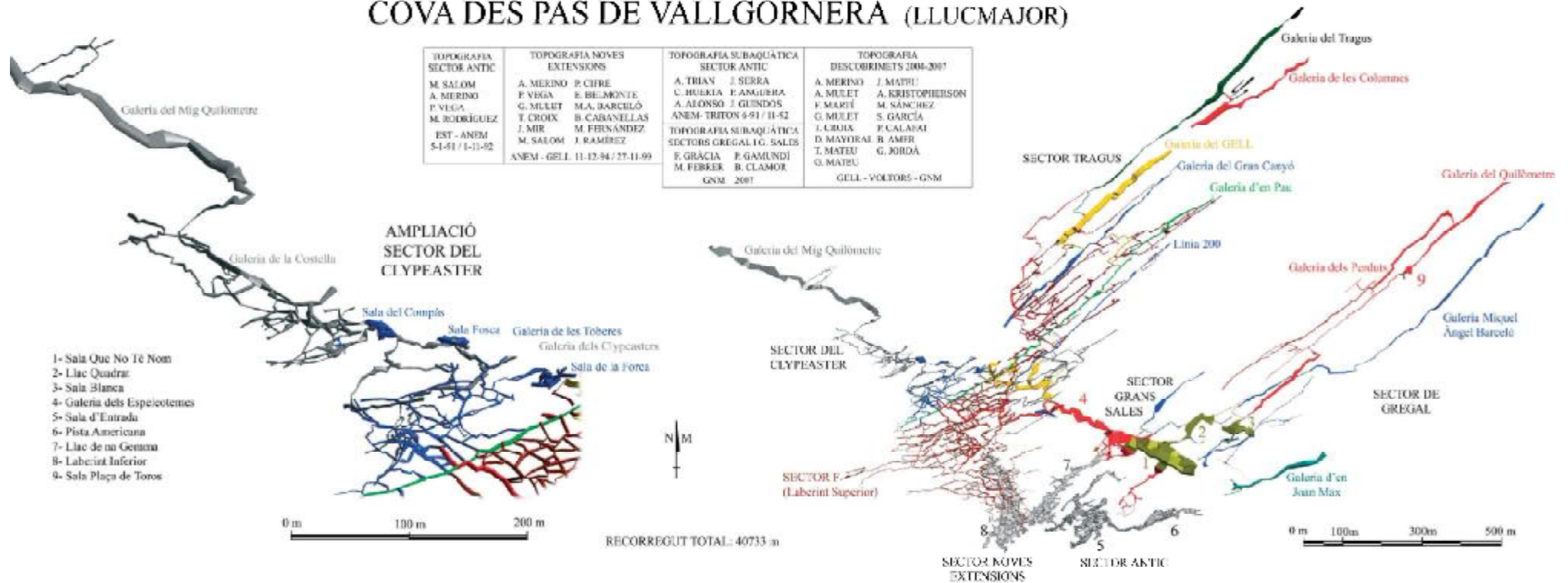
Los autores desean expresar su agradecimiento a todos los compañeros que han ayudado en las labores exploratorias y topográficas a lo largo de los últimos meses. Mención especial merecen Biel Amer, Pedro Calafat, Andreas Kristopherson y Mariceli Sánchez todos ellos de la Agrupación Voltors. De una manera especial agradecemos el esfuerzo y dedicación en las labores de exploración y topografía de las zonas subacuáticas a los compañeros del Grup Nord de Mallorca Bernat Clamor, Pere Gamundí y Mateu Febrer. Cabe reconocer también su trabajo a Dani Mayoral, Tomeu Mateu, Guiem Mateu, Jaume Mateu, Ferrán Martí y Pere Moreno del Grup

Espeleo Llubí. Por último también hemos contado con la colaboración de los compañeros Joaquín Ginés, Ángel Ginés y Mateu Fiol, del Grup Espeleològic EST. Sin la ayuda de todos ellos difícilmente habríamos llegado al nivel de exploración y topografía alcanzado.

## Bibliografía

- FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA (2000): Informe espeleològic sobre la Cova des Pas de Vallgornera (inédito).
- FORNÓS, J. J. & POMAR, L. (1983): El Mioceno superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyí (Complejo Terminal). In: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J. J. & RODRÍGUEZ-PÉREA, A. (eds.) *El Terciario de las Baleares. Guía de las Formaciones del X Congreso de Speleología* Institut d'Estudis Balearics, UIB. 177 - 206. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. (2000): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Majorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Carsologica*, 29/2. 9:139-148. Ljubljana.
- MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera. *Fornós*, 19: 17-23. Ciutat de Mallorca.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Fornós*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Fornós*, 30: 49-70.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilómetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Fornós*, 30: 29-48.

## COVA DES PAS DE VALLGORNERA (LLUCMAJOR)



## ALGUNOS ESPELEOTEMAS POCO HABITUALES HALLADOS EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA. NUEVAS OBSERVACIONES.

por Antonio MERINO<sup>1</sup>

### Resumen

En el presente trabajo se dan a conocer tres nuevos espeleotemas hallados a lo largo de las exploraciones llevadas a cabo en la cavidad. Éstos vienen a añadirse a la lista de los ya publicados en un anterior artículo.

### Resum

En aquest treball es donen a conèixer tres nous espeleotemes trobats al llarg de les darreres exploracions dutes a terme a la cavitat. Aquests s'han d'afegir als publicats a un anterior article.

### Abstract

The goal of this paper is to describe four relatively rare speleothems found during the recent explorations in Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). They must be added to those previously reported from this rather unique cave regarding its speleothem ornamentation.

## Introducción

La Cova des Pas de Vallgornera se caracteriza, además de por su extraordinario recorrido, por la belleza, abundancia y variedad de las formaciones litoquímicas que presenta (FBE, 2000; MERINO, 1993; MERINO *et al.*, 2006). En un artículo anterior (MERINO, 2006) ya se describían y documentaban diversos espeleotemas interesantes hallados en la cavidad. Este trabajo pretende ampliar el catálogo de los ya citados y contribuir a divulgar la importancia de la cueva. La terminología empleada se corresponde con la usada por HILL & FORTI (1997).

## Burbujas (cave bubbles)

Es un espeleotema que ha sido hallado únicamente en un pequeño gour en el Sector del Clypeaster. Se trata de una concreción hueca de carbonato cálcico que flota precipitada sobre la superficie tranquila y quieta de un gour. Su forma es en general ovoide y alcanza unos 5 mm de diámetro. El gour donde fueron localizadas es de pequeño tamaño y su borde está totalmente forrado de cornisas (*shelfstone*). Al mismo tiempo en el fondo es posible observar el desarrollo de macrocristales de calcita y lo que parecen ser acumulaciones de calcita flotante (*cave rafts*) que se podrían corresponder con restos



Foto 1: Conjunto de Burbujas (*cave bubbles*) donde se observan como la mayoría de individuos están bastante separados unos de otros apreciándose también su forma cristalina. (Foto A. Merino).

*Photo 1: Group of cave bubbles where the majority of them are mostly spaced; its crystalline shape can be distinguished. (Photo A. Merino).*

<sup>1</sup> Grup Espeleològic de Llubi. [cosconar@eresmas.net](mailto:cosconar@eresmas.net)



Foto 2: Grupo de Burbujas (cave bubbles) completamente soldados unas con las otras, formando prácticamente una unidad. En la parte inferior de la foto, y pegado al límite del espeleotema se observa la nebulosa de pequeños cristales de calcita que flotan sobre el agua del gour. (Foto a. Merino.)

*Photo 2: Group of cave bubbles: utterly welded one each other, practically creating a unit. A nebula of small calcite crystals floating on the gour's surface can be seen at the bottom of the photo, close to the speleothem's edge. (Photo A. Merino.)*

de burbujas que han perdido su flotabilidad y se han hundido quedando allí sedimentadas. Todos estos hechos indican un ambiente altamente saturado en bicarbonato cálcico. El conjunto de burbujas está compuesto por centenares de individuos, muchos de ellos pegados al borde del gour. Otros ejemplares se sitúan en el centro de la masa de agua pero se mantienen en contacto con los primeros. La morfología de lo que son las burbujas en sí es bastante uniforme, estando su tamaño totalmente superado al de la cazoleta sobre la que descansan. Esta precipitación de carbonato cálcico tiene una variedad de formas que van desde individuos casi circulares a otros que se aproximarían a un hexágono. En detalle es posible observar la existencia de un cierto ordenamiento de microcristales. Existen grupos de individuos que están claramente separados unos de los otros por pequeños espacios llenos de agua, mientras que hay otras asociaciones que presentan una mayor densidad de individuos rellenándose el espacio intersticial con un precipitado de carbonato cálcico. Al mismo tiempo, en el límite de estas agrupaciones de burbujas "soldadas", se observa una especie de nebulosa compuesta probablemente de pequeños cristales precipitados de calcita que pueden ser los responsables de que finalmente las burbujas queden adheridas unas a las otras.



Foto 3: Vista general del sector del gour donde se formaron las Burbujas (cave bubbles). Es posible observar no sólo como se mantienen flotando las Burbujas, sino también Cornisas (stalactites), adosadas a los límites del gour y macrocristales de calcita que cubren el fondo y las paredes de la cubeta. (Foto A. Merino)

*Photo 3: General view of the gour where the cave bubbles were developed. It is possible to observe not only how the cave bubbles keep floating, but also stalactites attached to the gour's walls and coarse macrocrystals coating the gour's bottom and walls. (Photo A. Merino.)*

## Depósitos en dientes de sierra (*sandsicles*)

Esta formación con aspecto de dientes de sierra es bastante común en la cavidad. Generalmente se desarrolla al final de coladas parietales con distinta pendiente y también sobre bloques de diferentes tamaños. La longitud de algunos individuos puede alcanzar

hasta unos 10 cm, el color varía desde el marrón oscuro hasta los tonos ocre. La génesis del espeleotema parece estar relacionada con un depósito de colada parietal rico en arena o limos. En la Cova des Pas de Vallgornera este elemento presente sería el *moonmilk*, ya que donde se han hallado los dientes de sierra hay una abundante presencia de éste. Algunas de estas formas se han localizado sobre bloques cubiertos de *moonmilk*.

Foto 4: Formaciones en dientes de sierra (*sandsicles*). (Foto A. Merino).

Foto 4: *Sandsicles* formation. (Photo A. Merino).



Foto 5: Formaciones en dientes de sierra (*sandsicles*); de color ocre totalmente suspendida de la pared de la que cuelga. (Foto A. Merino).

Foto 5: Ocre colored *sandsicles* hanging completely from a wall. (Photo A. Merino).



## Flores de yeso (*cave flowers*)

Es un espeleotema escaso que ha sido localizado en dos puntos del Sector del Clypeaster. Se trata de una galería parcialmente inundada de una anchura inferior a un metro. La roca sobre la que se han localizado la mayoría de estas formas es una laja desprendida del techo que ha quedado parcialmente sumergida en las aguas freáticas de este pasillo. Las flores están concentradas tanto sobre el extremo, como a ambos lados de la laja aproximadamente a la misma altura. Las flores de Yeso (*cave flowers*) son de color blanco y tienen aspecto fibroso. Están compuestas por un número

variable de pétalos cristalinos que crecen desde un mismo punto y su composición química es de sulfato cálcico. Los pétalos, de diferentes longitudes y grosores, consisten en conjuntos de haces curvados que tienen un crecimiento de cristales paralelos. Las formas son muy variables y asimétricas lo que demuestra en parte la inestabilidad de su crecimiento. Las dimensiones del espeleotema son siempre muy reducidas, teniendo unos 2 o 3 mm las más pequeñas, hasta unos 10 mm las de mayor tamaño. Junto al espeleotemas se observa también una costra de apariencia cristalina que probablemente esté asimismo compuesta de yeso y de la que crecen algunas formas helicoidales de sulfato cálcico. Su génesis está ligada a la existencia sulfato



Foto 6: Conjunto de flores de Yeso (*cave flowers*) de formas irregulares. (Foto A. Merino).

Photo 6: Group of gypsum cave flowers of various shapes (Photo A. Merino).



Foto 7: Flor de yeso (*cave flower*) de cuatro pétalos. (Foto A. Merino).

Photo 7: Gypsum cave flower with four petals. (Photo A. Merino).



Foto 8: Espeleotema de forma helicoidal desarrollado desde una costra de yeso depositada sobre la pared de la roca. (Foto A. Merino).

Photo 8: Helical shaped speleothem growing from a gypsum crust deposited on the rock's wall. (Photo A. Merino).

cálcico en las aguas freáticas de la cavidad. Esta aportación proviene principalmente de la infiltración de agua salada desde el mar gracias a la gran porosidad de la roca y a las fracturas existentes en las calcarenitas miocenas. El desarrollo de estos espeleotemas está ligado a un mecanismo de percolación que ha permitido un movimiento de agua con distintas concentraciones de sulfato cálcico, que aprovechando la gran porosidad de la roca ha ido ascendiendo hasta depositar de manera irregular estas pequeñas acumulaciones de yeso.

### Espeleotemas aciculares de aragonito (*frostwork*)

Ya fue descrito en un anterior trabajo, cuando fue localizado en las Noves Extensions (MERINO, 2000), encontrándose principalmente en forma de bandas de nivel, como revestimientos subacuáticos lisos en los



Foto 9: Aspecto de la pared de la roca donde se han desarrollado las flores de yeso. (Foto A. Merino).

Photo 9: View of the rock's wall where the gypsum flowers have been developed. (Photo A. Merino).



lagos de la cavidad y en forma de diminutos cristales aciculares presentes en un gour situado a nivel freático. Se han observado también cristales aciculares de aragonito en distintas zonas de los Nous Descobriments, tanto a nivel freático como en lugares alejados del nivel de los lagos.

En el Sector F, del piso superior se ha localizado un bloque de pequeño tamaño cubierto de espeleotemas coraloides (קאק צארה) sobre los cuales han crecido cristales aciculares de aragonito. Los mismos son de color blanco llegando a alcanzar unos 15 mm de longitud. Los grupos de cristales con forma de aguja han crecido de manera radial desde los nódulos de calcita, observándose distintos desarrollos en los mismos, desde cristales aislados hasta otros que han ido creciendo llegando a tener formas arborescentes. La génesis de estos cristales aciculares, situados hoy en día a unos 9 m sobre el nivel freático, podría estar relacionada con la gran porosidad de la roca, un movimiento lento de agua por percolación a través de la misma y la existencia de movimientos de aire en la zona que ayudarían a una evaporación constante del agua.

## Agradecimientos

A Toni Mulet y Toni Croix por su apoyo y paciencia en las labores de fotografía y recogida de datos. A Xisco Gràcia por animarme a completar este trabajo.

## Bibliografía

- FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA(2000): Informe espeleològic sobre la Cova des Pas de Vallgornera (inédito).
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *צארה תימחורה וי תה פארה*. National Speleological Society, 238 pgs. Huntsville.
- MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera. *פארה*, 19: 17-23. Ciutat de Mallorca.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *פארה*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *פארה*, 30: 49-70.
- MERINO, A; MULET, A y MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilómetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *פארה*, 30: 29-48.



Foto 10: Cristales aciculares de aragonito (פארה) desarrollados sobre espeleotemas coraloides de color blanco. (Foto A. Merino).

פארה 10: ארגונית אקילארס פארה על עלה קארלוידי קארה בלאנע. (פארה א. מרינו).

# PRIMEROS DATOS SOBRE LA FAUNA CAVERNÍCOLA TERRESTRE DE LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca, Baleares)

por Mateo VADELL<sup>1,2,3</sup>, Rafael JORDANA<sup>4</sup>, Alberto SENDRA<sup>5</sup> y María Lourdes MORAZA<sup>4</sup>

## Resumen

Se dan a conocer los primeros resultados del muestreo de la fauna cavernícola terrestre, realizado en la Cova des Pas de Vallgornera. Entre éstos destacan: la primera cita para las islas Baleares del ácaro oribátido *Atrypocarus phyllophorus* (Berlese, 1904), una primera cita para la isla de Mallorca del colémbolo *Sinella (Coecobrya) tenebricosa* Folsom, 1902, nuevos datos sobre la distribución de *Neelus minus* Folsom, 1896 en las islas Baleares, así como nuevas reseñas sobre la localización del polixénido endémico y troglobio *Lophoproctus pagesi* Condé, 1982 y también la segunda cita del dipluro *Campodes subdives* Silvestri, 1932, una especie mediterránea considerada como rara.

## Abstract

We present the initial results of terrestrial cave fauna from Cova des Pas de Vallgornera. The results are: first appointment for the Balearic Islands of the oribatid mite *Atrypocarus phyllophorus* (Berlese, 1904), first record of *Sinella (Coecobrya) tenebricosa* Folsom, 1902 (Collembola: Entomobryidae) from Mallorca Island, new data about the distribution of *Neelus minus* Folsom, 1896 on the Balearic Islands, as well as a review on the distribution of the endemic and troglobious Polyxénida *Lophoproctus pagesi* Condé, 1982. In addition, we present the second record in Spain of *Campodes subdives* Silvestri, 1932, a rare Mediterranean species of Diplura.

## Introducción

La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca, Baleares) está excavada en rocas calcáreas arrecifales del Mioceno superior (Tortonense-Messiniense). Es un claro ejemplo de cavidad con génesis freática y evolución con crecimiento tridimensional al producirse desprendimientos del techo y paredes. Este proceso se vio favorecido por el descenso del nivel freático, con motivo de los cambios climáticos acontecidos durante las glaciaciones del Cuaternario. Como fruto de estos desprendimientos, la cavidad muestra formas clásicas, con acumulación de bloques, simultáneamente aparecieron los procesos de precipitación litoquímica que cimentaron los bloques y que al mismo tiempo la subdividieron en los espacios vacíos hoy existentes (MERINO, 2000).

La cavidad fue descubierta en el año 1968 a raíz de las perforaciones para la construcción de un pozo negro para un Hotel. En años posteriores se realiza un primer croquis de la cavidad gracias a unos espeleólogos belgas (COLLIGNON, 1982). Entre 1991 y 1992 se realiza la primera topografía, a cargo de los grupos espeleológicos ANEM y EST, de lo que hoy día es conocido como "Sector Antic" (MERINO, 1993). En 1994, las labores de exploración realizadas en la cavidad, por parte de los espeleólogos Miguel Ángel Barceló y Pedro Riera del grupo EST, dan su fruto, descubriendo nuevas galerías, conocidas en conjunto como "Sector Noves Extensions" que aprovechan los grupos espeleológicos ANEM y GELL para realizar la topografía (MERINO, 2000). No será hasta el año 2004 cuando el grupo espeleológico GELL, partiendo del "Sector Noves Extensions" de M.A. Barceló y P. Riera, localiza un nuevo paso que proporciona un gran incremento en el recorrido de la cavidad (MERINO *et al.*, 2006). En definitiva, hoy en día se conocen cerca de 40 kilómetros, representando la cavidad de mayor extensión de todo el territorio Balear.

A pesar del extraordinario desarrollo espeleométrico de la Cova des Pas de Vallgornera, sólo se conocían datos de la fauna acuática, en concreto de los crustáce-

- 
- 1 Grupo Espeleológico EST. Palma. email: CAPREOLUS@terra.es
  - 2 Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Ctra Palma-Port de Sóller, Km 30,5. E-07100. Sóller.
  - 3 Societat d'Història Natural de les Balears. C/ Margarida Xirgu, 16 baixos. E-07011 Palma de Mallorca.
  - 4 Departamento de Zoología y Ecología, Universidad de Navarra, E-31080 Pamplona
  - 5 Fundación Entomologica Torres Sala (Museu Valencià d'Història Natural) Paseo de la Pechina, 15. 46008 Valencia.

os estigobios *Salentinella angelieri* y *Typhlocirolana moraguessi*, de los muestreos y observaciones de GINES y GINES (1977) y PONS (1991). Este trabajo es una primera aproximación al conocimiento de la fauna terrestre que habita los conductos subterráneos de Vallgornera.

## Material y Métodos

Todo el material estudiado ha sido recogido por recolección directa y sin haber puesto cebos o trampas de captura, en un solo muestreo, de un día, en el mes de febrero de 2007, durante un periodo comprendido aproximadamente de 11 horas de exploración. El muestreo se realizó en tres salas del "Sector Antic": Sala de l'Anfiteatre, Sala de les Arrels y Sala del Gorg.

Para la toma de temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) se utilizó un termo-higrómetro Oregon Scientific modelo EMR812HGN.

Para la determinación y fotografía de los ejemplares se ha utilizado una lupa binocular MBC-10 con acoplamiento para la cámara digital Hewlett Packard HP315 y el microscopio triocular Kyowa Unilux-12 con cámara CCD Motic MC-2000. Todos los ejemplares están conservados en alcohol de 70° glicerado, con excepción de los montados entre porta y cubre, que han sido tratados con lactofenol de Ammann y Nesbit (en el caso de los Collembola), para su aclarado y posterior montaje en líquido de Hoyer y polivinil lactofenol.

El material determinado se ha depositado en las siguientes instituciones o personas: Museo de Zoología, Universidad de Navarra (Pamplona: **MZNA**), Museu Balear de Ciències Naturals (Mallorca: **MBCN**), Fundació Entomològica Torres Sala, Museu Valencià d'Història Natural (Valencia: **MVHN**) y en la colección personal de Mateo Vadell depositada en el Museu Balear de Ciències Naturals (Mallorca: **CMV**).

### CHELICERATA: Clase ARACHNIDA Orden Araneae

Fam. Pholcidae

*Pholicus phalangoides* (Fuesslin, 1975)

MATERIAL: Cova des Pas de Vallgornera (Sala des Gorg): 1 ♀ juv., 17-II-2007, M. Vadell leg., (MBCN). El ejemplar fue capturado a un par de metros del final del pozo que da acceso a la cavidad, con unas condiciones de oscuridad total, 17.5° C de TA y 86 % de HR.

Especie antropófila (Europa, América, Asia, África), habitual moradora de las casas, es frecuente observarla en las esquinas de los techos y en cavidades (PONS, 2004).

Fam. Nesticidae

*Eidmannella pallida* (Emerton, 1875)

MATERIAL: Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 1 ♂ juv. y 1 ♀, 17-II-2007, M. Vadell leg., (MBCN). Los ejemplares fueron capturados sobre raíz-

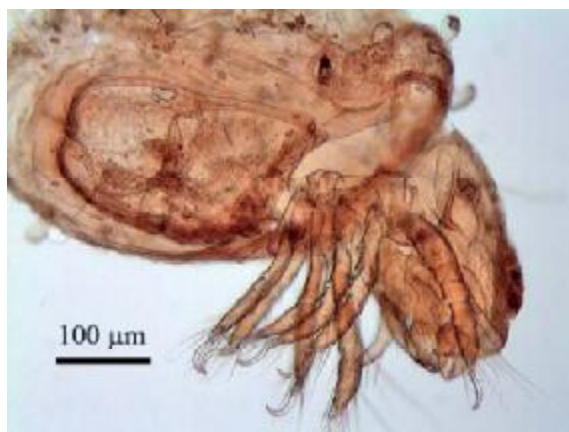


Foto 1: Vista ventral-lateral de *Atropacarus phyllophorus*.

Photo 1: Ventro-lateral view of *Atropacarus phyllophorus*.

ces con unas condiciones de oscuridad total, 19.8° C de TA y 91 % de HR.

Especie epigea de América central, importada sin duda por vía antropocórica a regiones tan alejadas de su original área de distribución como es el caso de las islas Baleares (BELLÉS, 1987). Se ha localizado en la isla de Menorca en: Cova de sa Tauleta, Cova des Caramells, Cova de s'Aigo, Avenc de Torrellafuda (Ciutadella), Cova de ses Bruixes (Alaior) y Cova de ses Figueres (Sant Lluís) (RIBERA, 1989). En la isla de Mallorca se ha observado en: la Cova de Carolina Facchi (Palma), Cova de Llenaire (Pollença), Coves del Drac (Manacor), Coves del Pirata (Manacor) (GINÉS, 1982), Cova des Coll (Felanitx) (VADELL & ZARAGOZA, 2005), Cova des Xots, Cova des Pont (Manacor) (VADELL *et al.*, 2006).

### Infraclasse ACARI Orden Oribatida

Fam. Steganacaridae

*Atropacarus phyllophorus* (Berlese, 1904)

MATERIAL: Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 4 ejemplares, 17-II-2007, M. Vadell leg., (2 ejemplares a MZNA y 2 ejemplares en preparación microscópica CMV, Reg. N° 170207OR-A y 170207OR-B). Los ejemplares fueron capturados sobre raíces, posiblemente de *Pinus halepensis*, con unas condiciones de oscuridad total, 19.5° C de TA y 93 % de HR.

La especie está localizada en Europa centro y meridional, a la vez que en Vietnam (SUBIAS, 2004). Es la primera cita para las Islas Baleares. Según Pérez-Iñigo (1990) el conocimiento de los oribátidos de las Baleares es muy escaso, ya que apenas se han citado especies de Mallorca, pese a su interés biogeográfico. Así pues, un buen estudio de esta fauna en las Islas Baleares contribuiría a la comprensión de la distribución de numerosas especies y también de la historia paleogeográfica del Mediterráneo occidental.

Los ejemplares estudiados presentan una coloración pardo-anaranjada pálida (Foto 1). Cutícula rugosa,



Foto 2: Detalle del sensilo y botridio izquierdo de *Atropacarus phylophorus*.

Photo 2: Detail of the left sensillum and notogaster of *Atropacarus phylophorus*.



Foto 3: Seta gastronómica de *Atropacarus phylophorus*.

Photo 3: Gastronomic seta of *Atropacarus phylophorus*

provista de una ornamentación consistente en un reticulado poligonal. Aspis con una longitud aproximada de 233  $\mu\text{m}$ ; longitud notogastral de 402 a 495  $\mu\text{m}$ . Sensilo largo (107  $\mu\text{m}$ ), fino, pectinado y ligeramente mazudo distalmente (Foto 2). Prodosum con una cresta superficial acusada. Setas **Ro** moderadamente largas y desiguales. Margen anterior del notogaster con un collar elevado; 16 pares de setas gastronómicas ensanchadas, con la superficie finamente ciliada (semejante a las hojas carnosas del cactus *Opuntia ficus-indica* "Chumbera") (Foto 3) y con unas longitudes comprendidas entre 44  $\mu\text{m}$  y 51  $\mu\text{m}$ . Placa genital con nueve pares de sedas, las cuatro posteriores (**G1** a la **G4**) insertadas ligeramente alejadas del borde y muy cortas, las restantes sedas de igual tamaño o ligeramente más pequeñas e insertadas muy próximas entre sí y junto al borde interno de la valva genital. Placas anales de forma areolada; setas ano-adanales como describe NIEDBALA (1994), con 5 pares de setas, la seta **Ad3** de unas 3.5 veces más pequeña que la seta anal más larga, medianamente gruesa y barbulada; la longitud de las setas ano-adanales se va incrementando hacia la región posterior de las valvas y se encuentran fuerte-

mente curvadas en su extremo final. Las setas de las patas son simples; las uñas tarsales son falciformes y provistas de dos denticulos en su parte interna, el basal corto y agudo, el distal más largo y su vértice es ligeramente redondeado.

**CRUSTACEA:**  
**Clase MALACOSTRACA**  
**Orden Isopoda**

Fam. Philosciidae  
***Anaphiloscia simoni*** Racovitza, 1907

**MATERIAL :** Cova des Pas de Vallgornera (Sala des Gorg): 1 ejem. 17-II-2007, M. Vadell leg., (MBCN); (Sala de les Arrels ): 1 ejem. 17-II-2007, M. Vadell leg., (MBCN). El ejemplar de la Sala des Gorg fue recolectado en condiciones de oscuridad total, sobre un trozo de madera podrida, con una TA de 18.8° C y 88 % de HR, el ejemplar de la Sala de les Arrels fue capturado sobre detritus vegetales, con una TA de 18.8° C y 92 % de TA, también fueron observados varios ejemplares sobre raíces.

Es una especie humícola y endogea que se puede encontrar en sedimentos sueltos y aluviones colonizando hasta jardines. En Málaga, ha sido observada en las orillas de una riera sembrada de adelfas (*Nerium oleander*). En las localidades situadas más al norte es cuando la especie adopta una forma de vida cavernícola.

En la isla de la Conillera (Cabrera) se ha observado asociada a las raíces que atraviesan el techo de la cavidad (Bellés, com pers. a Lluç Garcia).

Esta especie se localiza en las regiones costeras del Mediterráneo occidental. Siendo citada también en Portugal, Sicilia e islas de Malta. En el norte de África se conoce de Marruecos, Argelia y Cirenaica (CRUZ, 1990). En las islas Baleares ha sido observada en Menorca en la Cova de sa Tauleta y la Cova de na Figueres (CRUZ, 1989), en Mallorca se ha citado en el Avenc d'en Corbera (Esporles) (CRUZ, 1989), Cova de Canet (Esporles) (inédito), Coves del Drac (Manacor) (RACOVITZA, 1907b), Cova Genovesa (Manacor) (GRÀCIA et al., 2003), Cova Figuera (Manacor) (VADELL & GARCIA, 2003 inédito), Cova des Sòtil (Manacor) (inédito), Cova des Xots, Cova des Pont y Coves del Pirata (Manacor) (VADELL et al., 2006), en el archipiélago de Cabrera ha sido observada en la Cova des Burrí y el Avenc des Frare (inédito).

Especie anoftalma con una coloración blanco-amarillenta y con una longitud en el macho de 3.8 mm y unos 4 mm en la hembra. Tegumento liso y cubierto de pequeñas escamas poligonales imbricadas. Predominan las sedas escamosas simples de pequeño tamaño que sólo ocupan el espacio de una escama, siendo muy numerosas en el cefalón, sobre los pereionitos están dispuestas en hileras al tresbolillo, en los pleonitos y el telson forman dos hileras regulares, una posterior y otra submediana. El cefalón carece de línea frontal y con la línea supra-antenal presente. Los urópodos son dos veces y media más cortos que el pleon; el borde posterior del protopodito alcanza el borde del telson. El telson es de forma casi circular y dos veces y media más ancho que largo (CRUZ, 1990).



Foto 4: Vista dorsal de *Lophoproctus pagesi*.

Photo 4: Dorsal view of *Lophoproctus pagesi*.

**MYRIAPODA:**  
**Clase DIPLOPODA**  
**Orden Polyxenida**

Fam. Lophoproctidae

***Lophoproctus pagesi*** Conde, 1981

**MATERIAL:** Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 1 ♂ inmaduro (estadio VII b) con 12 pares de patas, 17-II-2007, M. Vadell leg. (CMV Reg. N° 170207-1Dp en preparaciones microscópicas), 6 ♀♀ con 13 pares de patas, 17-II-2007, M. Vadell leg. (CMV Reg. N° 170207-2Dp, 170207-3Dp, 170207-4Dp, 170207-5Dp, 170207-6Dp y ejemplar 170207-8Dp en preparaciones microscópicas), 1 larva (estadio IV) con 6 pares de patas, 17-II-2007, M. Vadell leg. (CMV Reg. N° 170207-1Dp). Los ejemplares fueron capturados sobre raíces, posiblemente de *Pinus halepensis*, con unas condiciones de oscuridad total, 19.5° C de TA y 93 % de HR.

En la isla de Mallorca CONDÉ (1954) cita las especies de *Lophoproctus jeanneli* y *Lophoproctinus inferus*, posteriormente el mismo autor describe de las Cuevas de Génova en el año 1981, una nueva especie endémica y troglobia, con el nombre de *Lophoproctus pagesi*, posteriormente esta especie es citada en las Cuevas de Bellver (NGUYEN, 1993).

Según CONDE (1981) y NGUYEN (1993) *Lophoproctus pagesi* se distingue claramente de las otras especies de la familia por presentar una forma subtriangular en las lengüetas del labro, la estructura compleja de las uñas de las patas, que es única dentro de la familia y por el alargamiento de los artejos antenales, sobre todo el VI, VII y VIII.

Todos los ejemplares recolectados no presentan pigmentación alguna y su tamaño oscila entre los 1.4 mm en la larva, entre 2.25 a los 3.5 mm en las hembras y 2.25 mm en el macho (todas las medidas sin contar el

pincel caudal) (Foto 4). El ejemplar ♀ 170207-8Dp, presenta las antenas largas: las longitudes de los artejos antenales del I al VIII son respectivamente 81, 84.5, 64.8, 110.3, 93, 184.5, 111.1, 113.4  $\mu\text{m}$ . El artejo anterior VI derecho tiene 5 sensilos baciliformes dispuestos más o menos en "V" como los vértices de un triángulo, el izquierdo sólo posee 3 e igualmente dispuestos que el anteriormente citado, ambos artejos antenales VII poseen 2 sensilos baciliformes y otros 2 cónicos pequeños. Margen anterior del labro lleva sobre cada mitad 10 lengüetas largas y puntiagudas en su ápice y una lengüeta media poco visible y también puntiaguda. Palpos del gnathochilarium con 21 + 21 sensilos (Foto 5). Tarso II del primer par de patas tiene una longitud de 162.4  $\mu\text{m}$  y es aproximadamente unas 7.5 veces más largo que la uña (21.8  $\mu\text{m}$ ), la uña del tarso II del par de la pata 13 tiene una longitud de 24.2  $\mu\text{m}$  siendo unas 8.5 veces aproximadamente más pequeño que el mismo (210  $\mu\text{m}$ ). El ejemplar ♂ estudiado 170207-1Dp tiene una longitud de 2.25 mm y 12 pares de patas, los artejos antenales del I al VIII presentan las siguientes longitudes: 54, 59, 46.8, 103.9, 82.5, 167.6, 93.1 y 111.9  $\mu\text{m}$ . Artejo antenal VII con 2 sensilos baciliformes y 2 pequeños cónicos, Artejo antenal VI presenta en la antena izquierda 3 sensilos baciliformes igualmente dispuestos como los de la hembra anteriormente descrita y presentando en su margen lateral exterior un sensilo cónico, el artejo VI derecho tiene 4 sensilos y más o menos también están dispuestos en "V" con unas longitudes que van desde el sensilo interior al exterior de 25.5, 29.5, 31.1 y 31.9  $\mu\text{m}$ , también presenta en su lado externo un sensilo cónico con una longitud de 5.7  $\mu\text{m}$ . Margen anterior del labro con 8 + 10 lengüetas largas y puntiagudas en su ápice y 1 + 1 lengüeta media poco visible y también puntiaguda (Foto 6). Tarso II del primer par de patas con una longitud de 135.8  $\mu\text{m}$  y el de la pata XII 179  $\mu\text{m}$ .

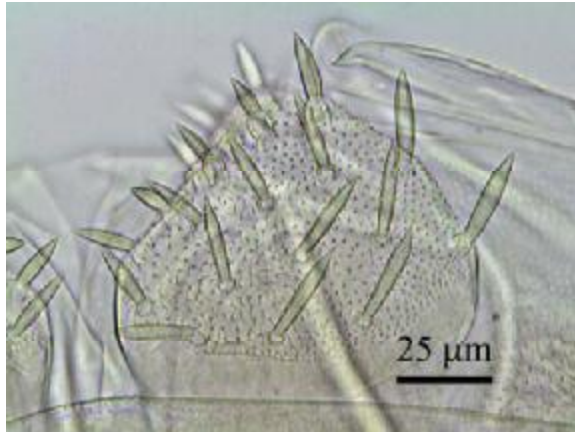


Foto 5: Vista external del labrum de *Lophoproctus pagesi*.

Photo 5: Sternal view of the labrum of *Lophoproctus pagesi*.

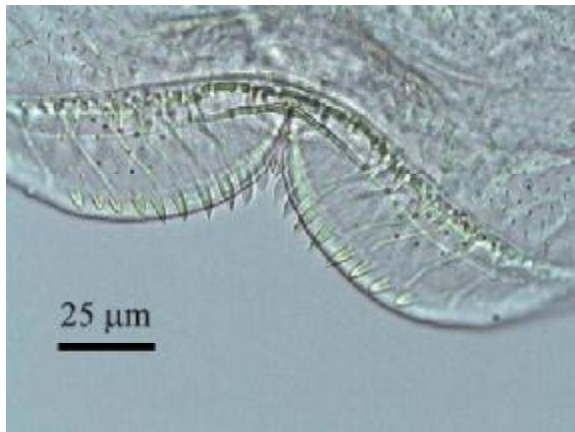


Foto 6: Vista external del gnathochilarium izquierdo de *Lophoproctus pagesi*.

Photo 6: Sternal view of the left gnathochilarium of *Lophoproctus pagesi*.

## ENTOGNATHA:

### Clase COLLEMBOLA

### Orden Entomobryomorpha

Familia Entomobryidae

***Sinella (Coecobrya) tenebricosa*** Folsom, 1902

**MATERIAL:** Cova des Pas de Vallgornera (Sala des Gorg): 1 ejem. 17-II-2007, M. Vadell Leg., (MZNA); (Sala de les Arrels): 9 ejem. 17-II-207, M. Vadell Leg., (7 ejem a MZNA y 2 ejem. en preparaciones microscópicas CMV Reg. nº 170207-1). El ejemplar de la Sala des Gorg fue recolectado en unas condiciones de oscuridad total, sobre un trozo de madera podrida de *Pinus halepensis* y con una TA de 20° C y 89 % de HR, los restantes ejemplares que se capturaron en la Sala de les Arrels, sobre detritus orgánicos vegetales, bajo las mismas condiciones lumínicas, con una TA de 18.8° C y 92 % de HR.

La especie tiene una distribución cosmopolita y se le puede encontrar en cuevas e invernaderos así como en otros lugares protegidos (CHEN & CHRISTIANSEN,

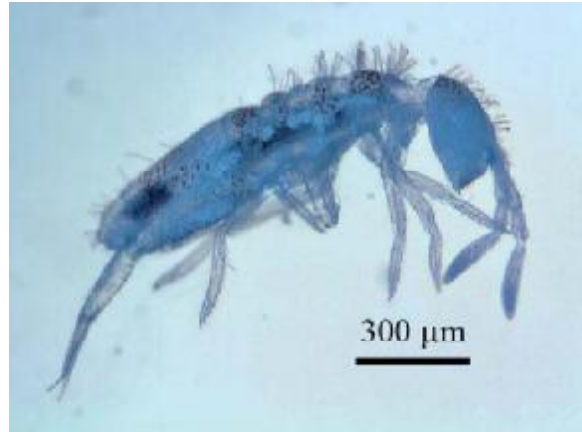


Foto 7: Vista lateral de *Sinella tenebricosa*.

Photo 7: Lateral view of *Sinella tenebricosa*.

1997). En España se cita la especie en la Cova de las Maravillas (Alcira, València) (GAMA, 1984), Cova de la Cantera (Corbera d'Alcira, Valencia) (GAMA, 1985), Avenc de sa Tauleta (Ciutadella, Menorca) (BELLÉS *et al.*, 1989) aunque estas citas y las europeas son de *S. coeca*, corresponden en realidad a *Sinella tenebricosa*. Es la primera cita de esta especie para la isla de Mallorca.

Ejemplares con un tamaño máximo de 2 mm y de una coloración blanca amarillenta pálida, carecen de ojos y sus antenas son unas 1.4 a 2.3 más largas que la diagonal cefálica (Foto 7). La quetotaxia de Macroquetas: grupo I de la cabeza- con 2(3,4), grupo II con 3(4); tórax II- grupo IV con 3-5(6), grupo V 5(6) + 4(5), grupo VI 2(2 + 1); tórax III- grupo I con 9-13, grupo II con 9-10. Terguito abdominal II siempre con 3 macroquetas entre los trichobotrios. Abdomen III con sólo 1 + 1 macroqueta dorsal central. Cada cara lateral con sólo 2 macroquetas, la 3ª (la más posterior) es mucho más pequeña que la anterior 2. Abdomen IV con 4+4 macroquetas dorsales en el área central y otras 3 dorso-laterales en cada lado. Tibiotarso con sedas más o menos lisas diferenciadas en la cara ventral. Los "Tenent hairs" o "espolones mazudos" acuminados. Dorso del manubrio con 8 largas sedas lisas y rectas en cada lado; 2-3 sedas lisas presentes también en cada lado del final del abdomen VI y 2 en la base de cada uno de los dientes. Placa del manubrio con 2 sedas ciliadas y con 2 pseudoporos. La espina basal del mucrón es larga, llegando al vértice del único diente apical.

### Orden Neelipleona

Fam. Neelidae

***Neelus murinus*** Folsom, 1896

**MATERIAL:** Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 2 ejem. 17-II-2007, M. Vadell Leg., (MZNA). Los ejemplares fueron recolectados sobre raíces, en condiciones de oscuridad total 19° C de TA y 91 % de HR.

Tiene una distribución holártica. Vive en suelos, musgos y cuevas y por tanto se la puede considerar como troglófila. Ha sido pocas veces citada en la Penín-

sula Iberica y casi siempre en cuevas; Val de Canas, Parque de Santa Cruz, Serra do Espinhal (Coimbra) (GAMA, 1959); Penedo da Saudade (Coimbra), Serra da Sintra (Lisboa) y Lapa dos Esteios (Coimbra) (GAMA, 1961); Gruta do Poço da Moura, Gruta do Poço da Moura (Condeixa, Coimbra) y Gruta de Legaço (Arrifana, Coimbra) (GAMA, 1962); Serra da Sintra (Lisboa), Coimbra, Buçaco, Serra do Espinhal, Gruta da Cova da Moura (Condeixa, Coimbra) y Gruta de Legaço (Arrifana, Coimbra) (GAMA, 1964); Vallvidriera (Barcelona), (SELGA, 1971). Cueva de Astiz (Valle de Larráun, Navarra), Cueva de Basaura (Sierra de Lóquiz, Navarra) (JORDANA & BERUETE, 1983), Quinta de Santo António (Cercal) (GAMA, 1989), Barranco do Velho (Algarve), Serra de Monchique - hacia Foia (GAMA *et al.*, 1989). Es la primera cita para la isla de Mallorca, aunque ha sido observada en la Cova de les Rodes (Pollença, Mallorca) (VADELL & JORDANA, 2005 inédito).

Longitud máxima 0,7 mm, color blanquecino amarillento. Tiene seis pares de campos sensoriales: 2 junto a las antenas, 1 en Torax II, 1 en la subcoxa II, 1 en la subcoxa III y 1 posteriormente en el grán abdominal; este último tiene dos partes, una superior pequeña y otra inferior con una sensilla y dos sedas (Fig1 A, B y C). Las antenas son cortas, mucho más cortas que la cabeza, tienen 4 artejos, el primero muy pequeño, el tercero con grán número de sedas y una sensilla especial (Fig.1 G y H). Tibiotarso y uñas del tercer par de patas como la figura 1, D. Tubo ventral (Fig. E) con lóbulo posterior y dos sedas laterales en el ápice. Furca (Fig. F) con el manubrio con 3 + 3 sedas (sólo se señalan dos), el dentes dividido en dos segmentos, el proximal con dos sedas, el distal con una seda postero-distal y 3+3 espinas además de la espina terminal. Mucrón con los dos bordes denticulados o serrados. Las sedas labrales en dos filas una de 5 y otra de 4, dos de las cuales tienen un denticulo en su base.

**Subclase DIPLURATA**  
**Orden Diplura**

Fam. Campodeidae.

***Campodea (Campodea) subdives* Silvestri, 1932**

**MATERIAL:** Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 1 ejem. M. Vadell Leg., (MVHN). El ejemplar fue capturado sobre raíces, posiblemente de *Pinus halepensis*, con unas condiciones de oscuridad total, 19.5° C de TA y 93 % de HR.

La especie es conocida sólo de las Islas del Egeo (SILVESTRI, 1932), Argelia (CONDÉ, 1948) y España (CONDÉ, 1954). La cita española a que se refiere CONDÉ (1954) corresponde a una localidad de la isla de Mallorca, los únicos datos que menciona fueron: se recolectaron 2 ejemplares hembras en el kilómetro 11.100 de Son Servera dirección a Capdepera en el cauce de un torrente seco. Es por tanto la segunda cita para España y la primera vez que esta especie es localizada en el interior de una cavidad.

Según SILVESTRI (1932) la especie tiene un tamaño aproximado de 3 mm, el cuerpo con una coloración blanca, con las sedas menores atenuadas y finas, el mesonoto con algunas sedas marginales que apenas son barbuladas, las macroquetas con las bárbulas muy cortas. Antenas formadas por 23 artejos, el primer y segundo artejo antenal. Pronoto con las macroquetas anteriores medianas y laterales anteriores cortas, las laterales posteriores tienen el doble de longitud que las laterales anteriores, en todas hay bárbulas cortas; las sedas marginales posteriores son tan finas como las de la superficie, un poco más largas y con las dos laterales que apenas tienen bárbulas. Mesonoto con macroquetas laterales anteriores bastante más largas que las medianas y con sedas marginales bastante más largas y similares al pronoto. Metanoto diferenciado con

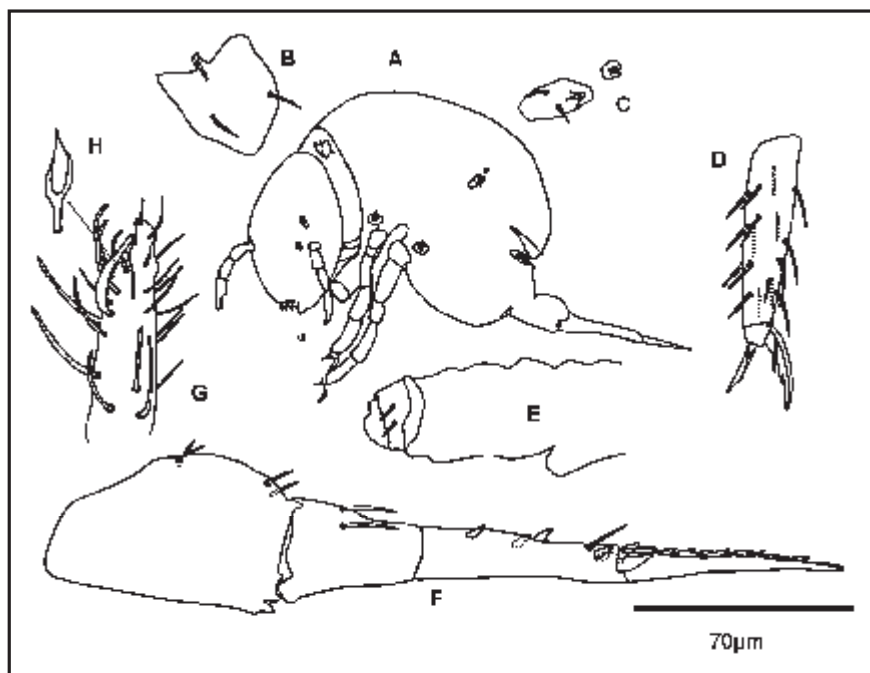


Figura 1: A: Hábitus de *Neelus murinus*. B: Campo sensorial del Tórax II. C: Campo sensorial del grán Abdominal. D: Tibiotarso III. E: Tubo Ventral. F: Furca. G: Artejo antenal IV. H: Sensilla especial.

Figure 1: A: Habitus of *Neelus murinus*. B: Sensory field on Torax II. C: Sensory field on the large abdominal. D: Tibiotarsus III. E: Ventral Tube. F: Furca. G: Antennal segment IV. H: Special sensilla.

macroquetas laterales anteriores, similar con el resto del mesonoto. El fémur sin macroqueta dorsal; la tibia tiene una macroqueta esternal con ápice corto y bifurcado, con espolones moderadamente robustos y con bárbulas muy cortas; uñas del pretarso atenuadas y bastante arqueadas, con procesos laterales simples. Los terguitos abdominales IV a VII con 1+1 macroqueta lateral posterior bastante larga y 1+1 macroqueta lateral anterior un poco más corta; los terguitos VIII con 3+3 macroquetas laterales posteriores. El primer urosternito con 6+6 macroquetas cortas barbuladas y campo glandular continuo, con apéndices cortos; urosternito II al VII con 4+4 macroquetas; las sedas grandes del estilo con bárbulas; urosternito VIII con 1+1 macroquetas. La quietotaxia de la especie es próxima a *Campodea rectii*, pero con el uroterguito V con la macroqueta lateral anterior.

## Ejemplares pendientes de identificación

### INSECTA

#### Orden Hemiptera

Fam. Cixiidae

*Cixius* sp

MATERIAL: Cova des Pas de Vallgornera (Sala de les Arrels): 1 ♂, 17-II-2007, M. Vadell Leg., (MBCN). El ejemplar fue recolectado sobre raíces, posiblemente de *Pinus halepensis*, con unas condiciones de oscuridad total, 19.5° C de TA y 93 % de HR.

No se tienen prácticamente conocimientos de la fauna de los fulgóridos del género *Cixius* en las cavidades de las Baleares, los únicos datos que se disponen son de RACOVITZA (1907a) que menciona de las Coves del Drac (Manacor) ejemplares con una decoloración marcada y los ojos rojos, según el mismo autor sugiere que se tratan de ejemplares troglobios. Años más tarde VADELL y ZARAGOZA (2005) localizan ejemplares en la Cova des Coll (Felanitx) con las mismas características anteriormente descritas, posteriormente también fueron observados ejemplares del mismo tipo en la Coves del Pirata (VADELL *et al.*, 2006), de todas las citas mencionadas hoy por hoy no sabemos a que especies pertenecen y esperamos que algún especialista muestre su interés para determinarlas.

## Comentarios finales

Los autores somos conscientes de estar ofreciendo con este trabajo, unos datos preliminares de la fauna invertebrada que habita la Cova del Pas de Vallgornera, de cerca de 40 kilómetros de recorrido (MERINO *et al.*, 2007) con una diversidad de ambientes que auguran una riqueza mucho mayor a la aportada en este primer estudio. Debemos tomar en consideración la escasa

superficie muestreada y el breve periodo de tiempo utilizado en la exploración de las tres salas del "Sector Antic", ya que se realizó en un único día y durante un periodo aproximado de 11 horas, sin la utilización de cebos ni trampas de captura.

Si dejamos aparte el araneido, *Phocus phalangoides*, una especie antropófila, frecuente en las entradas a cavidades, la mayor parte de la fauna invertebrada recolectada constituye una comunidad de elementos endogeos y humícolas. En su mayor parte, se trata de una comunidad biológica ligada a la existencia de las raíces, presumiblemente de *Pinus halepensis* que alcanzan el techo y paredes de la "Sala de les Arrels". En menor medida, esta misma fauna aprovecha los escasos restos de materia orgánica, maderas, que se hayan disperso en la Sala de l'Anfiteatre y en la Sala del Gorg. En conjunto estas salas muestreadas presentan una temperatura elevada, en torno a los 19-20°C dada la situación geográfica de la cavidad, a escasa altitud y una humedad relativa con valores entre el 88% al 93%. En esta biocenosis participan consumidores directos de las raíces en crecimiento, como es el caso de los homópteros del género *Cixius*, asociados en exclusiva a las raíces, donde también hallamos el campodeido *Campodea subdives* o el diplópodo *Lophoproctus pagei*, este último con cierto grado de troglóbomorfismo, por lo que es considerado por el Dr. B. Condé como un troglóbido verdadero (CONDÉ, 1981).

Diversas especies de estos homópteros del género *Cixius*, consumidores primarios de raíces, son bien conocidas en cavidades de México, Islas Azores y Canarias (HOCH, 1994). Aunque su presencia en el mediterráneo, en concreto en cavidades de las Baleares, ya es citada por RACOVITZA (1907a) y los autores han podido constatar su presencia en el medio subterráneo de las islas de Mallorca e Ibiza, así como en diversos relieves calcáreos de escasa altitud, al este de la península Ibérica.

Junto a ellos encontramos formas exclusivamente endogeas como el oribátido *Atrypacarus pnyllophorus* o microdetrívoros como los colémbolos *Sinella tenebriosa* y *Neelus murinus*. Tan sólo un depredador ha podido ser recolectado, la araña *Eidmantella pallida*, pero es de suponer la existencia de otras especies que ocuparían este mismo nivel en la cadena trófica estudiada. Para terminar, citar a un elemento típicamente humícola, el isópodo *Anaphiloscia simoni*.

## Agradecimientos

Agradecer a todas las personas que han colaborado en este trabajo, al Sr. Lluç García (Museu Balear de Ciències Naturals, Sóller) por la clasificación de los ejemplares de *Anaphiloscia simoni*. Al Dr. Ignacio Ribera (Depto. de Biodiversidad y Biología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales) por la documentación aportada. Al Sr. Damià Crespí (Museu Balear de Ciències Naturals, Sóller) por su inestimable ayuda en la traducción de la descripción original de *Campodea (Campodea) subdives*. Al Dr. Pere Bover



(Mammalogy Department. American Museum of Natural History. New York) por su gran ayuda a la hora de buscar y proporcionar documentación. Al Sr. Francesc Gràcia (Dept. Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears) por las sugerencias en este trabajo. Al Sr. Peter Watkinson y a la Srta. Gemma Barceló por la traducción del resumen al inglés. Al Dr. Àngel Gines (Laboratori d'Ecologia. Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears) por su grata compañía a la hora de recoger las muestras. Al Dr. Enrique Baquero por su ayuda en la discusión sobre los colémbolos y a la Sra. Carol Constantino (Museu Balear Ciències Naturals) por su buena predisposición a la hora de facilitar documentación.

## Bibliografía

- BELLÉS, X. (1987): *Fauna cavernícola i espeleológica de la Península Ibèrica i les Illes Balears*. Mon. Científiques 4, CSIC – Ed. Moll, 207 pp.
- BELLÉS, X.; DAMIANS, J. & PRETUS, J. LI. (1989): « MINOR-87 »: Una campanya Biospeleològica a Menorca. *Fitòfitol* 14-15: 69-75. Palma de Mallorca.
- CHEN, J. X. & CHRISTIANSEN, K. (1997): Subgenus *Collembolella* of the Genus *Sinella* (Collembola: entomobryidae) with special reference to the species of China. *Annals of the Entomological Society of America*. Vol., 90 N° 1:1-19.
- COLLIGNON, M. (1982): Une première des espéleés namurois à Majorque (Espagne). *Annuaire de l'Institut*, 2 : 14-26. Namur.
- CONDÉ, B. (1948): Campodéides d'Algérie. *Bulletin de la Société entomologique de France*, LII (9): 144-146.
- CONDÉ, B. (1954): Sur la faune endogée de Majorque (Penicillates, Protures, Diploures, Campodéides, Palpigrales). *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2e série 26: 674-677.
- CONDÉ, B. (1981): Un Pénicillate cavernicole de Mallorca (Diplopoda, Penicillata). *Archives de sciences*. *Genève*, Vol. 34 Fasc.3: 313-318.
- CRUZ, A. (1989): Isópodos terrestres de Menorca (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Fitòfitol* 14-15 :89-93.
- CRUZ, A. (1990): *Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres (Oniscoides), de la Península Ibérica y Baleares*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona 1006 pp.
- GAMA M.M. (1959): *Contribuição para o estudo dos Collemboles do Portugal Continental*. *Memoirs e Estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra*, 260: 1-33.
- GAMA M.M. (1961): *Nouvelles contributions pour l'étude des Collemboles du Portugal Continental*. *Memoirs e Estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra*, 269: 1-43.
- GAMA M.M. (1962): Collemboles des Grottes du Portugal. Voyage au Portugal du Dr. K. Lindberg. *Bulletin de la Société de Zoologie de Genève*, 9: 100-108.
- GAMA M.M. (1964): Colémbolos de Portugal Continental. *Memoirs e Estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra*, 292: 1-252.
- GAMA, M.M. (1984): Collemboles cavernicoles de l'Espagne. *Mémoires de Zoologie*, 8: 81-87.
- GAMA, M.M. (1985): Collemboles cavernicoles de l'Espagne. II. (Insecta, Apterygota). *Mémoires de Zoologie*, 9:209-214.
- GAMA M.M.; LOPES C.M. & NOGUEIRA A. (1989): Etude comparée de populations de Collemboles de plusieurs biotopes de l'Algarve (Portugal). *Acta Biologica Sinensis et Apicologica*. *Sinica* 363-370.
- GAMA M.M.; MURIAS DOS SANTOS A.F.A. & NOGUEIRA A. (1989): Comparaison de la composition de populations de collemboles de peuplements d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de chêne-liège (*Quercus suber*). *Acta Biologica Sinensis et Apicologica*. *Sinica* 339-345.
- GINÉS, A. (1982): Inventario de especies Cavernícolas de las Islas Baleares. *Fitòfitol* 9: 57-75. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1977): Datos Biospeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la isla de Mallorca. *Cron. de la Soc. d'Esp. Isp. Balears*. *C.F.T.*, 81-95. Terrassa.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNOS, J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M. A. & VADELL, M. (2003): Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Fitòfitol* 25: 43-86. Palma de Mallorca.
- HOCH, H. (1994): Homoptera (Auchenorrhyncha Fulgoroidea). In: *Encyclopaedia Biospeologica I*. Ch. JUBERTHIE & V. DECU ed. Société de Biospéologie. Moulins-Bucarest. pp. 313-325.
- JORDANA R. & BERUETE E. (1983): Cavernicolous Collembola from Karst Caves in the West of Navarra (Spain). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 56 (3-4): 303-315.
- MERINO, A. (1993): La cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Fitòfitol* 19: 17-23. Palma de Mallorca.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Fitòfitol* 23: 7-21. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La cova des Pas de Vallgornera 23 kilòmetres de desenvolupament topogràfic (Llucmajor, Mallorca). *Fitòfitol* 30: 29-48. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2007): La cova des Pas de Vallgornera 40 kilòmetres de desenvolupament topogràfic (Llucmajor, Mallorca). *Fitòfitol* 31: 101-110.
- NGUYEN DUY-JACQUEMIN, M. (1993): Convergences évolutives entre diplopodes pénicillates vivant dans les Grottes. *Mémoires de Zoologie*, 20:147-155.
- NIEDBALA, W. (1994): Revision of Oribatid Mites from BERLESE's Collection II. Descriptions and Redescriptions of Species from the Superfamily Phthiracaroidae (Acari, Oribatida). *Bulletin de la Société des Amis de Sciences et Lettres*, *Poznan* 30:37-62 pp.
- PEREZ-ÍÑIGO, C. (1990): Oribátidos (Acari, Oribatei) de Menorca. *Mémoires de Zoologie*, 14: 29-40.
- PONS, G. X. (1991): *Lista vermella de la fauna cavernícola de les Balears*. Doc. Tèc. Cons., 10 Conselleria d'Agricultura i Pesca. 150 pp. Palma de Mallorca.
- PONS, G. X. (2004): Biogeografia, ecologia i taxonomia de Les aranyes (Arachnida, Araneae) Cavernícoles de les illes Balears. *Fitòfitol* 26: 83-104. Palma de Mallorca.
- RACOVITZA, E. (1907a): Essai sur les problèmes biospéologiques. *Biospeologica I Archives de Zoologie expérimentale et générale* 16, 6: 371-488. Paris.
- RACOVITZA, E. (1907b): Isopodes terrestres (Première Série). *Biospeologica VIII. Archives de Zoologie expérimentale et générale*, IV Série 9: 189-190. Paris.
- RIBERA, C. (1989): Araneidos Cavernícolas de la Isla de Menorca. *Fitòfitol* 14-15: 81-83. Palma de Mallorca.
- SELGA D. (1971): Catálogo de los colémbolos de la Península Ibérica. *Genève*, 24: 133-283.
- SILVESTRI, F. (1932): Nuovi Contributi alla conoscenza della fauna delle isole Italiane dell'Egeo. *Atti della Società di Zoologia generale ed agraria*, *Portici*, 27: 61-111.
- SUBIAS, L. S. (2004): Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los acaros oribatidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758-2002). *Genève* 60: 3-305.
- VADELL, M. & ZARAGOZA, J. A. (2005): Estudio preliminar de la fauna invertebrada terrestre de la Cova des Coll (Felanitx, Mallorca). *Fitòfitol* 27: 187-204. Palma de Mallorca.
- VADELL M.; ZARAGOZA J.A.; JORDANA R.; GARCÍA LL.; GRÀCIA F. & CLAMOR B. (2006): Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola terrestre de las Coves del Pirata, Cova des Pont, Cova de Sa Piqueta y la Cova des Xots. *Fitòfitol* 29: 75-98.

## QUINZE ANYS D'ESTUDIS QUIROPTEROLÒGICS A LES ILLES BALEARS (1993-2007)

Jordi SERRA-COBO <sup>1,2</sup>, Blanca AMENGUAL <sup>1,2</sup>, Marc LÓPEZ-ROIG <sup>1,2</sup>, Josep MÁRQUEZ <sup>3</sup>, Xavier BAYER <sup>2</sup>,  
Cisco GUASCH <sup>2</sup>, Antonia SÁNCHEZ <sup>2</sup> i Joan Antoni OLIVER <sup>4</sup>

### Resum

Les ratapinyades són mamífers placentaris adaptats al vol que han tingut gran èxit evolutiu i han colonitzat la major part del planeta excepte les zones polars. Malgrat la seva importància ecològica, la distribució, l'ecologia i la dinàmica de les poblacions de ratapinyades solen ser poc estudiades. El present treball dona a conèixer i analitza la informació quiropterològica obtinguda des de 1993, any en què el nostre equip inicià els estudis a les Illes Balears.

S'han prospectat cavitats subterrànies, s'han capturat ratapinyades amb xarxes i s'han efectuat enregistraments i anàlisis dels senyals ultrasònics emesos pels quiròpters per tal d'ampliar la informació sobre la distribució de les ratapinyades a les Illes Balears. S'ha analitzat l'ocupació estacional de *Mirionotus schreibersii*, *Myotis capaccinii*, *Myotis myotis* i *Rhinolophus ferrumequinum* a 8 refugis situats a Mallorca i a Menorca i s'han estudiat desplaçaments estacionals de les anteriors espècies.

S'han prospectat unes 470 localitats diferents i s'han observat 16 espècies de ratapinyades a les Illes Balears, de les quals algunes d'elles han estat citades per primera vegada. Aquest és el cas de *N. leisleri* a Menorca i Eivissa; *P. pygmaeus* a Menorca i *P. pipistrellus*, *P. kuhlii*, *N. leisleri*, *M. capaccinii*, *B. barbastellus* i *T. teniotis* a Sa Dragonera. *P. pipistrellus*, *P. kuhlii* i *T. teniotis* són les espècies de ratapinyades més abundants a les Illes Balears. Els resultats obtinguts fins ara, tot i que encara són parcials, indiquen que existeixen diferències en la composició de les comunitats de ratapinyades de cada illa, ja sigui en les espècies presents com en la freqüència de cadascuna d'elles. Mallorca és l'illa amb major diversitat d'espècies de quiròpters. L'anàlisi de l'ocupació estacional ha mostrat la importància quiropterològica de les cavitats estudiades i ha permès estimar el nombre de ratapinyades que s'hi refugien.

La metodologia de la captura - marcatge - recaptura ha possibilitat verificar diversos desplaçaments entre cavitats. *P. ferrumequinum* i *M. myotis* realitzen desplaçaments de curta distància, mentre que *M. schreibersii* i *M. capaccinii* recorren distàncies més llargues (tot i ser menors que les observades al continent). S'ha pogut comprovar, per primera vegada, desplaçaments de *M. schreibersii* i *M. capaccinii* entre colònies de Mallorca i Menorca.

### Abstract

Bats are placental mammals adapted to flight and evolutionarily very successful, which has led them to colonize most of the planet except for polar areas. Despite their ecological importance, the distribution, ecology, and dynamics of bat populations are usually little studied. The present work reveals and analyses chiropterological information gathered since 1993, when our team began studying bats from the Balearic Islands.

In order to further extend the information about Chiroptera distribution in the Balearic Islands underground cavities have been explored, bats have been captured with nets, and recordings and analyses of ultrasonic signals sent out by bats have been performed. Seasonal roosting of *Mirionotus schreibersii*, *Myotis capaccinii*, *Myotis myotis*, and *Rhinolophus ferrumequinum* has been analysed in eight roosts and seasonal movements of the same species have been studied in Mallorca and Menorca.

About 470 different localities have been explored and 16 bat species have been observed in the Balearic Islands, some of which being reported for the first time, such as *N. leisleri* in Menorca and Eivissa; *P. pygmaeus* in Menorca and *P. pipistrellus*, *P. kuhlii*, *N. leisleri*, *M. capaccinii*, *B. barbastellus*, and *T. teniotis* in Sa Dragonera. *P. pipistrellus*, *P. kuhlii* i *T. teniotis* are bat species more abundant in Balearic Islands.

The results obtained to date, although still partial, show differences in the composition of bat communities in each island, either in the species present or in their frequency. Mallorca is the island where Chiroptera species are more diverse. The analysis of seasonal roosting has revealed the chiropterological importance of the studied cavities and has allowed us to estimate the number of bats that roost in them.

The methodology of capture – banding - recapture has allowed us to verify several movements between cavities. *P. ferrumequinum* and *M. myotis* make short distance displacements, whereas *M. schreibersii* and *M. capaccinii* travel longer distances (although shorter than those observed on the continent). Movements of *M. schreibersii* and *M. capaccinii* between colonies of Mallorca and Menorca have been proved for the first time.

1 Grup de Recerca de Biologia de Vertebrats (96- SGR 0072), Departament de Biologia Animal, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645, 08028 Barcelona.

2 Areambiental, 08758 Cervelló (Barcelona). E-mail: info@areambiental.com.

3 Unió Excursionista Menorquina, Apartat de correus 804, 07701 Maó.

4 Servei de Protecció d'Espècies Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears. C/ Manuel Guasp, 10, 07006 Palma de Mallorca.

## Introducció

Les ratapinyades són mamífers placentaris agrupats en l'ordre dels quiròpters, nom d'origen grec que significa mans alades (keir = mà, pteron = ala). És un grup de mamífers relativament antic que va aparèixer a l'hemisferi nord del nostre planeta fa uns 64 milions d'anys, quan els continents eren molt més a prop els uns dels altres. Aquest fet hauria facilitat l'expansió dels quiròpters a la major part del planeta (a excepció de les regions polars). Trobem ratapinyades als oasis dels deserts, a les selves tropicals i subtropicals, a les planes properes al mar o a les serralades de muntanyes relativament altes, a les illes allunyades dels continents, a les regions temperades o a les regions boreals. El grup dels quiròpters s'ha diversificat molt en el decurs de la seva història evolutiva. Així doncs, no és estrany que trobem un ampli ventall d'espècies adaptades a un variat espectre d'hàbitats i de recursos alimentaris. Actualment es coneixen més de 1.100 espècies arreu del món i constitueixen aproximadament el 20 % de totes les espècies de mamífers conegudes. Cada any es descriuen noves ratapinyades, que es descobreixen no tant sols a les regions tropicals i subtropicals, sinó també a les regions temperades del primer món.

Les ratapinyades es caracteritzen per ser l'únic grup de mamífers adaptat al domini aeri. Els quiròpters realitzen veritables vols batuts, no comparables als efectuats per altres espècies de mamífers les quals sols planegen. Les singulars adaptacions al domini aeri, el

desenvolupament d'un sofisticat sistema de sonar en la majoria d'espècies i el tipus de recursos alimentaris que capturen, fan dels quiròpters un dels grups de vertebrats amb major valor ecològic. La majoria de les ratapinyades de les Illes Balears depreden grans quantitats d'insectes i exerceixen una funció reguladora sobre poblacions d'artròpodes. La importància ecològica dels quiròpters justifica que, a les Illes Balears, totes les espècies siguin protegides i que la Unió Europea hagi inclòs tots els quiròpters en l'annex de la Directiva de 1992 corresponent a les espècies d'interès comunitari que requereixen protecció estricta. Malgrat el gran interès que presenta aquest grup de mamífers, la distribució, l'ecologia i la dinàmica de les poblacions de ratapinyades de les Illes Balears han començat a ser conegudes fa poc temps (AMENGUAL *et al.*, 2007a; SERRA-COBO *et al.*, 2007). Els treballs quiropterològics publicats abans de 2007 han estat escassos però han aportat interessant informació, especialment els realitzats per Balcells, Alcover i Muntaner i Pons *et al.* (BALCELLS, 1964, 1968; VERICARD i BALCELLS, 1965; COMPTE, 1966; GINÉS, 1982; ALCOVER, 1977, 1988; ALCOVER i MUNTANER, 1986; NOBLET, 1995; PONS *et al.*, 1983; QUETGLAS, 1997; ALCOVER, 2003; GRÀCIA *et al.*, 2003; VADELL *et al.*, 2005; GUINARD *et al.*, 2006). Tenint en compte la importància ecològica de les ratapinyades i els nombrosos aspectes encara desconeguts, era important efectuar estudis més exhaustius que analitzessin la distribució i l'ecologia de les poblacions de quiròpters de Balears.

El Grup de Recerca de Biologia de Vertebrats inicià els estudis quiropterològics a les Illes Balears l'any 1993. Des d'aleshores, i de forma continuada, s'han anat obtenint dades sobre la distribució, l'abundància, l'etologia i l'ecologia d'aquest singular grup de mamífers. Una primera part dels treballs ha estat publicada recentment al Butlletí de la Societat d'Història Natural de les Balears (SERRA-COBO *et al.*, 2007). El present treball té com a objectiu ampliar la informació publicada per la Societat d'Història Natural de les Balears i actualitzar-la incloent-hi les dades obtingudes el 2007.

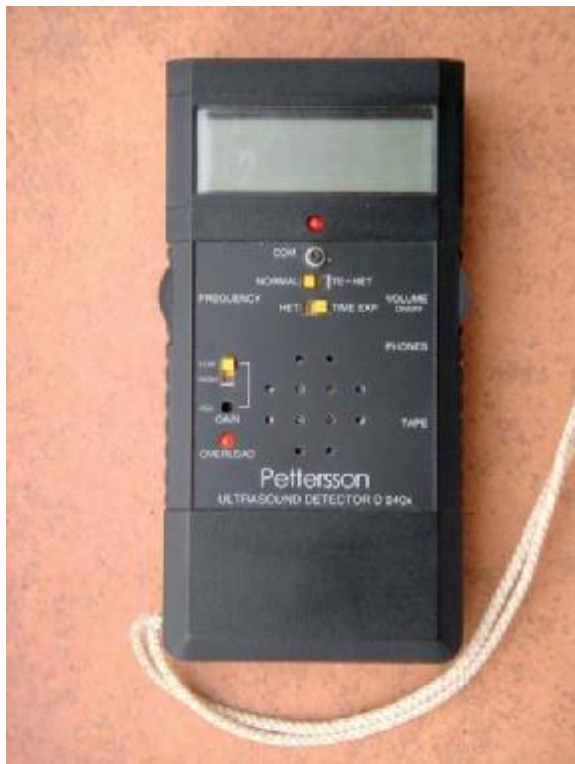


Foto 1: Aparell detector d'ultrasons.

Foto 1: Sa' d'efectuar.

## Material i mètodes

### DISTRIBUCIÓ

Els estudis realitzats s'han centrat principalment en les illes de Mallorca, Menorca i sa Dragonera. Eivissa s'ha mostrejat de forma parcial i, per tant, una part de les dades són bibliogràfiques (BALCELLS, 1964; VERICARD i BALCELLS, 1965; COMPTE, 1966; PONS *et al.*, 1983; ALCOVER i MUNTANER, 1986; ALCOVER, 2003). Les dades corresponents a les illes de Cabrera i Formentera han estat obtingudes íntegrament a partir d'informació bibliogràfica, si bé en el cas de l'arxipèlag de Cabrera s'han explorat algunes coves i el litoral de les illes de sa Conillera i de Cabrera. Les prospeccions per realitzar el present treball s'han efectuat als següents ambients: forestals (especialment pinedes i alzinars); antròpics (nuclis urbans, possessions, esglésies i cases de camp);



Foto 2: Ratapinyada de cova (*Myotis schreibersii*).

Foto 3: Schreibers' bat (*Myotis schreibersii*).

troglòfils (coves, avencs i mines abandonades); rupícoles (penya-segats de les serres de Tramuntana i de Llevant i penyals de vora mar); embassaments (Gorg Blau i Cúber); i zones humides litorals. Les tècniques utilitzades per mostrejar han estat diverses en funció de l'ambient prospectat: instal·lació de xarxes, prospecció diürna de refugis i detecció ultrasònica nocturna.

Les xarxes s'han col·locat al vespre en zones on prèviament s'havia detectat activitat quiropterològica i s'han retirat a mitja nit. S'han instal·lat xarxes en zones on les ratapinyades cacen i a l'entrada d'alguna cova. Les prospeccions de refugis han consistit en exploracions de cavitats subterrànies (coves, avencs i mines) i d'ambients antròpics (esclerxes de cases, teulats, porxades, esglésies, etc.). En totes les exploracions s'ha utilitzat il·luminació elèctrica per evitar emprar llum de carbur que podria alterar les condicions ambientals de les cavitats i incidir negativament en les colònies de ratapinyades.

La tècnica de detecció ultrasònica ha complementat la prospecció de refugis i la col·locació de xarxes i ha estat de gran utilitat per obtenir informació sobre les espècies de ratapinyades fissurícoles i forestals. Les emissions ultrasòniques de cada espècie han estat captades amb detectors suecs "Pettersson Elektronik en modus heterodyne" i en temps expandit i enregistrades digitalment ja sigui en cassets DAT o bé directament en ordinador. Els enregistraments i les anàlisis dels ultra-

sons s'han efectuat seguint la metodologia descrita per SERRA-COBO *et al.* (2007) (Fotografia 1). Totes les localitats han estat georeferenciades utilitzant un GPS. Les citacions obtingudes en l'estudi juntament amb les citacions bibliogràfiques han estat representades en mapes amb quadrícules UTM de 10 x 10 Km i en els quals s'han distingit dues categories de quadrícules amb citacions de quiròpters: les que s'ha comprovat presència sols abans de 1993 (indicat en gris en els mapes); les que s'ha comprovat la presència de quiròpters després de 1993 (indicat en negre en els mapes).

#### OCUPACIÓ ANUAL DE CAVITATS I DESPLAÇAMENTS ESTACIONALS

S'ha estudiat l'ocupació estacional de quatre espècies de quiròpters (*Miniopterus schreibersii*, *Myotis capaccinii*, *Myotis myotis* i *Rhinolophus ferrumequinum*; Fotografies 2-5) a 8 refugis de les Illes Balears: 4 d'ells situats als termes municipals mallorquins d'Alcúdia, Inca, Lluçmajor i Pollença; i 4 als termes municipals menorquins (un de Ciutadella, dos a Es Migjorn Gran i un a Ferreries). L'ocupació estacional d'aquests refugis s'ha estudiat efectuant prospeccions periòdiques, en les quals s'han determinat les espècies i el nombre d'individus presents. La mida de les colònies s'ha estimat comptant directament el nombre de quiròpters presents

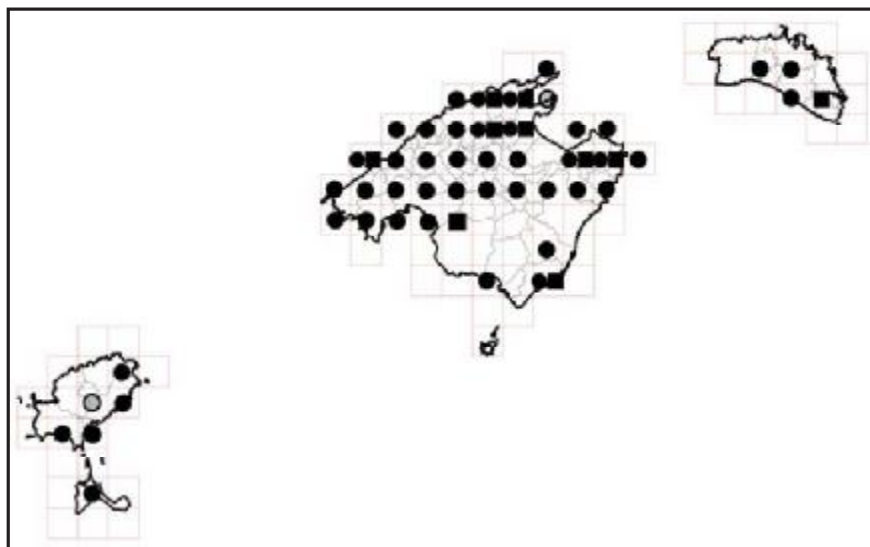


Figura 1: Mapa de distribució de *Pipistrellus pipistrellus* ● / *Pipistrellus pygmaeus* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 1: Records of distribution of *Pipistrellus pipistrellus* ● / *Pipistrellus pygmaeus* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

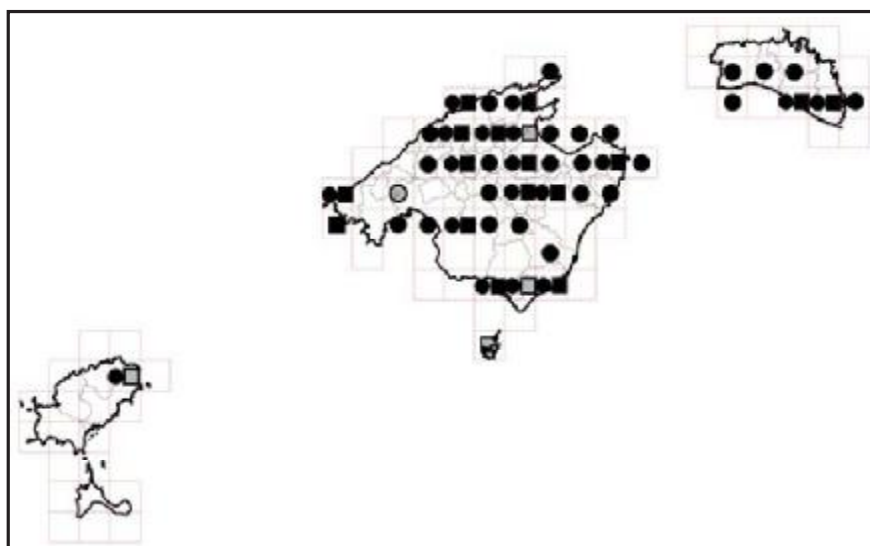


Figura 2: Mapa de distribució de *Pipistrellus subtilis* ● / *Hypsugo savii* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 2: Records distribution of *Pipistrellus subtilis* ● / *Hypsugo savii* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

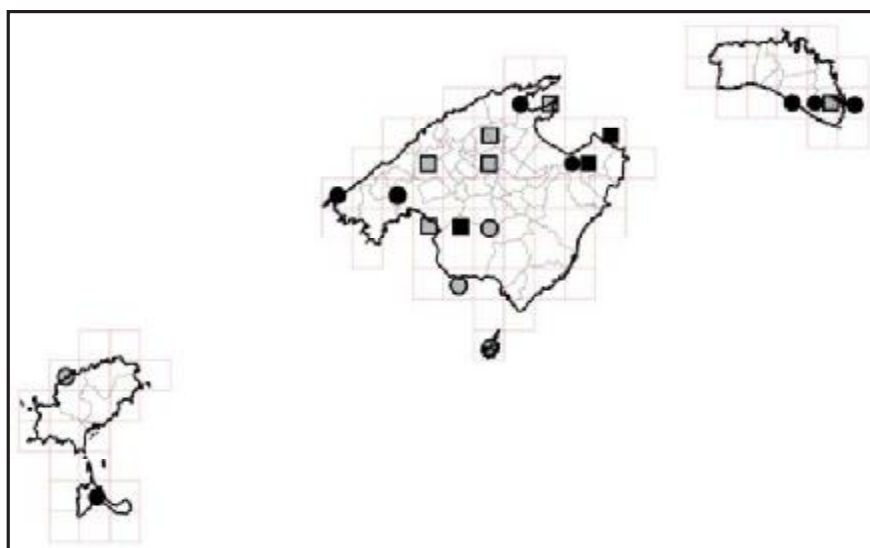


Figura 3: Mapa de distribució de *Plecotus auritus* ● / *Episcopus scirpinus* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 3: Records distribution of *Plecotus auritus* ● / *Episcopus scirpinus* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.



Foto 3: Ratapinyada de peus grans (*Myotis capaccinii*).

Foto 3: Long i àngel del (*Myotis capaccinii*).

en cada una o bé mitjançant tècniques indirectes. L'estimació indirecta s'ha realitzat utilitzant la tècnica de marcatge – captura – recaptura i el mètode Jolly-Seber per a poblacions obertes incorporat en el programa Mark 4.0 (POLLOK *et al.*, 1990). Tant en l'estimació indirecta com en les estimacions directes els resultats del nombre d'individus s'ha expressat per una mitjana i un interval de confiança del 95 %.

L'estudi dels desplaçaments estacionals s'ha centrat en ratapinyades de Mallorca i Menorca. S'han estudiat els moviments de quatre espècies: *M. schreibersii*, *M. capaccinii*, *M. myotis* i *R. ferrumequinum*. El treball de camp es va planificar a partir d'analitzar les característiques fisiogràfiques i biòtiques de l'àrea a prospectar i les característiques del cicle anual de les ratapinyades. Les campanyes de prospecció s'han realitzat durant tot l'any. Els moviments estacionals s'han estudiat a partir de la tècnica d'anellatge. Les ratapinyades han estat marcades amb anelles especials per a quiròpters col·locades a l'avantbraç. S'han emprat anelles de dues mides en funció de la grandària de l'espècie a marcar: les de mida petita (2,8 mm de diàmetre) per a *M. capaccinii* i les de mida gran (3,5 mm de diàmetre) per a *M. schreibersii*, *M. myotis* i *R. ferrumequinum*. La planificació de les campanyes d'anellatge i l'acurat seguiment de les colònies és molt important per obtenir bons resultats i per a no ocasionar molèsties a les ratapinyades. La tècnica d'anellament de quiròpters no és

comparable a la duta a terme en els aucells. L'anellatge de quiròpters és una labor que sol ser més delicada i ha d'estar seguida per un control dels individus marcats que permeti llevar les anelles en cas de que ocasionin molèsties. Totes les ratapinyades anellades han estat amollades poc temps després de la seva captura. Deu refugis més, tots ells situats a Menorca, han estat explorats de forma puntual per obtenir informació complementària sobre els moviments estacionals.

## Resultats

### DISTRIBUCIÓ

S'han prospectat unes 470 localitats diferents i s'han observat 16 espècies de ratapinyades a les Illes Balears (Taula 1). A més, s'han obtingut dades que semblen indicar la presència de *Nyctalus lasiopterus* a Mallorca i probablement a Eivissa. Els resultats obtinguts confirmen la presència de *Nyctalus leisleri* i *Pipistrellus pygmaeus* a Mallorca i cita per primera vegada: *N. leisleri* a Menorca i Eivissa, *P. pygmaeus* a Menorca i *P. pipistrellus*, *Pipistrellus kuhlii*, *N. leisleri*, *M. capaccinii*, *Barbastella barbastellus* i *Tadarida teniotis* a sa Dragonera. La major diversitat d'espècies s'ha observat a

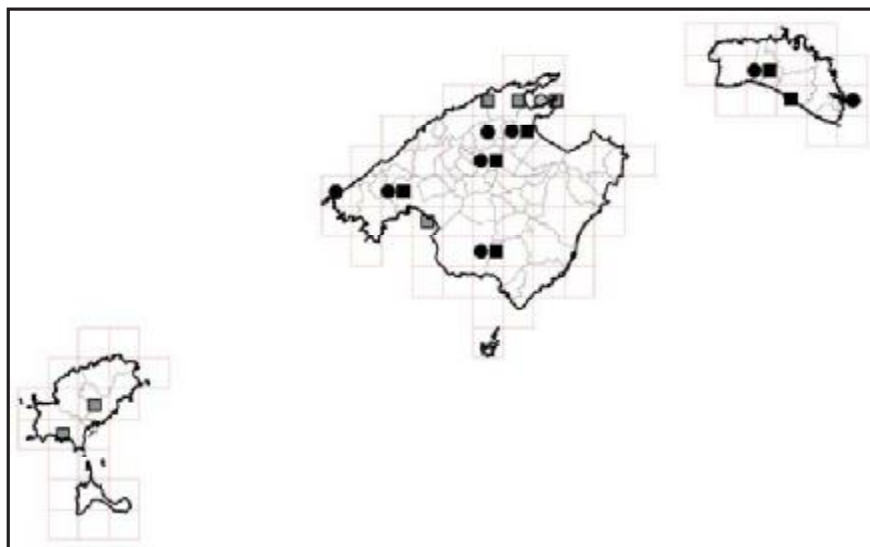


Figura 4: Mapa de distribució de *Myiobus capaccinii* ● / *Myiobus naetheri* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 4: Records distribution of *Myiobus capaccinii* ● / *Myiobus naetheri* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

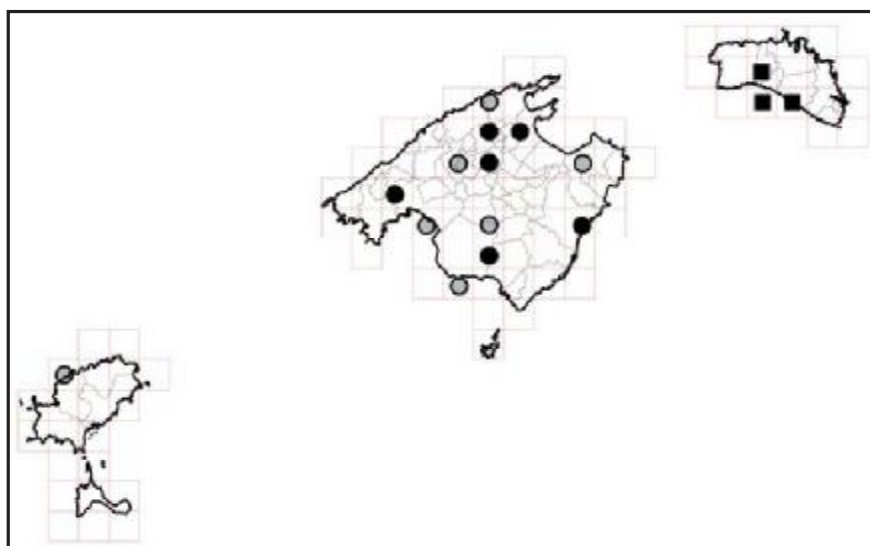


Figura 5: Mapa de distribució de *Myiobus myotis* ● / *Myiobus emarginatus* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 5: Records distribution of *Myiobus myotis* ● / *Myiobus emarginatus* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

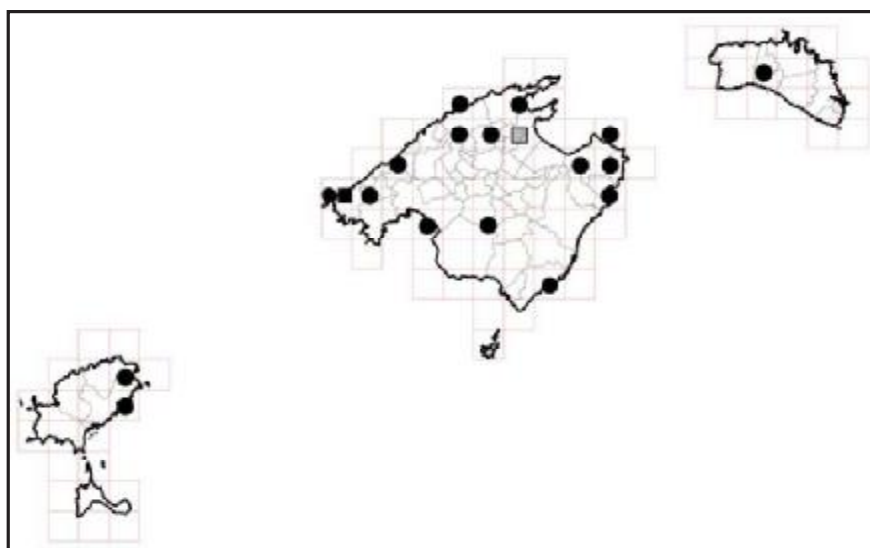


Figura 6: Mapa de distribució de *Nyctalus leisleri* ● / *Barbastella barbastellus* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 6: Records distribution of *Nyctalus leisleri* ● / *Barbastella barbastellus* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

Espècie, nom comú	%	TOTAL Nº Cites	%	MALLORCA Nº Cites	%	MENORCA Nº Cites	%	EIVISSA Nº Cites	%	FORMENTERA Nº Cites	%	CABRERA Nº Cites	%	SA DRAGONERA Nº Cites
Ec, rat. de bosc	0,47	2	0,32	2	2,00		0,00		0,00		0,00			2
Mc, rat. de país gros	1,88	16	1,62	10	3,91	5	0,00		0,00		0,00			1
Me, rat. d'orelles dentades	0,50	5	0,00		3,91	5	0,00		0,00		0,00			
Mm, rat. es microlarg	1,06	9	1,16	8	0,00		0,00		0,00		0,00			
Mn, rat. de Nalterer	1,17	10	0,97	6	2,34	3	2,63	1	0,00		0,00			
Ni, rat. del petit	9,62	82	12,18	75	0,76	1	10,58	4	0,00		0,00			2
Pk, rat. de vorces caïes	17,97	148	20,45	126	14,06	18	2,63	1	20,00	1	0,00			2
Pp, rat. corçut	31,60	270	36,64	238	3,01	6	31,58	12	20,00	1	0,00			14
Fpy, rat. sovriana	1,83	16	2,27	14	1,56	2	0,00		0,00		0,00			
Hs, rat. m'alta ruyca	3,75	32	3,80	21	1,56	2	5,26	2	0,00		28,57	2		2
Es, rat. dels picxus	0,82	7	1,14	7	0,00		0,00		0,00		0,00			
Pa, rat. de l'edera	1,64	14	0,81	6	2,34	3	2,63	1	20,00	1	28,57	2		2
Mt, rat. de covo	2,00	17	1,46	9	5,47	7	0,00		0,00		14,20	1		
Pt, rat. gran de ferradura	7,39	63	1,62	10	10,55	32	0,00	0	20,00	1	0,00			
Pt, rat. petita de ferradura	5,23	45	3,08	18	11,72	15	26,32	10	20,00	1	0,00			
Tt, rat. de cua llarga	13,38	114	10,06	62	7,81	10	18,42	7	0,00		28,57	2		39
		<b>852</b>		<b>616</b>		<b>128</b>		<b>38</b>		<b>5</b>		<b>7</b>		<b>58</b>

Ec, *Exocoetetes carolinensis*; Mc, *Myotis capaccinii*; Me, *Myotis myotis*; Mm, *Myotis myotis*; Mn, *Myotis nattereri*; Ni, *Nyctalus leisleri*; Pk, *Pipistrellus kuhlii*; Pp, *Pipistrellus pipistrellus*; Fpy, *Pipistrellus pygmaeus*; Hs, *Hypsigos savii*; Es, *Cistacius serotinus*; Pa, *Plecotus austriacus*; Mt, *Mitopterus schreibersi*; Pt, *Rhinopterus ferrugineus*; R, *Rhinopterus hippocrepus*; Tt, *Tadarida tenicis*; rat, ratapinyada.

Taula 1: Ratapinyades observades a les Illes Balears i citacions per ille.

Table 1: Bats observed in the Balearic Islands and citations by island.



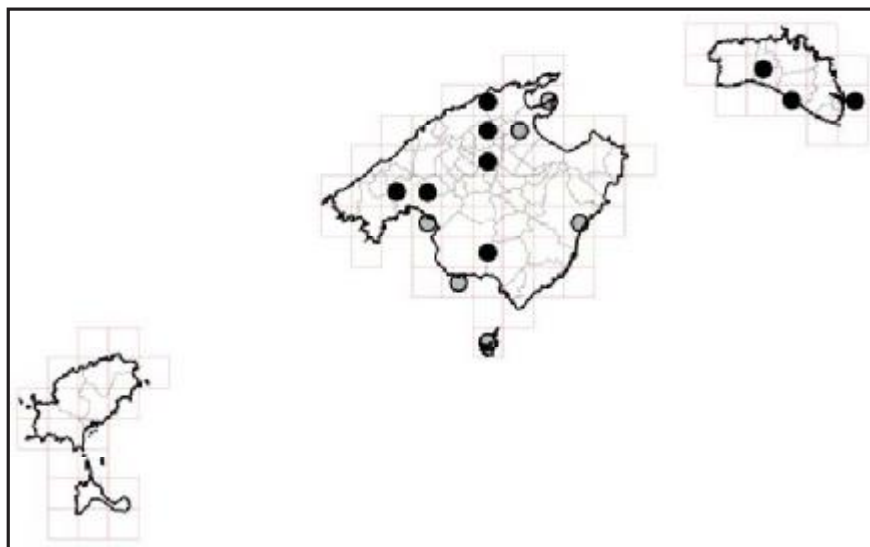


Figura 7: Mapa de distribució de *Miniopterus schreibersii*. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 7: Records distribution of *Miniopterus schreibersii*. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

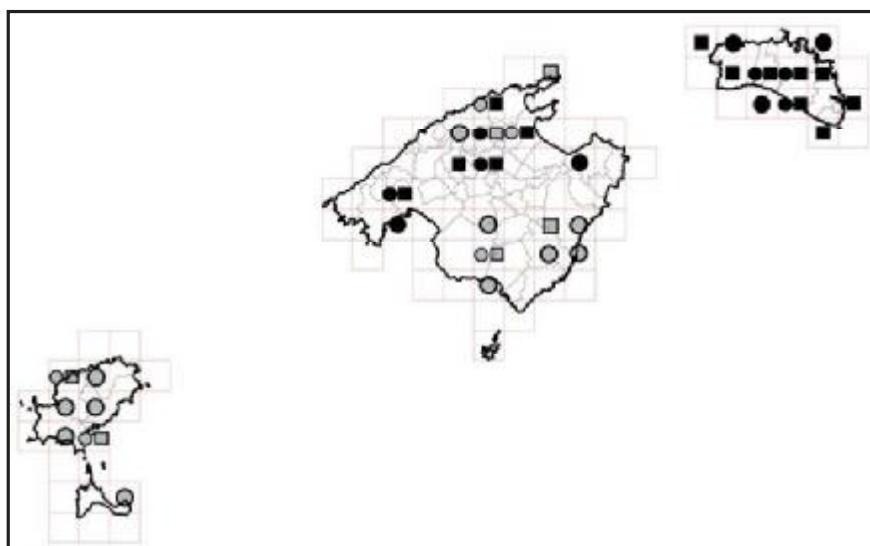


Figura 8: Mapa de distribució de *Rhinolophus hipposideros* ● *Rhinolophus ferrumequinum* ■. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 8: Records distribution of *Rhinolophus hipposideros* ● *Rhinolophus ferrumequinum* ■. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.

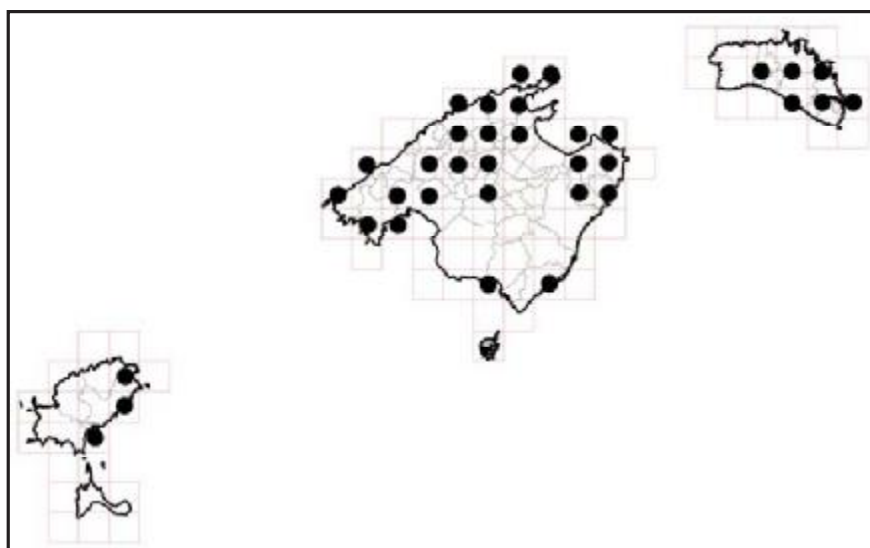


Figura 9: Mapa de distribució de *Tadarida teniotis*. En gris citacions sols comprovades abans de 1993. En negre citacions verificades després de 1993.

Figure 9: Records distribution of *Tadarida teniotis*. In grey verified records before 1993. In black verified records after 1993.



Foto 4: Ratapinyada de musell llarg (*Myotis myotis*).

Fig. 4: Greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*).

Mallorca. Les dades obtingudes durant 2007 han contribuït significativament a conèixer millor la distribució de les ratapinyades de Mallorca. La taula 1 mostra, per a cada illa Balear, les espècies observades i la freqüència de citacions de cadascuna d'elles. Les freqüències han estat calculades sense incloure les citacions de restes òssies, ja que era difícil determinar si les restes eren molt antigues o relativament recents. Les figures 1-9 corresponen als mapes de distribució de les diferents espècies de ratapinyades. Les prospeccions efectuades durant l'estiu a l'arxipèlag de Cabrera no han permès trobar cap colònia de *M. schreibersii* però han possibilitat obtenir informació sobre les característiques geomorfològiques i ambientals de les illes. Així l'arxipèlag és propici a la presència de ratapinyades fissurícoles que es refugien en els penyals de vora de la mar, com per exemple *T. tenuis* i *B. barbastellus*.

#### OCUPACIÓ ANUAL DE CAVITATS MALLORQUINES

La cova estudiada al terme municipal de Lluçmajor allotja una colònia de reproducció de 249 (234 – 264) *M. myotis*, 189 (180 – 198) *M. schreibersii* i 33 (24 – 42) *M. capaccinii*. D'altra banda, darrerament s'ha comprovat la presència a la cova de *Myotis nattereri*, espècie que no s'havia observat abans de 2005. Les primeres ratapinyades en arribar a la cavitat, a principis d'abril i

segons les variacions climatològiques anuals, són els *M. schreibersii* i els *M. capaccinii*. A mitjans d'abril arriba *M. myotis*. Les colònies de reproducció de *M. schreibersii* i *M. myotis* estan situades al sostre de la cova separades per pocs metres una de l'altra. Els *M. capaccinii* estan situats entre la colònia de *M. schreibersii*. Els parts se solen produir el mes de juny. Els juvenils inicien el vol a les 5 o 6 setmanes després del naixement (SERRA-COBO, 1989). Les ratapinyades comencen a abandonar la cova a primers d'agost. Com a conseqüència del present estudi i per tal de preservar la colònia, la Conselleria de Medi Ambient va limitar l'accés de la gent al refugi, col·locant una reixa amb barrots horitzontals que permetés el pas de les ratapinyades.

Des de la primavera fins la tardor, la cova del terme municipal d'Inca allotja una colònia pluriespecífica d'uns 672 (440-905) *M. myotis*, 117 (67-167) *M. schreibersii*, 59 (33-84) *M. capaccinii*, 41 (23-59) *M. nattereri*, 15 (8-21) *Rhinolophus ferrumequinum* i 6 (3-8) *Rhinolophus hipposideros*. Les dades referents al nombre d'individus corresponen fins l'any 2005. *M. myotis* i *M. nattereri* arriben a la cova a principis o mitjans d'abril, poc després arriben *M. schreibersii*, *M. capaccinii* i *R. ferrumequinum*. Els *R. hipposideros* presents a la cova solen ser mascles que es refugien aïlladament durant l'any. S'ha observat que totes les espècies, excepte *R. hipposideros*, es reproduïxen a la cova. El període de parts es produeix de mitjans de maig a finals de juny, essent *R.*



Foto 5: Ratapinyada gran de ferradura (*Rhinolophus ferrumequinum*).

Photo 5: Grosor horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*).

*ferrumequinum* la primera espècie en criar. Les ratapinyades comencen a abandonar el refugi a finals d'estiu. No s'ha pogut obtenir informació sobre l'ocupació durant el període hivernal degut a la dificultat que presenta l'exploració de la cova. Com a conseqüència del present estudi, la Conselleria de Medi Ambient també ha limitat l'accés de la gent a l'interior de la cova. La protecció estricta de la cavitat va produir un augment molt important de la colònia de ratapinyades, que l'any 2006 quasi havia duplicat la mida de la colònia.

La cova d'Alcúdia és una petita cavitat que allotja durant la primavera i la tardor una colònia pluriespecífica d'uns 85 (72-99) *M. capaccinii*, 132 (107-158) *M. myotis*, alguns *M. schreibersii* i esporàdicament s'hi refugia *R. ferrumequinum*. Durant l'estiu aquest refugi pot allotjar algun quiròpter, la major part mascles. És una cavitat amb un fort impacte antròpic, ja que l'entrada és molt visitada.

La cova de Pollença refugia durant la primavera i la tardor una colònia d'uns 242 (236-247) *M. schreibersii*, 208 (203-212) *M. capaccinii* i 6 (2-10) *M. myotis*. La major part dels quiròpters abandona la cova a finals de primavera. Durant l'estiu allotja alguns individus, la majoria mascles. Les ratapinyades arriben al refugi a finals d'estiu.

#### OCUPACIÓ ANUAL DE CAVITATS MENORQUINES

Un dels dos refugis d'Es Migjorn Gran està format per petites cavitats situades a la vora de la mar que allotgen colònies de cria d'uns 60 *R. ferrumequinum* i un nombre indeterminat de *M. emarginatus*.

La cova de Ferreries és un refugi d'hivernada que allotjava 2.244 (2152-2335) *M. schreibersii*, uns 20 *M. capaccinii* i ocasionalment un o dos *R. ferrumequinum*. Malauradament, el febrer de 2003 es va produir una mortalitat del 85 % de la colònia degut a la inundació total i sobtada de la cova com a conseqüència d'una pluja torrencial. Podríem dir que va ploure torrencialment a mitjans d'hivern com ho sol fer durant la primavera i la tardor quan no hi ha la colònia d'hivernada al refugi. A finals de la tardor, i segons les variacions climatològiques anuals, les femelles i els joves de l'any de *M. schreibersii* arriben a la cova. A finals d'hivern són els mascles els primers en abandonar el refugi (SERRA-COBO *et al.*, 1998). La cova allotja durant l'hivern la majoria de *M. schreibersii* de Menorca. Abans de la inundació, durant l'estiu s'hi podia refugiar una petita colònia formada majoritàriament per mascles. L'estiu de 2007 hem trobat una colònia d'uns 130 *M. capaccinii*. És la major agrupació d'aquesta espècie que es coneix a Menorca.

El refugi de Ciutadella allotja una colònia d'hivernada d'uns 63 (22-104) *R. ferrumequinum*, però també és utilitzada per *M. schreibersii* com a refugi ocasional d'hivern durant curts períodes de temps i com a refugi equinoccial de primavera i tardor. La cova allotja una colònia de reproducció d'uns 158 (83-233) *R. ferrumequinum* i un nombre indeterminat de *Myotis emarginatus*.

El segon refugi situat a Es Migjorn Gran pot allotjar durant tot l'any algun *R. ferrumequinum*. En el decurs de la primavera i a finals d'estiu serveix de refugi de pas, durant pocs dies, per a un nombre indeterminat de *M. schreibersii* i *M. capaccinii*.

## DESPLAÇAMENTS ESTACIONALS

La Taula 2 mostra el nombre d'individus anellats i recapturats, el percentatge d'individus que s'ha comprovat han canviat de refugi i la taxa de recaptura de cada espècie durant el període 1996-2006. La taxa de recaptura de *M. myotis* ha estat relativament elevada (26,32 %, Taula 2). Sols tres dels *M. myotis* anellats a Lluçmajor s'ha comprovat que s'hagin desplaçat vers la

cova d'Inca (els refugis estan separats per una distància aproximada de 35 Km) i un d'aquests individus va retornar a la cova de Lluçmajor. No s'ha verificat cap desplaçament de *M. myotis* anellat a Inca vers la colònia de Lluçmajor (AMENGUAL *et al.*, 2007a; SERRA-COBO *et al.*, 2007; Figura 10).

La taxa de recaptura de *M. schreibersii* ha estat la més elevada de les quatre espècies estudiades (40,29 %, Taula 2) i el percentatge d'individus recapturats que han canviat de refugi també ha estat relativament elevat (22,53 %). S'ha comprovat 8 i 4 trajectes diferents de *M. schreibersii* a Menorca i Mallorca, respectivament, i 2 trajectes més entre illes (Figura 10). Un *M. schreibersii* anellat a la cavitat d'Inca es va desplaçar cap a un altre refugi del terme de Pollença per després prosseguir el desplaçament fins la cova de Ferreries a Menorca (la distància en línia recta entre la cova de Pollença i la de Ferreries és de 86 km) (AMENGUAL *et al.*, 2007a; SERRA-COBO *et al.*, 2007; Figura 10).

La taxa de recaptura de *M. capaccinii* ha estat relativament baixa (8,11 %, mentre que el percentatge d'individus recapturats que han canviat de refugi és relativament elevat (33,33 %, Taula 2). S'han verificat 3 tra-

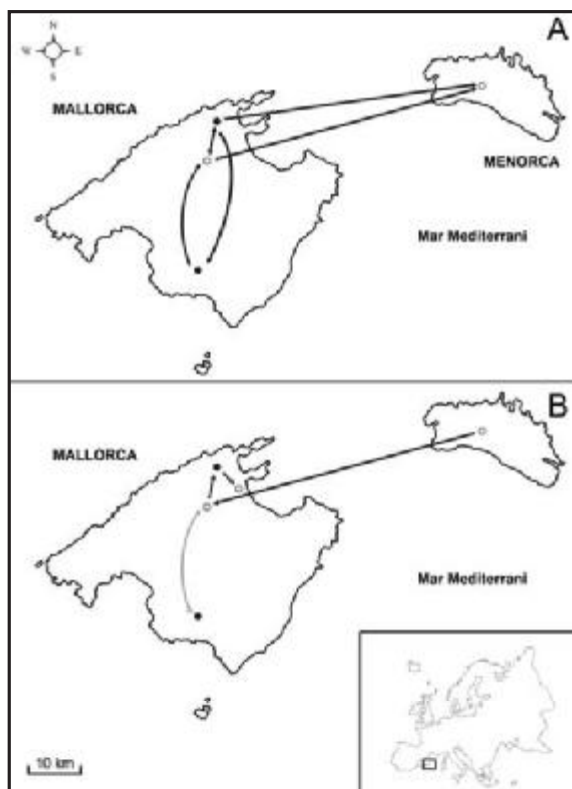


Figura 10: Moviments estacionals de ratapinyades de colònies mallorquines. Els punts negres indiquen refugis on s'allotja *M. schreibersii*, *M. capaccinii* i *M. myotis*. Els punts grisos indiquen la presència de *R. ferrumequinum*. A. Moviments estacionals de *M. schreibersii*. B. Moviments estacionals de *M. myotis* (color gris) i *M. capaccinii* (color negre).

Figure 10: Seasonal movements of Mallorcan bats colonies. The black points indicate refuges where lodges *Myotis schreibersii*, *Myotis capaccinii* and *M. myotis*. The gray points indicate the presence of *R. ferrumequinum*. A. Seasonal movements of *M. schreibersii*. B. Seasonal movements of *M. myotis* (gray) and *M. capaccinii* (black).

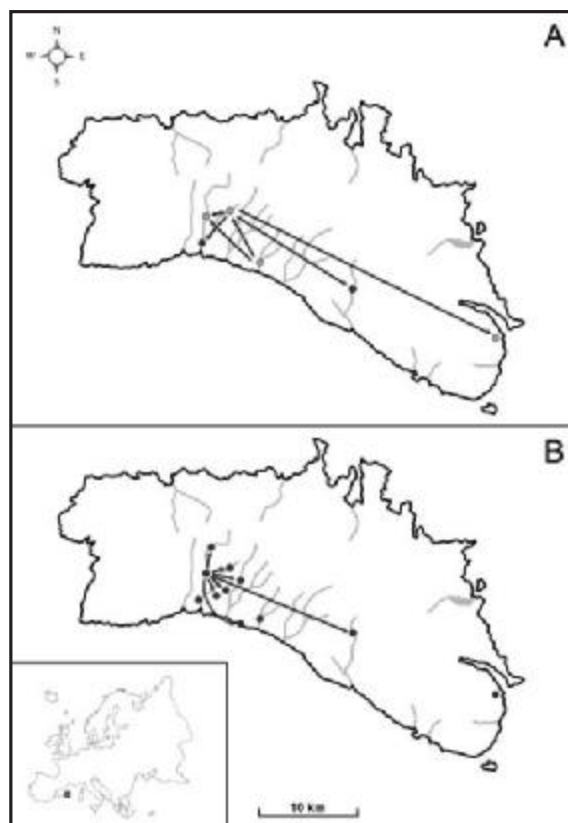


Figura 11: Moviments estacionals de ratapinyades de colònies menorquines. A. Moviments estacionals de *M. schreibersii*. Els punts grisos són refugis on també s'hi allotja *M. capaccinii*. B. Moviments estacionals de *R. ferrumequinum*.

Figure 11: Seasonal movements of Menorcan bats colonies. A. Seasonal movements of *M. schreibersii*. The gray points indicate refuges where also lodges *M. capaccinii*. B. Seasonal movements of *R. ferrumequinum*.

Sp <sup>a</sup>	NA <sup>b</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>d</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>f</sup>	5 <sup>g</sup>	RCR <sup>h</sup>	TR <sup>i</sup>
<i>M.s.</i>	1432	28,49	9,71	1,75	0,35	0	22,53 %	40,29 %
<i>M.c.</i>	148	7,43	0,68	0	0	0	33,33 %	8,11 %
<i>M.m.</i>	1216	17,43	6,17	1,81	0,82	0,08	0,94 %	26,32 %
<i>R.f.</i>	276	19,57	2,90	0,36	0	0	9,52 %	22,83 %

<sup>a</sup>Sp = Espècies anellades: *M.s.*, *M. schreibersii*; *M.c.*, *M. capaccinii*; *M.m.*, *M. myotis*; *R.f.*, *R. ferrumequinum*.  
<sup>b</sup>NA = Nombre d'individus anellats.  
<sup>c</sup>1, <sup>d</sup>2, <sup>e</sup>3, <sup>f</sup>4 i <sup>g</sup>5 = Percentatge d'individus recapturats en una, dues, tres, quatre o cinc ocasions.  
<sup>h</sup>RCR = Percentatge d'individus recapturats que han canviat de refugi.  
<sup>i</sup>TR = Taxa de recaptura.

Taula 2: Resultats de les campanyes d'anellaments realitzades.

jectes diferents per a l'espècie (Figura 10). El desplaçament més important el va realitzar una femella de *M. capaccinii* anellada a la cova de Ferreries a Menorca que va ser recapturada un mes i mig més tard a la cova mallorquina d'Inca. És la primera vegada que es comprova el desplaçament estacional de *M. schreibersii* i *M. capaccinii* entre dues illes de l'arxipèlag Balear (AMENGUAL *et al.*, 2007a; SERRA-COBO *et al.*, 2007). Els resultats mostren que no hi ha aïllament poblacional entre les colònies menorquines i mallorquines de *M. schreibersii* i *M. capaccinii*.

*R. ferrumequinum* efectua desplaçaments més curts i irregulars que *M. schreibersii*. S'han comprovat 7 trajectes diferents a Menorca (Figura 11).

L'estudi ha permès obtenir dades de longevitat de *M. myotis* a Mallorca. En aquest sentit, el 2004 es varen recapturar 3 *M. myotis* anellats el 1996, els quals tenien com a mínim 8 anys d'edat i el 2006 s'ha recapturat un *M. myotis* anellat l'any 1997, el qual tenia com a mínim 9 anys.

## Discussió

L'estudi sobre la distribució de les espècies de quípters a les Illes Balears és encara parcial i manca major esforç prospectiu especialment a les illes d'Eivissa i de Cabrera. Això no obstant, les dades obtingudes fins ara ja indiquen algunes característiques faunístiques destacables. Les espècies més abundants a Balears són *P. pipistrellus*, *P. kuhlii* i *T. teniotis* (Fotografies 6-8). Les dues primeres són espècies ubiqüistes amb acusat caràcter antropòfil, que es refugien ja sigui a les escletxes de les roques, als teulats de les cases o a les abundants parets seques de les Balears. La darrera espècie és fissurícola i es refugia als nombrosos penya-segats de vora mar i de l'interior de les illes. Fins i tot, hem observat una nombrosa colònia de *T. teniotis* en la junta de separació de dos edificis situats al centre de Ciutat de Mallorca. Existeixen diferències en la composició de les comunitats de ratapinyades de cada illa, ja sigui en les espècies presents com en la freqüència de cadascuna d'elles. Així per exemple, l'espècie més freqüent a Mallorca és *P. pipistrellus*, la qual es refugia tant a construccions humanes com a escletxes de roques i

forats dels arbres. No succeeix el mateix a Sa Dragonera on l'espècie predominant és *T. teniotis*, ratapinyada fissurícola que troba en els penyals de l'illa un lloc adient per refugiar-se. *R. ferrumequinum* és molt més freqüent a Menorca que a Mallorca on es refugia ja sigui a cavitats naturals com a mines i soterranis. Les colònies de *M. myotis* només s'han observat a Mallorca, si bé han estat presents en altres illes com ho han mostrat els treballs realitzats per ALCOVER (2003). En alguns casos l'absència d'algunes espècies en una illa concreta sembla ser deguda a un procés d'extinció (ALCOVER i MUNTANER, 1986; ALCOVER, 2003), en el què a més a més de la possible incidència humana s'hi podrien haver afegit fenòmens d'exclusió competitiva entre espècies de ratapinyades (BEGON *et al.*, 1988). Igualment, és interessant destacar l'abundància i l'elevada freqüència que presenta *P. kuhlii* a Menorca i Mallorca, especialment a la primera illa on la freqüència és major que la de *P. pipistrellus*. Mallorca és l'illa que ofereix major diversitat d'ambients per a les ratapinyades i, per tant, no és estrany que presenti major nombre d'espècies (Taula 1). De la fauna quíptero-lògica de Mallorca sobte l'abundància de *N. leisleri*, espècie desconeguda fins fa pocs anys a l'illa. També crida l'atenció l'absència de citacions de *M. emarginatus*, la qual molt probablement sigui present a Mallorca. Pel que fa referència a l'arxipèlag de Cabrera, cal destacar l'abandonament de la cova des Burri, per causes desconegudes, per part de la colònia de *M. schreibersii*. Tenint en compte la capacitat que té l'espècie per volar sobre la mar, la colònia de *M. schreibersii* de Cabrera havia d'estar relacionada amb les agrupacions meridionals mallorquines. Això no obstant, és probable que algun *M. schreibersii* utilitzi ocasionalment la cova des Burri per refugiar-se. Els abundants penyals de Cabrera que hi ha vora de la mar fan preveure que una de les espècies predominants a l'illa ha de ser *T. teniotis*.

Les ratapinyades tenen diferents requisits segons sigui l'estació de l'any, fet que comporta que moltes espècies canviïn de refugi. En aquest sentit existeix una estreta relació entre les característiques morfològiques i ambientals del refugi i de l'entorn on aquest està situat i el cicle de vida i els requeriments ecològics de cada espècie. Es distingeixen tres categories d'espècies segons siguin els seus desplaçaments estacionals: hi ha quípters sedentaris, com per exemple *R. ferrumequinum*, que se solen desplaçar entre localitats relativa-



Foto 6: Ratapinyada comuna (*Eptesicus pipistrellus*).

Figura 6: Pipistrelle (*Eptesicus pipistrellus*).

ment properes les unes amb les altres i, per tant, realitzen desplaçaments anuals curts; altres ratapinyades, com per exemple *M. schreibersii*, poden realitzar desplaçaments estacionals regionals de diversos centenars de quilòmetres (SERRA-COBO *et al.*, 1998); i finalment, hi ha espècies migradores de llargues distàncies que poden recórrer més de 1.500 Km, com per exemple *Nyctalus leisleri* (HUTTERER *et al.*, 2005). El nostre estudi ha analitzat els desplaçaments d'espècies sedentàries i migradores regionals i ha aportat les primeres dades de moviments estacionals de ratapinyades per a les Illes Balears (AMENGUAL *et al.*, 2007a; SERRA-COBO *et al.*, 2007).

Els desplaçaments de *R. ferrumequinum* i *M. myotis* comprovats són de molt curta distància, però il·lustren la dinàmica anual de les dues espècies. Les coves de Ciutadella i d'Es Migjorn Gran situada a la costa allotgen des de finals de primavera i durant l'estiu bona part dels *R. ferrumequinum* de la meitat meridional de Menorca, característica summament important a tenir en compte en la gestió de l'espècie. Una part de les colònies de *R. ferrumequinum* d'aquestes dues coves es distribueixen a finals d'estiu en petits grups o isoladament vers un nombre relativament elevat de cavitats menorquines situades principalment al sector sud i est de l'illa. Això no obstant, no totes les ratapinyades abandonen la cova de Ciutadella després del període de reproducció, una colònia de ratapinyades grans de

ferradura relativament nombrosa es sol refugiar en aquesta cova des de la tardor fins la primavera. Pel que fa referència a *M. myotis* és una espècie molt fidel als seus refugis de reproducció. Així ho mostra l'escàs intercanvi entre les coves d'Inca i de Lluçmajor, malgrat estar situades a relativament pocs quilòmetres de distància (35 Km en línia recta). La cova d'Inca agrupa la major colònia de *M. myotis* coneguda a Mallorca i és un dels refugis quiropterològics amb major valor ecològic de les Illes Balears.

*M. schreibersii* i *M. capaccinii* són dues espècies migradores regionals capaces de realitzar vols relativament ràpids. Les distàncies que recorren en els seus desplaçaments estacionals és força variable. Aquestes espècies es mouen entre els refugis càlids d'estiu i els refugis d'hivern caracteritzats per temperatura baixa i força constant i humitat relativa elevada (SERRA-COBO, 1990, 1992). Els moviments estacionals de *M. schreibersii* són dels més coneguts d'Europa (HUTTERER *et al.*, 2005). Així per exemple, hi ha força informació sobre els desplaçaments que l'espècie efectua a Catalunya. La distància mitjana entre els refugis d'estiu i d'hivern de *M. schreibersii* és de 120 Km (SERRA-COBO *et al.*, 1998). Contràriament al que succeeix amb la ratapinyada de cova (*M. schreibersii*), els desplaçaments de *M. capaccinii* són poc coneguts. Els escassos estudis realitzats semblen indicar que aquesta espècie efectua moviments curts de 40 a 50 Km (PAUNOVIC,



Foto 7: Ratapinyada de vores clares (*Pipistrellus kuhlii*).

Foto 7: Kuhlí: ratapinyada (*Pipistrellus kuhlii*).

1997a, 1997b, 1998; PAUNOVIC i KARAPANDZA, 1999). El major recorregut verificat ha estat de 140 Km (HUTTERER *et al.*, 2005). En general, hi ha molt poca informació sobre els desplaçaments que les ratapinyades realitzen sobre la mar. Intercanvis entre colònies de quiròpters situades a diferents illes d'un arxipèlag sols s'havien descrit a les illes de Malta on les distàncies entre illes són mínimes (HUTTERER *et al.*, 2005). Els *M. schreibersii* de Mallorca i Menorca es comporten com a migradors regionals, si bé els seus desplaçaments solen ser més curts i no segueixen patrons tant definits com els realitzats en el continent europeu (SERRA-COBO *et al.*, 1998). Això és degut a les distàncies relativament curtes que hi ha entre els refugis d'una mateixa illa que els permet canviar amb facilitat d'una cavitat a l'altra. Això no obstant, s'ha comprovat que alguns individus realitzen desplaçaments superiors als 100 Km i són capaços de volar sobre la mar i canviar d'illa. Hi ha femelles que es reproduïxen a la cova mallorquina d'Inca que es desplacen primer vers l'extrem septentrional de la Serra de Tramuntana i posteriorment migren vers la costa meridional menorquina, per hivernar a la cova de Ferreries (Figura 10). El barranc d'Algendar és important en aquest desplaçament, ja que ofereix cavitats equinoccials de pas en les que els *M. schreibersii* reposen i troben abundants recursos tròfics abans d'anar a hivernar a la cova de Ferreries.

Els *M. schreibersii* de la cova de Ferreries abandonen la cavitat a finals d'hivern. La majoria es desplacen vers la cova de Ciutadella, on romanen algunes setmanes, i després segueixen el barranc d'Algendar cap a la costa sud des d'on es distribueixen per les cavitats dels barrancs. Un petit grup de ratapinyades (fins ara no ha estat possible quantificar-lo) es desplaça vers les costes septentrionals mallorquines. És important destacar la gran importància ecològica que tenen els barrancs menorquins per a les poblacions de quiròpters, en especial el barranc d'Algendar, que ofereix nombrosos refugis i recursos tròfics durant tot l'any.

Menys coneguts són els desplaçaments estacionals dels *M. schreibersii* de Mallorca. La gran quantitat de cavitats que hi ha a l'illa i l'actual abandonament d'algunes de les coves en les que es refugiava l'espècie, han dificultat el seguiment de *M. schreibersii* a Mallorca. Una fracció de la colònia que es reproduïx a la cova d'Inca es desplaça a finals d'estiu vers la cova de Pollença. En aquesta darrera cavitat es queda durant la tardor i probablement és on les ratapinyades s'aparellen. Les ratapinyades tornen a freqüentar la cova de Pollença a principis de primavera, per desplaçar-se de nou a la cova d'Inca.

Els *M. capaccinii* també es comporten com a migradors regionals a les Illes Balears. És una espècie que presenta força mobilitat entre refugis, com ho indica l'elevat percentatge d'individus que han canviat de refugi (Taula 2).



Foto 8: Ratapinyada de cua llarga (*Tadarida tenisoni*).

Figura 8: Forquanon lloc: lloc del lloc (*Tadarida tenisoni*).

Les dades obtingudes demostren que hi ha intercanvi de ratapinyades entre Mallorca i Menorca i que aquests desplaçaments succeeixen en ambdues direccions. La distància entre les costes més properes de Mallorca i Menorca oscil·la entre els 40 i els 51 Km, aproximadament. Els nostres resultats indiquen l'existència de moviments estacionals entre ambdues illes i mostren la capacitat que tenen aquestes espècies per orientar-se i recórrer distàncies de com a mínim 40 Km sobre la mar (AMENGUAL *et al.*, 2007a). Estudis precedents havien mostrat que *M. schreibersii* utilitza marques de terreny, com per exemple barrancs, rius i penyals, per orientar-se en el decurs dels seus desplaçaments estacionals (SERRA-COBO *et al.*, 2000). Els *M. schreibersii* i els *M. capaccinii* de Balears són capaços de volar sobre la mar en absència de marques de terreny.

La possibilitat de que es produeixin intercanvis entre colònies de ratapinyades de Mallorca i Menorca és un important factor a tenir en compte en estudis epidemiològics sobre les virasis dels quiròpters (SERRA-COBO *et al.*, 2002; AMENGUAL *et al.*, 2007b). Alhora, l'existència d'intercanvis de *M. schreibersii* i *M. capaccinii* entre illes és una característica molt important a tenir en compte alhora de prendre mesures de conservació, ja que les actuacions efectuades en una de les illes poden tenir conseqüències en l'altra.

## Agraïments

Els autors agraeixen el suport rebut per les Conselleries de Medi Ambient i de Salut i Consum de les Illes Balears, així com la col·laboració en els treballs de camp d'Auri Ripoll, Marta Torres, Oliver Mas, Carmen Orellana, Jaume Gual, Joan Perelló, Jaume Salvà, Miquel Truyol, Guillem Triay i José Antonio Encinas.

## Bibliografia

- ALCOVER, J.A. (1977): Segona dada de *Tadarida tenisoni* (Raf., 1814) (*Chiroptera: Myotis*), a l'illa de Mallorca. *Fauna*, 4: 43-44.
- ALCOVER, J.A. (1988): *Les ratapinyades de les Balears*. Ed. Moll 192 pp. Palma de Mallorca.
- ALCOVER, J.A. (2003): Les rates pinyades (Mammalia: Chiroptera) fòssils del jaciment paleontològic del Pouàs (St. Antoni de Portmany, Eivissa). *Fauna*, 25: 141-154.
- ALCOVER, J.A. i MUNTANER, J. (1986): Els quiròpters de les Balears i Pitiuses: una revisió. *Fauna*, 12: 51-63.
- AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M. i SERRA-COBO, J. (2007a): First record of seasonal over sea migration of *Myotis schreibersii* and *Myotis capaccinii* between Balearic Islands (Spain). *Acta Chiropterologica*, 3: 319-322.
- AMENGUAL, B.; BOURHY, H.; LÓPEZ-ROIG, M. i SERRA-COBO, J. (2007b): Temporal dynamics of European Bat Lyssavirus type 1 and survival of *Myotis myotis* bats in natural colonies. *PLoS ONE*, June, Issue 6, e566.
- BALCELLS, E. (1964): Estudio de las Pitiusas. *Supl. An. Zool.*, 1: 29-31.



- BALCELLS, E. (1968): Interesantes datos faunísticos y biológicos de la cueva "Sa Guitarreta" de Llucmajor. *Rev. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 2: 3-4.
- BEGON, M.; HARPER, J.L. i TOWNSEND, C.R. (1988): *Ecología. Introducción a la ecología, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega 886 pp. Barcelona.
- COMPTÉ, A. (1966): Resultados de una expedición zoológica a las Islas Pitiusas. I Vertebrados. *Rev. R. Soc. Española Hist. Nat.* (Biol.), 64: 15-46.
- COURTOIS, J.-Y., BEUNEUX, G. i FAGGIO, G. (1999): Première observation de la Grande Noctule, *Nyctalus lasiopterus*, en Corse. *Arch. Zool.*, 11 (2): 32.
- GINÉS, A. (1982). Inventario de las especies cavernícolas de las Islas Baleares. *Environ.* 9: 57-75.
- GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; BARCELÓ, M.A. i BOVER, P. (2006): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 8: mineria al voltant des coll des Vent (Palma, Mallorca). *Environ.* 29: 99 - 120.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. i VADELL, M. (2003): Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Environ.* 25: 43-86.
- HUTTERER, R.; IVANOVA, T.; MEYER-CORDS, C. i RODRIGUES, L. (2005): *Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature*. Federal Agency for Nature Conservation., Bonn, 162 pp.
- NOBLET, J.F. (1995): Els quiròpters del Parc Natural de S'Albufera de Mallorca. *Revista Soc. Hist. Nat. Baleares*, 4: 169-173.
- PAUNOVIC, M. (1997a): The history, results and problems of bat ringing in FR of Yugoslavia. *Материјали саопшћених научних конференција и зборних радова*, V: 360-365.
- PAUNOVIC, M. (1997b): First results of bat ringing in Zlotska Klisura Gorge. *Материјали саопшћених научних конференција и зборних радова*, V: 366-371.
- PAUNOVIC, M. (1998): New results of bat marking (Mammalia, Chiroptera) in Eastern Serbia. *Материјали саопшћених научних конференција и зборних радова*, VI: 243-246.
- PAUNOVIC, M. i KARAPANDZA, M. (1999). Bat fauna of Valjevo area (Western Serbia). Pp. 47-48, in *Билтен Института за заштиту природе Србије*. Abstracts of the VIII European Bat Research Sympose 23-27 August 1999 (M. Cruz i K. Kozakiewicz, eds.). Institute of Animal Systematics and Evolution, Krakow, Poland, 86 pp.
- POLLOCK, R.H.; NICHOLS, J.A.; BROWNE, C. i HINES, J.E. (1990): Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildl. Monogr.*, 107: 1-97.
- PONS, G.; BENZAL, J.; HINCHCLIFFE, G. i STRACHAN, R. (1983): Murciélagos (Mammalia, Chiroptera) del archipiélago de Cabrera. Evaluación de las poblaciones y propuestas de conservación. *Environ.* 19: 37-41.
- QUETGLAS, J. (1997): New records of bats (Chiroptera) for Minorca, Balearic Islands, Western Mediterranean Sea. *Mammalia*, 6(14): 611-614.
- SERRA-COBO, J. (1989): Primary results of the study on *Miniopterus schreibersii* growth. *Fourth European Bat Research Symposium 1987*, 169-173. Praga.
- SERRA-COBO, J. (1990): Estudi de la biologia i ecologia de *Miniopterus schreibersii*. *Rev. Soc. Hist. Nat. Mallorca*. Resum microfites del text de la tesis.
- SERRA-COBO, J. (1992): Contribution to the chorology and biology of *Myotis capaccinii* (Bonaparte, 1837) in Spain. In: Prague Studies in Mammalogy. I.Horáček i V.Vohralík (eds). Charles University Press, 183-188, Praha.
- SERRA-COBO, J.; SANZ, V. i MARTÍNEZ-RICA, J.P. (1998): Migratory movements of *Miniopterus schreibersii* in the north-east of Spain. *Acta Theriologica*, 43(3): 271-283.
- SERRA-COBO, J.; LÓPEZ, M.; MARQUÈS, T. i LAHUERTA, E. (2000): Rivers as possible landmarks in the orientation flight of *Miniopterus schreibersii*. *Acta Theriologica*, 45(3): 347-352.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; ABELLAN, C. i BOURHY, H. (2002): European Bat Lyssavirus Infection in Spanish Bat Populations. *Emerging Infectious Diseases*, 8(4): 413-420.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M.; MÁRQUEZ, J.; TORRES, M.; RIPOLL, A.; SÁNCHEZ, A. i OLIVER, J.A. (2007): Catorze anys d'estudis quiropterològics a les Illes Balears (1993-2006). *Rev. Soc. Nat. Baleares*, 49: 89-107.
- VADELL, M.; ZARAGOZA, J.A.; BARCELÓ, M.A. i CRESPI, D. (2005): Aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola en el conjunto de las Caves del Pilar (Palma, Mallorca). *Environ.* 27: 75-92.
- VERICAD, J.R. i BALCELLS, E. (1965): Fauna mastozoológica de las Pitiusas. *Rev. R. Soc. Española Hist. Nat.* (Biol.), 63: 233-264.

## LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA. ZONA 9: SON BORONAT-L'HOSTALET (Calvià, Mallorca)

per Damià CRESPI<sup>2,4</sup>, Antelm GINARD<sup>1,3</sup>, Damià VICENS<sup>2,3,5</sup>, Mateu VADELL<sup>1,3,4</sup> i Miquel Àngel BARCELÓ<sup>1</sup>

### Resum

Es presenta la descripció i topografia de 18 cavitats del SO de la serra de na Burguesa, entre les quals destaquen l'avenc de sa Botilla de 42 m de fondària i l'avenc des Xuclamel de 27 m i que pot representar un tipus d'espeleogènesi poc freqüent a la serra de na Burguesa relacionat amb la dinàmica del penya-segat proper. Una de les cavitats de la nostra zona d'estudi (la cova de Son Boronat) és un jaciment arqueològic de gran importància per a la prehistòria balear i altres cavitats conserven restes d'haver estat utilitzades en el passat per diversos usos (establació, refugi de pastors o carboners, etc...).

### Resumen

Se presenta la descripción y topografía de 18 cavidades de la zona SO de la Serra de Na Burguesa, entre las que destacan el Avenc de sa Botilla de 42 m de profundidad y el Avenc des Xuclamel de 27 m y que podría corresponder a un tipo de espeleogénesis poco habitual en la Serra de na Burguesa, relacionado con la dinámica del acantilado situado a corta distancia. Una de las cavidades que se halla en nuestra zona de estudio (la Cova de Son Boronat) proporcionó un yacimiento arqueológico de gran importancia para la prehistoria balear, otras cavidades conservan rastros que delatan usos tradicionales (establación, refugio para pastores o carboneros, etc...).

### Abstract

We present the descriptions and surveys of 18 caves on the south-west part of the Serra de na Burguesa, out of which we highlight Avenc de sa Botilla, reaching -42 m, and Avenc des Xuclamel, reaching -27 m, which could represent a type of cave-genesis unfrquent on the Serra de na Burguesa related to cliff dynamics. One of the caves in the northern part of the study area (the Cova de Son Boronat) is an archaeological site of great importance for the Balearic pre-history and other caves contain remains that indicate they were put to diverse uses in the past (animal pens, shelters for shepherds and charcoalers, etc. ...)

## Introducció

El primer grup espeleològic que es va interessar per la serra de na Burguesa va ser l'Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME) devers la dècada dels cinquanta

del segle passat. Iniciaren un estudi sistemàtic que es va centrar en el sector est de la serra, als voltants de la Vileta, en el terme de Palma (VICENS i PLA, 2001). Com a altre autor destacat també podem citar MONTORIOL (1963), que efectua diverses tasques espeleològiques per la badia de Palma i realitza les topografies de les coves del Pilar i des Coloms.

Anys després de la primera catalogació sistemàtica de la serra, Miquel Àngel Barceló segueix la tasca a s'Hostalet en el terme de Calvià, fruit del treball iniciat pel grup EST als anys setanta (BARCELÓ, 1992). L'estudi s'ha continuat per un equip d'espeleòlegs que perdura fins hores d'ara, i que han centrat el seu estudi a

- 
- 1 Grup Espeleològic EST. Palma.
  - 2 Secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca. Palma.
  - 3 Societat d'Història Natural de les Balears. Margarida Xirgú, 16, baixos. E-07011. Palma.
  - 4 Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Ctra. Palma-Port de Sóller, km 30,5. E-07100. Sóller.
  - 5 Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma.

naburguesa@gmail.com

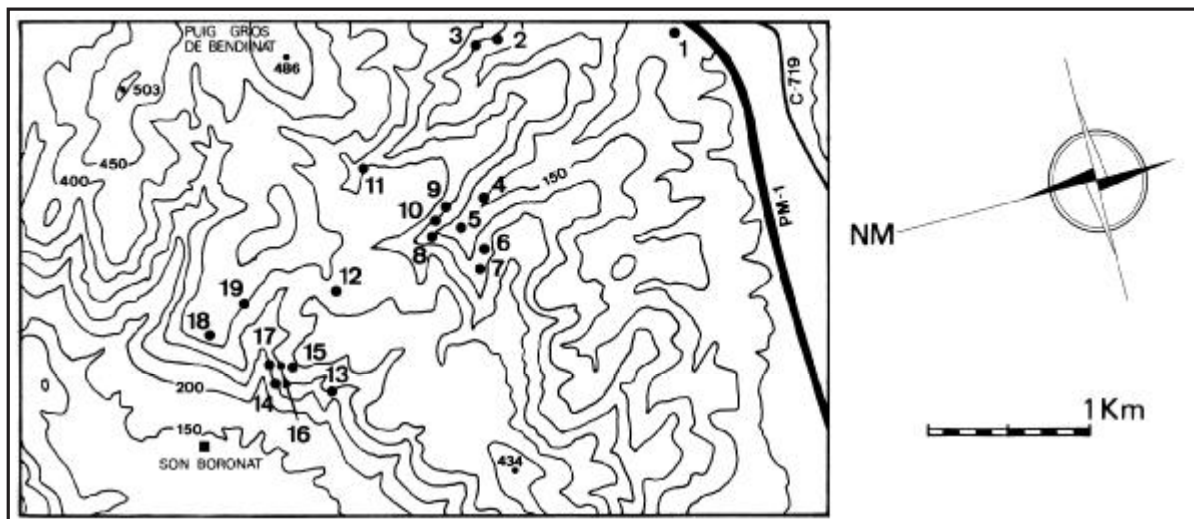


Figura 1: Mapa de la zona amb la situació de les cavitats: 1) cova de sa Palla, 2) balma de ses Porrasses, 3) cova des Pedrís, 4) balma de sa Sitja, 5) cova des Romaní, 6) balma de sa Pedrera de Guix, 7) balma de sa Ceba Marina, 8) arc de sa Coma des Clot des Cero, 9) balma de s'Olivella, 10) cova des Boc, 11) cova des Corral d'en Ferrer, 12) avenc de sa Botilla, 13) cova de Son Boronat, 14) cova de sa Garlanda, 15) balma de sa Rapa, 16) balma des Pa Porcí, 17) balma de ses Ortigues, 18) avenc des Xuclamel, 19) cova de ses Cabres.

Figura 1: Topographic map of the caves.

la serra (GRÀCIA *et al.*, 1997; BARCELÓ *et al.*, 1998; VICENS *et al.*, 2000; CRESPI *et al.* 2001; BARCELÓ *et al.*, 2003; BOVER *et al.*, 2004; VICENS *et al.*, 2005 i GINARD *et al.*, 2006) i també per un altre equip (DOT i SÁNCHEZ, 2004). La topografia del clot des Cero, que és una de les cavitats de la serra de na Burguesa que es troba dins de la nostra zona d'estudi, la trobam en un treball dirigit a mostrar les seves peculiaritats microclimàtiques (GINÉS i GINÉS, 1992).

Des d'antic, la serra de na Burguesa, per la proximitat al nucli urbà de Palma, ha sofert l'explotació per part dels carboners i l'explotació minera del guix, de la calç i dels àrids. Moltes de les traces d'aquests usos tradicionals perduren en l'actualitat. Les cavitats d'aquest entorn no han estat alienes a aquestes activitats i han servit com a refugi de carboners i pastors, o han estat directament objecte de les explotacions de guix (coves del Pilar, VICENS *et al.*, 2005) o fins i tot de roques decoratives (coves des Màrmol).

Els jaciments de guix es troben dispersos per la serra de na Burguesa. Actualment només estan en explotació dues pedreres a la part sudoccidental (ses Vinyes i es Clot d'en Dalmau), properes a la zona d'aquest estudi, que mantenen un volum d'explotació apreciable (58.695 tones entre les dues el 2003 segons dades de la Conselleria de Comerç, Indústria i Energia del Govern Balear). Les pedreres del sector nordoriental es troben abandonades, amb tota certesa a causa de la seva irregular distribució espacial i a la manca de riquesa mineral del jaciment (BOVER *et al.*, 2004).

Referent als jaciments arqueològics, poc nombrosos a la serra de na Burguesa (GUERRERO, 1982), cal destacar el jaciment funerari del talaiòtic final de la cova de Son Boronat (situat a la nostra zona d'estudi), excavat l'any 1978 (GUERRERO, 1979).

## Situació geogràfica

El present treball se centra en la zona entre Son Boronat i les comes des Clot des Cero i des Mussol. La muntanya més elevada de la zona és na Boira de 399 m d'alçada, situada a uns 700 m a l'est de la finca de Son Boronat. Altres accidents destacats són el puig de Vilarrassa (379 m), el puig des Corral d'en Ferrer i el penyal des Corbs. Al vessant SE de la serra de na Burguesa trobam comes i barrancs de fondària considerable; entre aquests destaquem la coma des Clot des Cero, que té l'encapçalament a prop d'aquesta coneguda cavitat i que es dirigeix cap a la urbanització de la Costa d'en Blanes, i la coma des Mussol paral·lela a aquesta i situada més al NE.

## Situació geològica

Tal com ja s'ha comentat en treballs anteriors, la serra de na Burguesa es correspon amb dues alineacions muntanyoses de direcció NE-SO que culminen amb el puig Gros de Bendinat en el S i amb el puig des Cans en el N. Des del punt de vista geològic cadascuna de les dues alineacions de muntanyes correspon a un plec d'inflexió de falla, més o menys complex, vergent al NO, però la septentrional desplaçada 1,5 km més al NO que la meridional (GELABERT, 1998). En la zona d'estudi del present treball ens trobam en el bloc meridional de la serra de na Burguesa.

L'orientació general dels plecs anticlinals i sinclinals lligats a l'estructura de na Burguesa és NE-SO, perpen-



Foto 1: Cova des Romani, pot veure's l'entrada modificada per l'home.  
(Foto: Mateu Vadell)

Photo 1: Cova des Romani. The man-modified entrance can be seen.  
(Photo: Mateu Vadell)

dicular al sentit del transport tectònic (GELABERT, 1998). Hi ha falles normals que es produïren posteriorment a la formació dels encavalcaments. Les direccions d'aquestes solen ser NE-SO i NO-SE (ITGE, 1991).

La majoria de cavitats de la serra de na Burguesa es troben en materials del Lias inferior (ITGE, 1991). Aquesta és una unitat massiva formada per dolomies sovint bretxades (FORNÓS i GELABERT, 1995). Algunes cavitats, sobretot en el sector més septentrional, es desenvolupen en materials del Retià (Triàsic superior). Aquests estan formats per dolomies, carniols i algunes intercalacions margoses (FORNÓS i GELABERT, 1995). En les zones profundes de certes cavitats es troben els guixos del Keuper (Triàsic superior), que a la serra de na Burguesa estan formats per guixos sacaroides amb una laminació poc visible (VICENS *et al.*, 2005).

## Espeleogènesi

El primer en tractar el tema de l'espeleogènesi a la nostra zona d'estudi fou CAÑIGUERAL (1949), i diu que les coves de la serra de na Burguesa, que acompanyen els jaciments de guix, són el resultat de la dissolució d'aquests i posa com a exemple les coves del Pilar, les de Gènova i Calvià. Posteriorment tenim el treball de

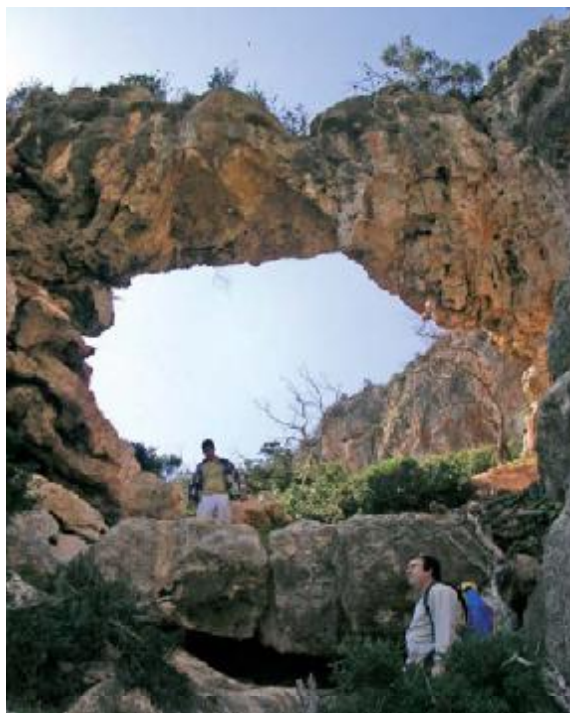


Foto 2: Arc de sa Coma des Clot des Cero, pot apreciar-se l'alçada de l'arc. (Foto: Mateu Vadell)

Photo 2: Arch from sa Coma des Clot des Cero; the height of the arch can be appreciated. (Photo: Mateu Vadell)



Foto 3: Cova des Corral d'en Ferrer, localitzada a prop del fons del barranc, ha estat modificada per la mà de l'home. (Foto: Damià Vicens)

Photo 3: Cova des Corral d'en Ferrer, located near the bottom of the gully, has been modified by the hand of man. (Photo: Damià Vicens)



Foto 4: Davallada de la sala Principal de l'avenc de sa Botilla. (Foto: Mateu Vadell).

Photo 4: Going down the Sala Principal of Avenc de sa Botilla. (Photo: Mateu Vadell).

MONTORIOL (1963) en què atribueix la formació de coves en la serra de na Burguesa a processos de circulació de les aigües.

En treballs anteriors ja hem discutit com són d'importants els fenòmens de col·lapse en la formació de cavitats en la serra de na Burguesa (BARCELÓ, 1992; GRÀCIA *et al.*, 1997; BARCELÓ *et al.*, 1998; VICENS *et al.*, 2000; CRESPI *et al.*, 2001; BARCELÓ *et al.*, 2003; VICENS *et al.*, 2005). De fet les nostres cavitats s'englobarien en la tipologia de *cambres de col·lapse* (*collapse chambers*) descrites per GINÉS (2000), que en la bibliografia més antiga apareixen anomenades coves clàstiques o megaclàstiques (GINÉS, 1995; BARCELÓ, 1992). En alguns casos els fenòmens de col·lapse se superposen uns als altres formant cavitats de plantes molt complexes. Aquest és el cas de la covota des Puig Gros de Bendinat (VICENS *et al.*, 2000) de la cova des Coloms (BARCELÓ *et al.*, 2003) i de les coves del Pilar (VICENS *et al.*, 2005).

Per a la formació d'aquestes cambres de col·lapse és necessari que es formin buits per la dissolució de la roca. Tenim evidències de dissolució de la roca carbonatada en l'avenc-cova de na Picacento, que presenta morfologies semblants a les de conducció (BARCELÓ, 1992), algunes altres coves de la serra de na Burguesa presenten morfologies menors de dissolució que en alguns casos podria estar relacionada amb processos subedàfics: cova de s'Agre d'en Massip (CRESPI *et al.*, 2001), rampa de ses Columnes de les coves del Pilar i cova dets Escolapis (VICENS *et al.*, 2005). En el cas de



Foto 5: Interior de l'avenc de sa Botilla (Foto: Mateu Vadell).

Photo 5: Inside Avenc de sa Botilla (Photo: Mateu Vadell).

la cova de ses Cadeneres s'han vist morfologies de dissolució (cúpules de dissolució i un pont de roca) que s'haurien d'haver produït a una major profunditat, ja que la cova (actualment amenaçada pel reompliment de la pedrera amb enderrocs) es troba al mig de la paret del tall d'una pedrera (CRESPÍ *et al.*, 2001).

En altres casos, la dissolució que ha format el buit de la cavitat s'ha produït en els guixos triàsics subjacents. S'han pogut observar clarament morfologies de dissolució en guixos en les mines que es troben sota la caverna des Caos a les coves del Pilar (VICENS *et al.*, 2005). Es pensa que la dissolució dels guixos pot haver jugat un paper important en la formació de molts dels enfonsaments associats a mines a la serra de na Burguesa, especialment a la zona que es troba al vessant SE de les serres de Son Camps i de Son Marill (BOVER *et al.*, 2004). També s'ha pogut constatar la presència de guix en parts profundes d'altres cavitats: covota des Puig Gros de Bendinat (VICENS *et al.*, 2000), cova des Guix i cova des Ratot (VICENS *et al.*, 2005) i en la cova des Coals (GINARD *et al.*, 2006). En treballs anteriors (BOVER *et al.*, 2004, VICENS *et al.*, 2005) s'han tractat de forma més exhaustiva els aspectes relatius a la formació de cavitats en guixos. Les cavitats en aquests materials són freqüents en la península i en altres indrets del món, tant en guixos del Triàsic com en guixos del Miocè (CALAFORRA, 1998; CALAFORRA *et al.*, 1992).

En aquesta zona tenim coves d'enfonsament d'estructura cupuliforme com la cova de ses Cabres, i avencs d'enfonsament amb un fort control estructural com l'avenc de sa Botilla, un exemple de la mateixa gènesi seria l'avenc de l'Infern (GRÀCIA *et al.*, 1997). Una altra gènesi diferent la trobam en la cova des Romaní, que és una de les poques cavitats excavades en dolomies del Retià i no en bretxes dolomítiques del Lias, aquesta s'ha format probablement per l'acció erosiva del torrent que passa per la coma des Clot des Cero. Aquesta cavitat ha estat modificada per l'home que l'ha aplanada i construït una paret a l'entrada. Finalment trobam una gènesi que encara no havíem descrit en cap cavitat de la serra de na Burguesa. Aquesta correspon a l'avenc des Xuclamel que, degut a la seva orientació i a la proximitat del penya-segat de na Boira, probablement està relacionat amb la dinàmica del penya-segat, correspondria als avencs vadosos anomenats *avencs d'origen mecànic* a GINÉS (1995).

Els processos de concrecionament són un dels aspectes més importants i destacats de moltes de les cavitats de la serra, amb la presència abundant de diversos tipus d'espeleotemes (estalactites, estalagmites, columnes, colades parietals i pavimentàries, excèntriques,...). Aquests, en la majoria de les cavitats de la serra de na Burguesa, estan afectats freqüentment per solifluxions; en alguns casos s'hi donen desplaçaments superiors a un metre.

## Descripció de les cavitats

Per a la localització de les cavitats del present treball, s'ha utilitzat el GPS en la cova des Romaní, la balma de sa Ceba Marina, l'arc de sa Coma des Clot des Cero, l'avenc de sa Botilla, la cova de Son Boronat, la cova de sa Garlanda, la balma de sa Rapa, la balma de ses Ortigues i la cova de ses Cabres. Les altres cavitats han estat situades amb el mapa 1:25.000 de l'IGN (Fig. 1). En el GPS s'ha utilitzat el Datum Europeu de 1950 per a que coincidís amb el dels mapes topogràfics de l'IGN.

### COVA DE SA PALLA

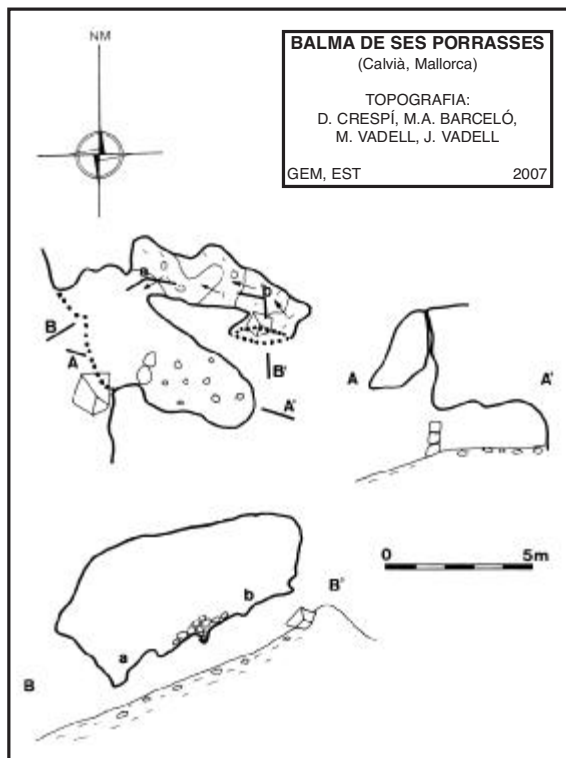
Coordenades UTM: 462930 / 4376990 - 50

Balma de dimensions discretes (21 x 4 m) situada molt a prop de la urbanització de la Costa d'en Blanes. El nom, cova de sa Palla, el trobam al Mapa General de Mallorca de J. Mascaró-Pasarius, la qual cosa fa pensar que era coneguda de fa temps. La balma presenta una paret de tancament exterior i una paret interior que separa la cavitat en dues parts. La paret exterior té una porta d'entrada de 0,7 m d'amplada i la paret interior en té una altra, de separació, de la mateixa amplada, 0,7 m. Tot fa pensar que la balma es feia servir per a resguardar el bestiar i també com a refugi dels pastors.

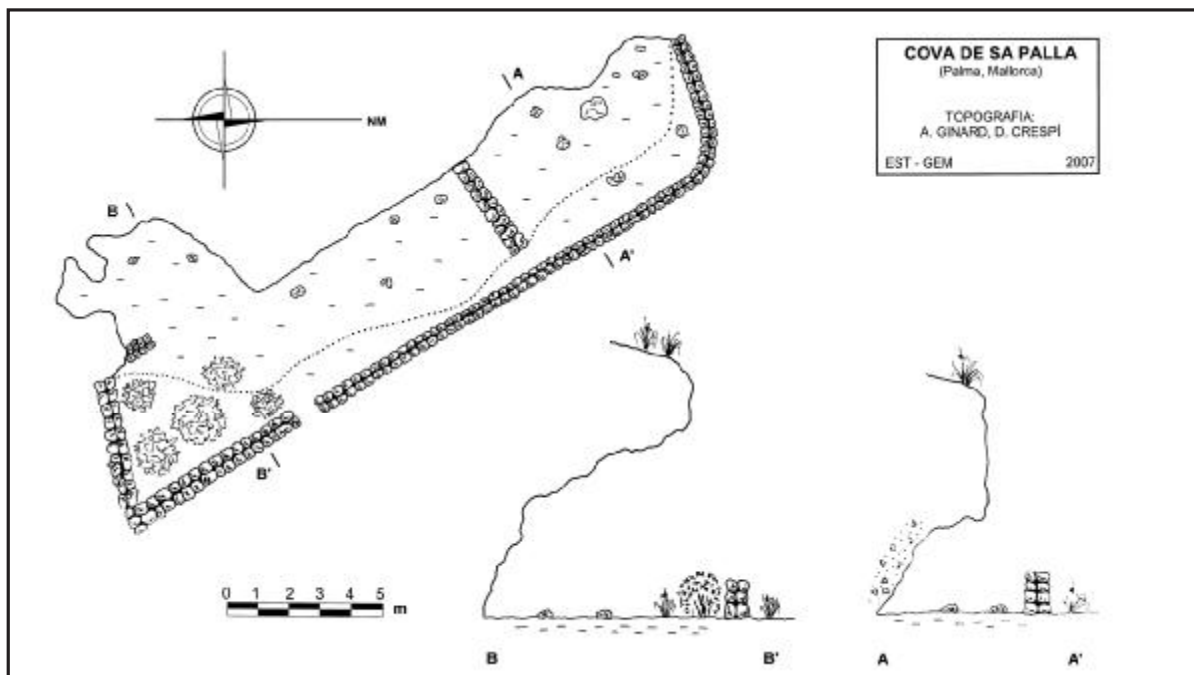
### BALMA DE SES PORRASSES

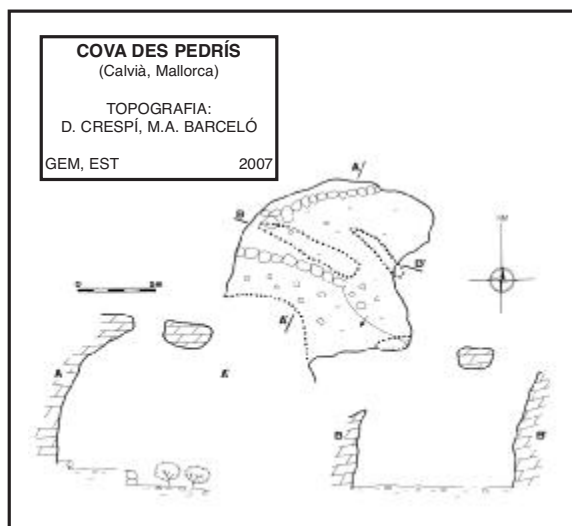
Coordenades UTM: 462770 / 4378250 - 200

Aquesta és una cavitat de petites dimensions situada en les proximitats de la cova des Pedrís. El nom li hem posat per la presència de porrasques (*Asphodolus*



*asphodolus*) a prop de l'entrada de la balma. En aquesta cavitat hi podem diferenciar tres parts. L'entrada de 4 m d'amplada i 3 m d'alçada, cap al NE de la balma d'entrada hi trobam un conducte ascendent que té una sortida uns pocs metres més endavant, i cap al SE hi ha una petita cavitat de 4 m de profunditat que presenta una paret de tancament cap a l'exterior, per les seves característiques aquesta part de la cova es devia usar per guardar animals.





### COVA DES PEDRÍS

Coordenades UTM: 462740 / 4378410 - 250

Desconexem quin era el nom original d'aquesta cavitat, que se'ns dubte tenia, ja que mostra signes de la seva utilització per part de l'home. Li hem donat el nom de cova des Pedrís a causa de la presència d'un pedrís localitzat al fons de la cavitat i que servia per permetre el descans de les persones que treballaven per la contrada. El trespol ha estat aplanat per l'home i a prop de l'entrada s'hi troba una pareteta que permet l'anivellament del seu interior. La utilitat com a refugi d'aquesta cova és evident. Potser també s'utilitzà pels treballadors de la pedrera de guix que es troba a poca distància.

Aquesta cavitat és de reduïdes dimensions (12 x 11 m i uns 10 m d'alçada màxima), el més destacat són les entrades superiors que formen vistosos arcs.

Quan a l'espeleogènesi, aquesta és una caverna típica d'enfonsament que es troba en un estadi evolutiu bastant avançat, just l'anterior al de la formació dels arcs (veure arc de sa Coma des Clot des Cero, en aquest mateix treball). Com a particularitat, aquesta cova es troba en dolomies del Retià, enlloc d'estar en materials del Lias. La seva gènesi i morfologia és molt semblant a la cova des Mirador, també de la serra de na Burguesa, que es troba descrita a VICENS *et al.* (2000).

### BALMA DE SA SITJA

Coordenades UTM: 461980 / 4378110 - 165

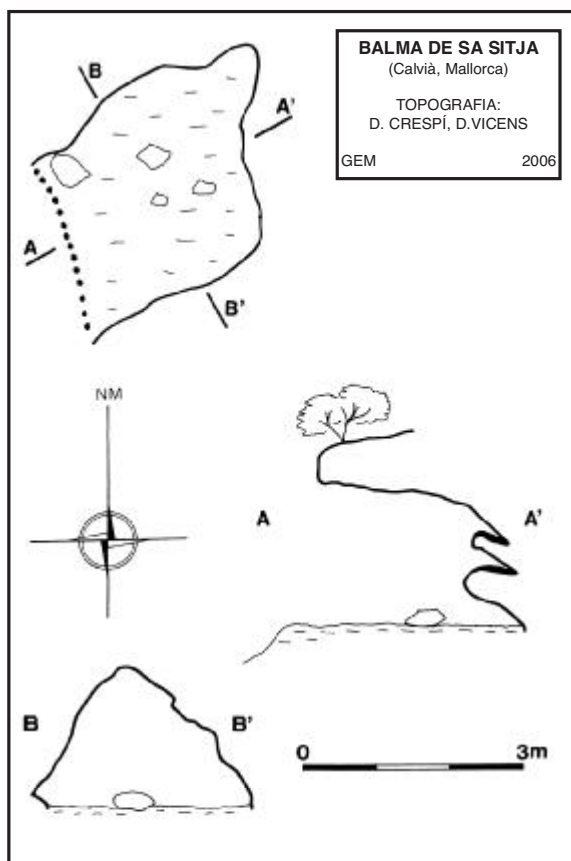
El trespol de la balma ha estat aplanat per l'home, cosa que ens indica un ús antic. Aquesta cavitat es troba en el vessant de la muntanya i presenta dimensions molt reduïdes (3 x 3 m) amb una forma bastant quadrada, la seva alçada màxima és de 2 m. Al fons de la cavitat s'hi poden apreciar algunes formacions de colades, per sobre dels sortints de la roca de la paret. A uns 40 m al NO hi ha una sitja de carboners, i dins de la cova hi trobam restes de ceràmica recents.

El seu nom se li deu a la sitja de carboner que ja hem mencionat.



Foto 6: Entrada de la cova de Son Boronat. (Foto: Mateu Vadell)

Photo 6: Entrance to Cova de Son Boronat. (Photo: Mateu Vadell)



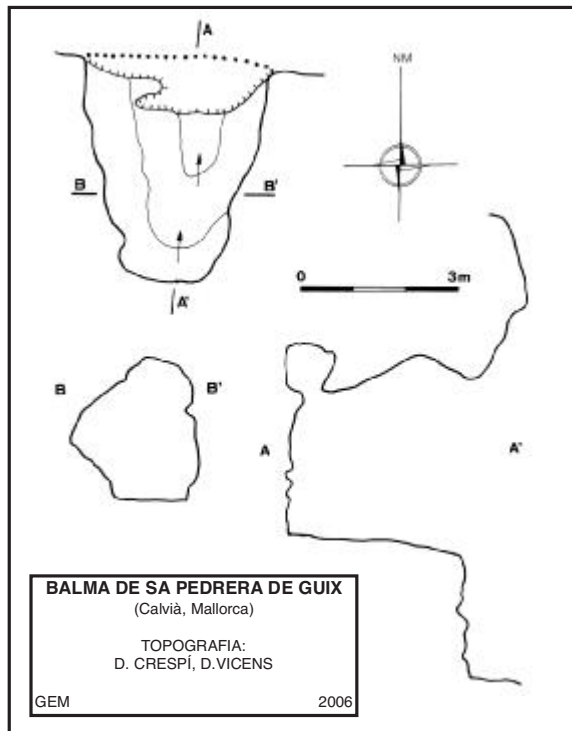


### COVA DES ROMANÍ

Coordenades UTM: 461771 / 4378289 - 151

Aquesta cavitat es troba prop de la llera del torrent que circula pel mig de la coma des Clot des Cero (Foto 1). No sabem si tenia algun nom més antic, cosa que sembla probable, degut a l'ús que n'ha fet l'home, el nom li hem posat per la presència de mates de romaní (*Flasmarinus officinalis*) a l'entrada. Té unes dimensions reduïdes (8,5 x 5 m i 1,5 m d'alçada màxima). El terra d'aquesta cavitat ha estat aplanat per la mà de l'home, a prop de l'entrada hi ha una petita paret per anivellar el trespol. En aquest hi podem diferenciar dues parts diferents, la més meridional es troba tancada per una paret de pedra, la part més septentrional presenta unes dimensions un poc més àmplies. Devora aquesta cova hi ha una caseta de roter o de sitger.

Per la seva proximitat al torrent, podem suposar que aquesta cavitat és producte de l'erosió diferencial de les aigües torrencials. Aquesta cova es troba excavada en dolomies del Retià ben estratificades, que són ben visibles a l'entrada i a l'interior.



### BALMA DE SA PEDRERA DE GUIX

Coordenades UTM: 461620 / 4378150 - 200

A prop d'aquesta balma hi ha una pedrera de guix de planta circular. En aquesta pedrera s'explotaven blocs de guix, alguns dels quals es troben amuntegats devora la pista forestal de pujada.

La balma és vistosa però les seves dimensions són decebedores. Presenta una planta de 3,5 x 3,5 m, amb una forma més o menys triangular amb orientació N-S. Just abans de la sortida hi ha un escaló de quasi 2,5 m, que es pot pujar sense dificultats.

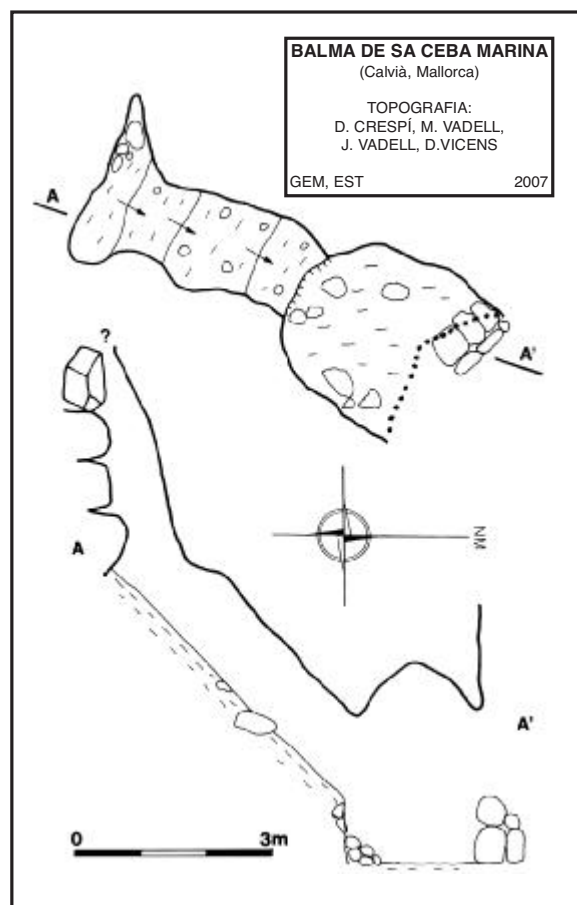
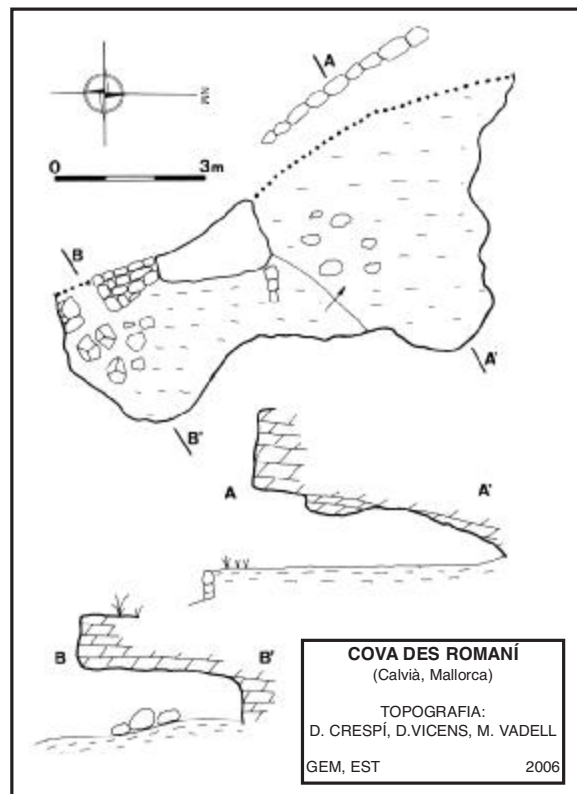




Foto 7: Penyal des Corbs on es troba la cova de Son Boronat (Foto: Damià Crespi).

Foto 7: Penyal des Corbs, on troba la cova de Son Boronat (Foto: Damià Crespi).

### BALMA DE SA CEBA MARINA

Coordenades UTM: 461217 / 4378103 - 291

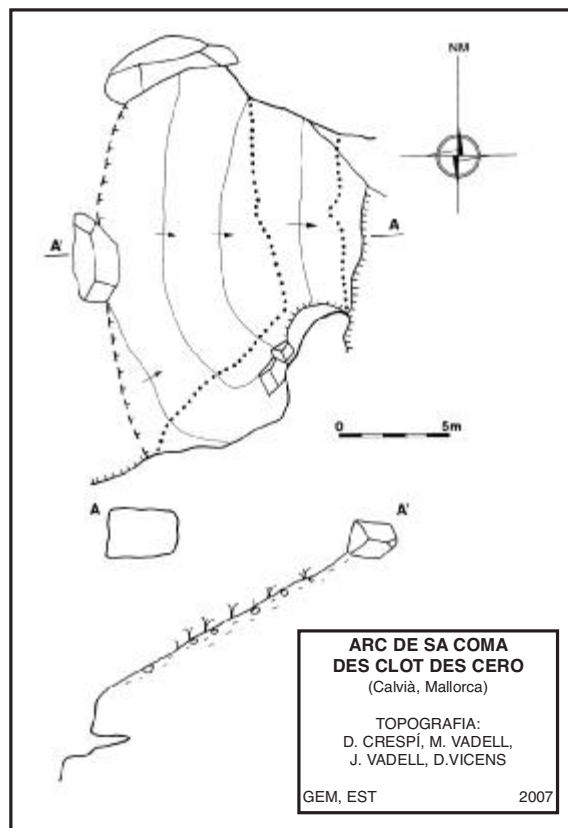
En aquesta cavitat hi podem diferenciar dues parts. La balma d'entrada és de dimensions molt reduïdes (només 2,5 x 2 m). Una paret bastant derruïda protegeix l'entrada. Al fons de la balma trobam una rampa ascendent terrosa que es va haver de desobstruir per poder passar amb facilitat. Aquesta ens porta a una petitíssima saleta que podria ser continuada cap amunt. El pas ascendent obliga a passar entre blocs molt poc estables, la qual cosa podia suposar desestabilitzar-los i provocar que l'espeleòleg quedàs atrapat entre els blocs. Per aquest motiu i perquè no es va veure cap possible sortida per damunt de la balma es va decidir no forçar el pas ascendent.

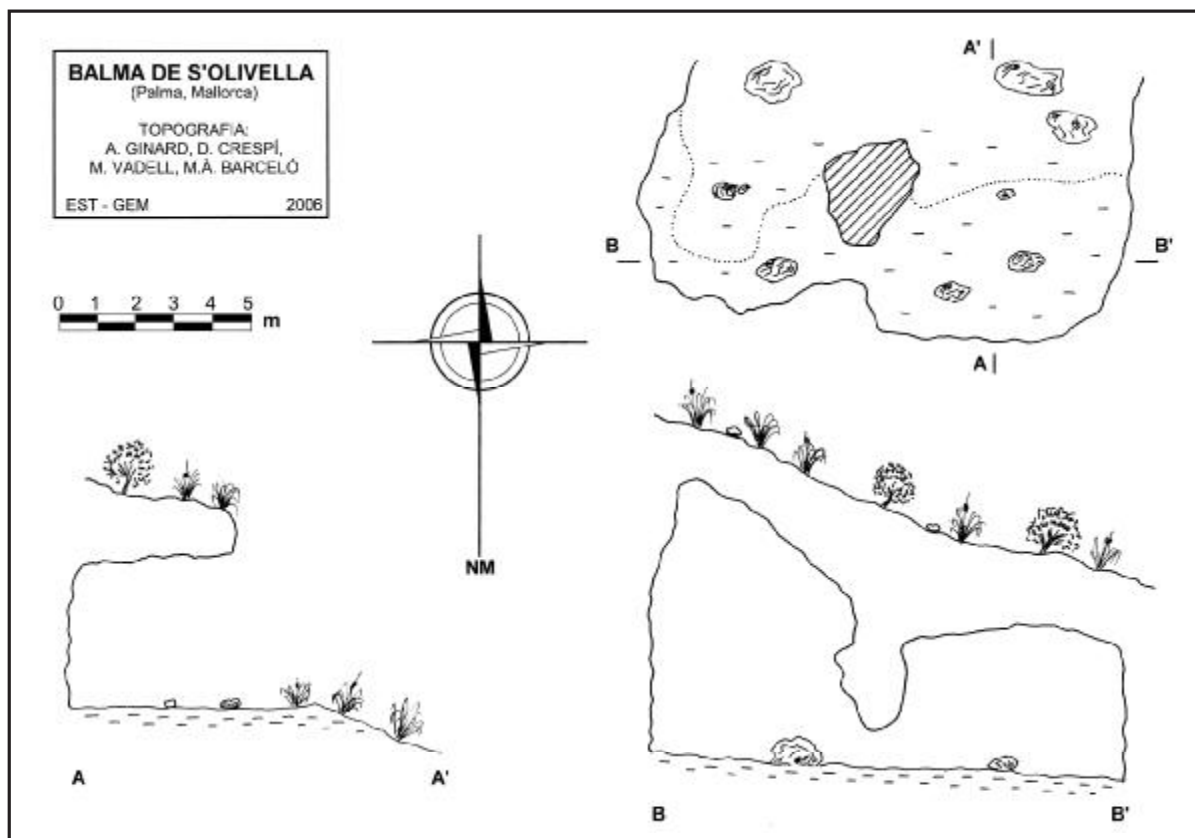
El nom de la cavitat li hem posat degut a la presència de ceba marina (*Urginea maritima*) que es troba just a l'entrada de la balma.

### ARC DE SA COMA DES CLOT DES CERO

Coordenades UTM: 461692 / 4378441 - 196

L'arc de sa Coma des Clot des Cero és un vistós pont de roca que s'alça a prop del camí que puja per aquesta coma, al vessant oposat on es troben la cova des Boc i la balma de s'Olivella. Té una llargària de prop





de 10 m i una amplada de 3 m. A la part central té una alçada de 6 m (Foto 2), i el gruix de roca en aquest punt és de més de 2 m. Cap al SO l'arc enllaça amb una balma de dimensions no gens menyspreables (9 x 3 m). A l'E de l'arc hi ha una depressió que correspon amb l'enfonsament de la cavitat que existia abans de la formació de l'arc.

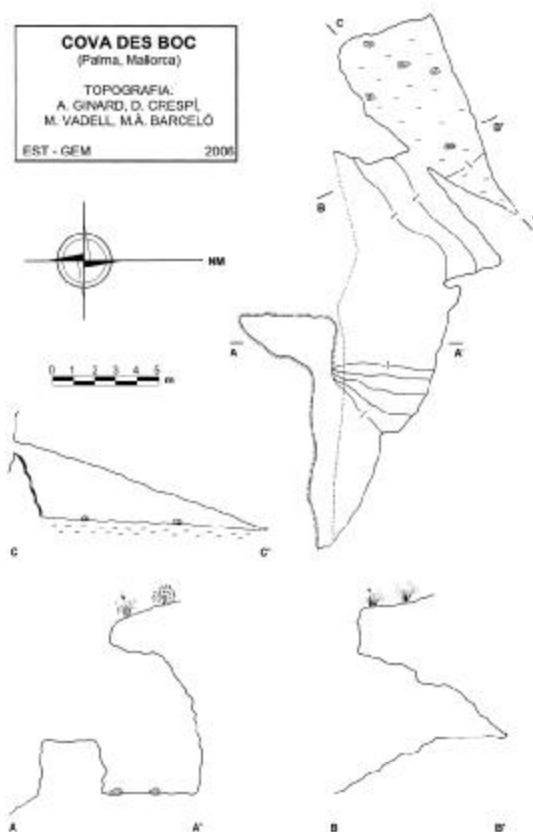
Quant a la gènesi d'aquest tipus de cavitats podem dir que corresponen a fenòmens de col·lapses d'antics sistemes càrstics en un estadi molt avançat. En regions càrstiques molt evolucionades, gairebé no podem veure traces de dissolucions de la roca, el que veiem són manifestacions del col·lapse d'antigues cavitats. En estadis molts avançats trobam coves com la cova des Pedrís (en aquest mateix treball) o la cova des Mirador (VICENS, *et al.*, 2000), el darrer estadi abans de la desaparició de tota la cavitat el trobam en arcs com el de l'estudi actual.

### BALMA DE S'OLIVELLA

Coordenades UTM: 461810 / 4378360 - 275

Balma de dimensions discretes (12 x 3 m), que es troba situada a la coma des Clot des Cero. Aquesta balma és el resultat dels diferents col·lapses que possiblement s'esdevingueren en una antiga cavitat.

El nom de la cavitat li hem posat a causa de la presència d'un arbust típic de les nostres garrigues, l'oliveïlla (*Olea trichocarpa*), que es troba a l'entrada de la balma.



### COVA DES BOC

Coordenades UTM: 461810 / 4378440 - 250

La cavitat consta d'una balma de 19 x 7 m i una sala de 11 x 4 m i està situada a la coma des Clot des Cero. L'accés a la sala és a través d'un portal artificial, la qual cosa fa pensar que en algun moment es va fer servir com a refugi de pastors.

Atesa la quantitat d'excrements que hi ha acumulats, aquest és un lloc molt freqüentat pels animals.

El nom de la cavitat li hem posat a causa de la presència d'un boc mort.

### COVA DES CORRAL D'EN FERRER

Coordenades UTM: 462110 / 4378910 - 270

Petita cavitat situada en el puig des Corral d'en Ferrer, a la serra de s'Hostalet, de dimensions 7 x 4 m i una alçada de màxima de 2,5 m (Foto 3). Aquesta cavitat ha estat condicionada totalment per l'home. El nom, cova des Corral d'en Ferrer, el trobam al Mapa Topogràfic Balear del Govern de les Illes Balears, la qual cosa fa pensar que la cova ja era coneguda de fa temps. La cova presenta una paret de tancament exterior, que li dona forma de cambra, amb una porta d'entrada de 0,7 m d'amplada. Atesa la situació de la cavitat i les dimensions d'aquesta tot fa pensar que es feia servir com a refugi dels pastors.

### AVENC DE SA BOTILLA

Coordenades UTM: 461483 / 4379083 - 347

El nom d'aquesta cavitat li ve donat per un fragment del coll d'una botilla (Fig. 2) que trobarem a l'entrada. Aquest era un recipient de fang usat pels nostres avantpassats per dur l'aigua per beure al camp on treballaven. La seva forma era arrodonida amb una cara plana i n'hi havia de diversos tipus que es diferenciaven per les formes i mides.

Aquesta, malgrat no ser una cavitat de dimensions extraordinàries, és l'avenc de més profunditat que s'ha topografiat en el present treball. La seva fondària, que

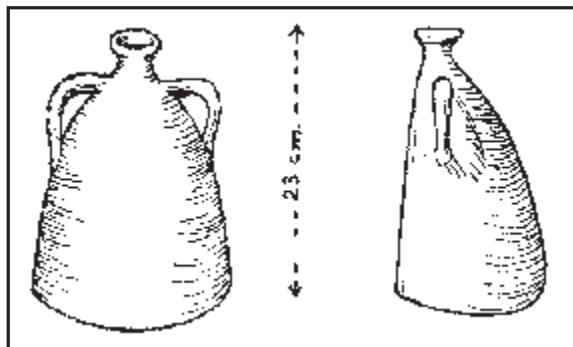
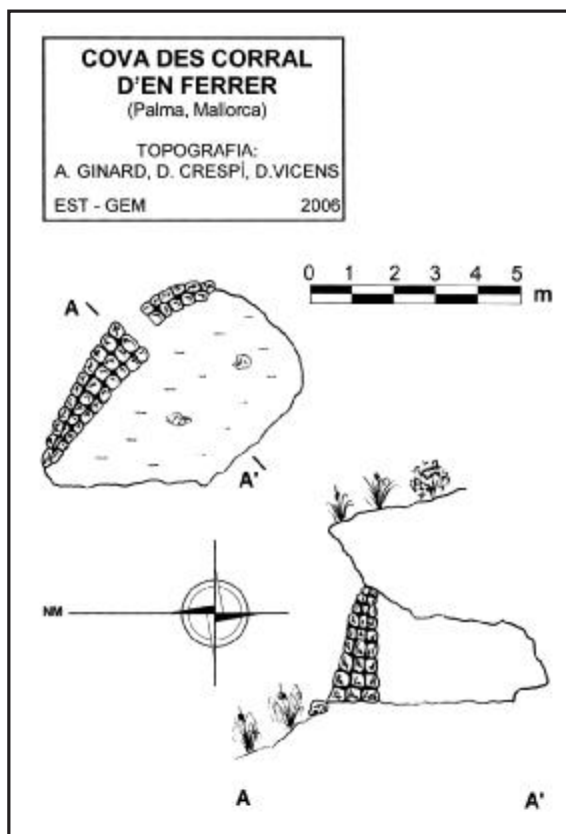


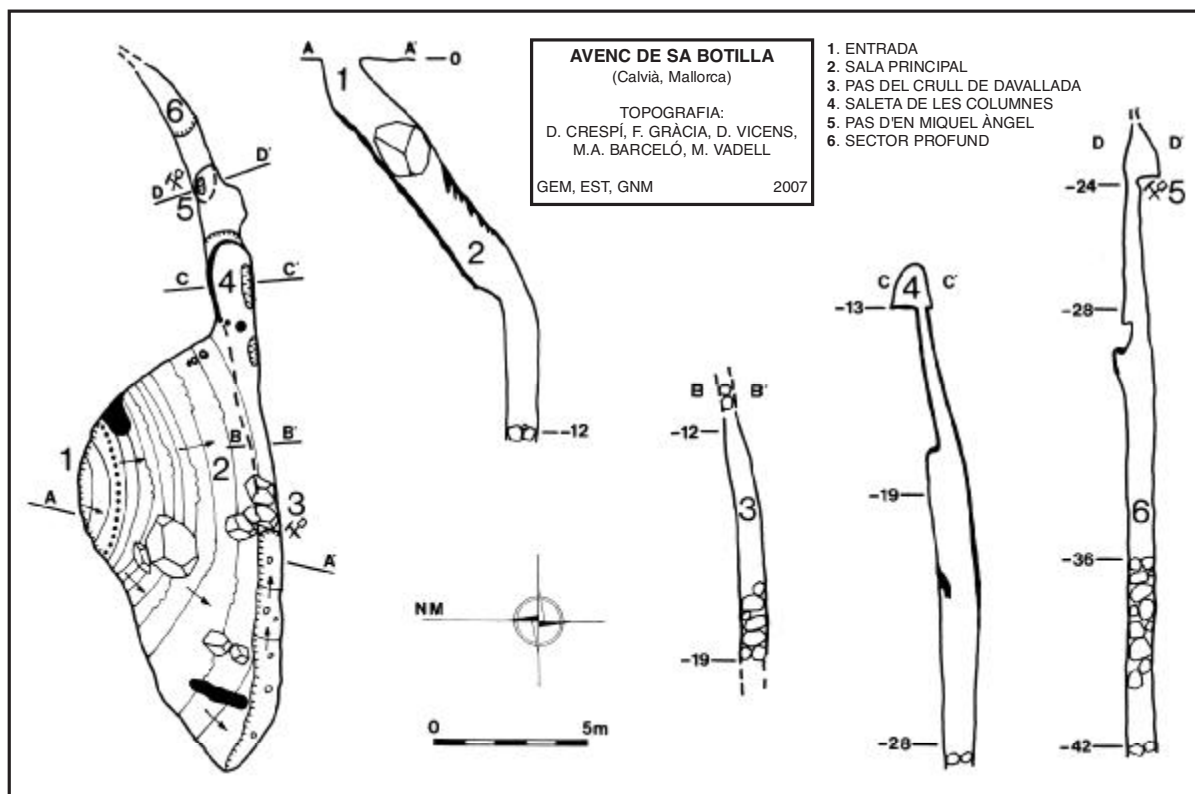
Figura 2: Dibuix d'una botilla, segons el diccionari Català-Valencià-Balear (ALCOVER i MOLL, 1930 - 1962)

Figure 2: Drawing of a 'botilla', according to the Catalan-Valencian-Balearic dictionary (ALCOVER i MOLL, 1930 - 1962)



arriba a assolir la cota -42 m, i el trànsit per passos estrets fan que no li manqui interès des del punt de vista de l'espeleologia esportiva.

L'avenc de sa Botilla es pot dividir en una sèrie de parts ben diferenciades. L'**Entrada** és ben visible i es troba a prop de la pista que recorre la serra de Burguesa i arriba fins al Pi de ses Creus. Així i tot s'ha de trescar un poc per trobar-la, ja que per aquesta zona hi han crescut molts de pinets joves. L'**Entrada** té unes dimensions de 4 x 1,5 m i presenta una altra fractura que dona també a la cavitat uns quants metres més a l'O, encara que és massa estreta per poder ser penetrada per l'home. A través de l'**Entrada** s'accedeix directament a la **sala Principal** (Foto 4). Aquesta presenta un fort pendent de més de 45°. Es recomana davallar amb una corda ja que el terra està concrecionat i si es presenta un poc humit pot relliscar considerablement. També es pot descendir usant la tècnica de l'oposició en la part més occidental de la rampa, malgrat sigui un poc estret i incòmode. El terra d'aquesta rampa de la **sala Principal** està tot concrecionat, a la part central hi ha uns grans blocs enmig de la davallada. Aquesta sala també presenta columnes, estalagmites, estalactites i colades parietals, especialment en la seva part més oriental. La part més profunda de la **sala Principal** és un crull vertical que es troba parcialment obstruït per blocs. A la part més oriental d'aquesta sala hi trobam una petita saleta separada per unes quantes columnes (**saleta de les Columnes**). Al trespol, molt concrecionat, d'aquesta saleta hi ha un forat vertical que comunica amb el **crull de Davallada** (Foto 5), encara que massa estret per poder ser accessible.



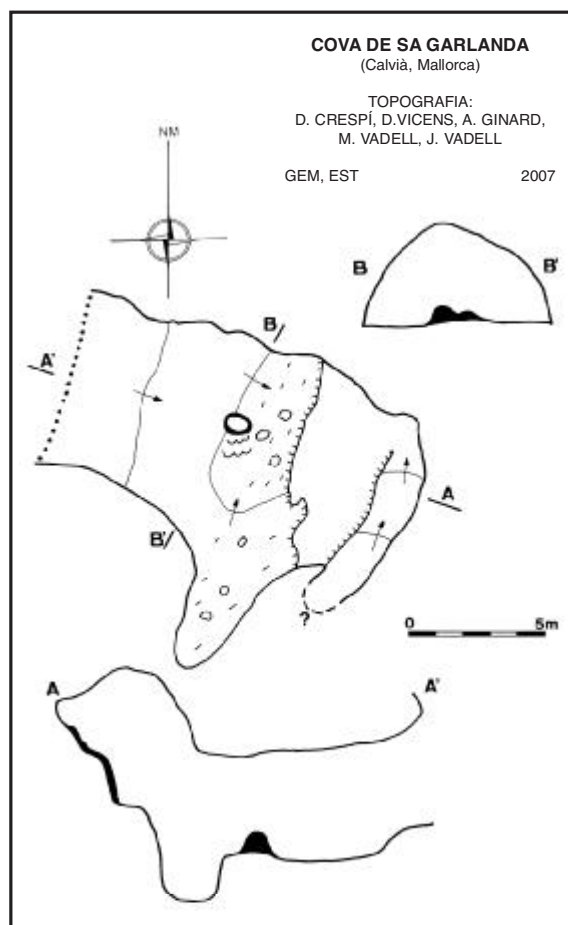
Al centre de la **sala Principal** hi ha l'accés al **crull de Davallada**, en aquest punt cal fraccionar la corda, el **pas del Crull de Davallada** va ser desobstruït per poder fer-se penetrable. A partir d'aquí ens endinsam a les parts més profundes de la cova. Després d'haver passat una zona bastant estreta el crull s'eixampla i arribam a una saleta concrecionada on, al terra hi veurem un petit forat parcialment tapat pel concrecionament. Aquest és el **pas d'en Miquel Àngel** localitzat a la cota -24 m i que ens donarà accés al **sector Profund** de l'avenc. Aquesta part de la cavitat és totalment vertical i ens menarà fins a una saleta de dimensions modestes, es finalitza el descens a través de passos entre blocs, fins assolir la cota -42, que és el punt de màxima fondària de la cavitat.

L'avenc de sa Botilla és un exemple típic de cavitat vertical de na Burguesa: la seva gènesi és per enfonsament i no presenta cap rastre de dissolució de la roca mare, la presència de blocs és constant, el seu perfil es va verticalitzant a mida que es va aprofundint en la cavitat i finalment es tanca pels blocs. És una cavitat formada per enfonsament que presenta un fort control estructural, com també veïem en altres grutes de na Burguesa com ara l'avenc de l'Infern (GRÀCIA *et al.*, 1997).

#### COVA DE SON BORONAT

Coordenades UTM: 460668 / 4379177 - 234

Es tracta d'una cavitat situada a la cara O des penyal des Corbs (Foto 7). La gruta situada gairebé enmig d'un penya-segat, presenta una planta irregular de gairebé 7 x 3 m amb una orientació NO-SE (Fig. 3 i 4). Per



accedir-hi el millor és entrar per una petita cavitat que hi ha just davall d'aquesta i entrar per una xemeneia (Fotos 6 i 8). Per l'exterior també es pot accedir, emperò és molt més difícil.

La cova contenia un interessant jaciment arqueològic del talaiòtic final, que es va excavar l'any 1978, sota la direcció del Dr. Guillem Rosselló Bordoy (GUERREIRO, 1979), per la qual cosa a l'actualitat en el trespol aflora la roca mare. Hi havia inhumacions d'adults sim-

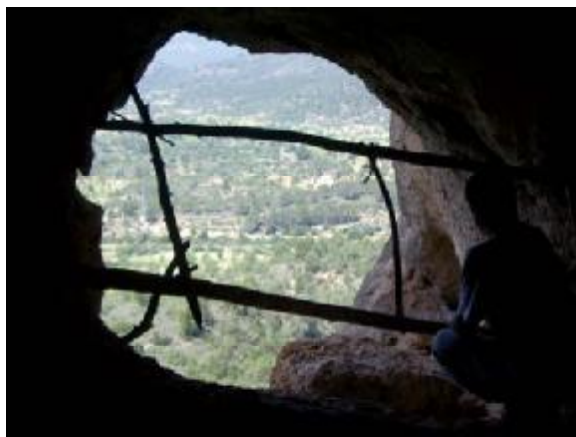


Foto 8: Paisatge des de la cova de Son Boronat. (Foto: Antelm Ginard)

*Photo 8: L'arxipalme from Cova de Son Boronat. (Photo: Antelm Ginard)*

ples, en taüts de fusta, i en llits de fusta i inhumacions infantils dins urnes de marès i urnes ceràmiques (Fig. 5 i 6). Més endavant, a l'apartat d'arqueologia, fem una ressenya del que es va trobar en aquest jaciment.

### COVA DE SA GARLANDA

Coordenades UTM: 460841 / 4379409 - 216

Per accedir a aquesta cova hi ha un camí empedrat que enllaça amb les pistes forestals que parteixen de devora la finca de Son Boronat. Aquest camí ens indica que aquesta cova fou emprada per l'home, segurament per guardar animals. L'entrada és ben visible des del camí de Son Boronat. Desconeixem el nom antic d'aquesta cova, que sens dubte tenia, nosaltres l'hem batejada amb el nom de cova de sa Garlanda degut al gran nombre d'aquestes plantes (*Lavandula dentata*) que es troben just a la vora de l'entrada.

Aquesta és una cova de dimensions modestes (13 x 11 m) i una alçada que supera els 5 m en alguns punts (Foto 9). La seva planta és bastant irregular, en alguns punts presenta endinsades de pocs metres que corresponen a zones on hi ha fractures. Cap a la part del fons el concrecionament pavimentari és més intens, fins i tot hi ha qualche estalagmita. En l'extrem oriental de la cova hi ha un balcó que enllaça amb un crull que comunica amb l'exterior i que deixa entrar la llum, però que és difícilment transitable.

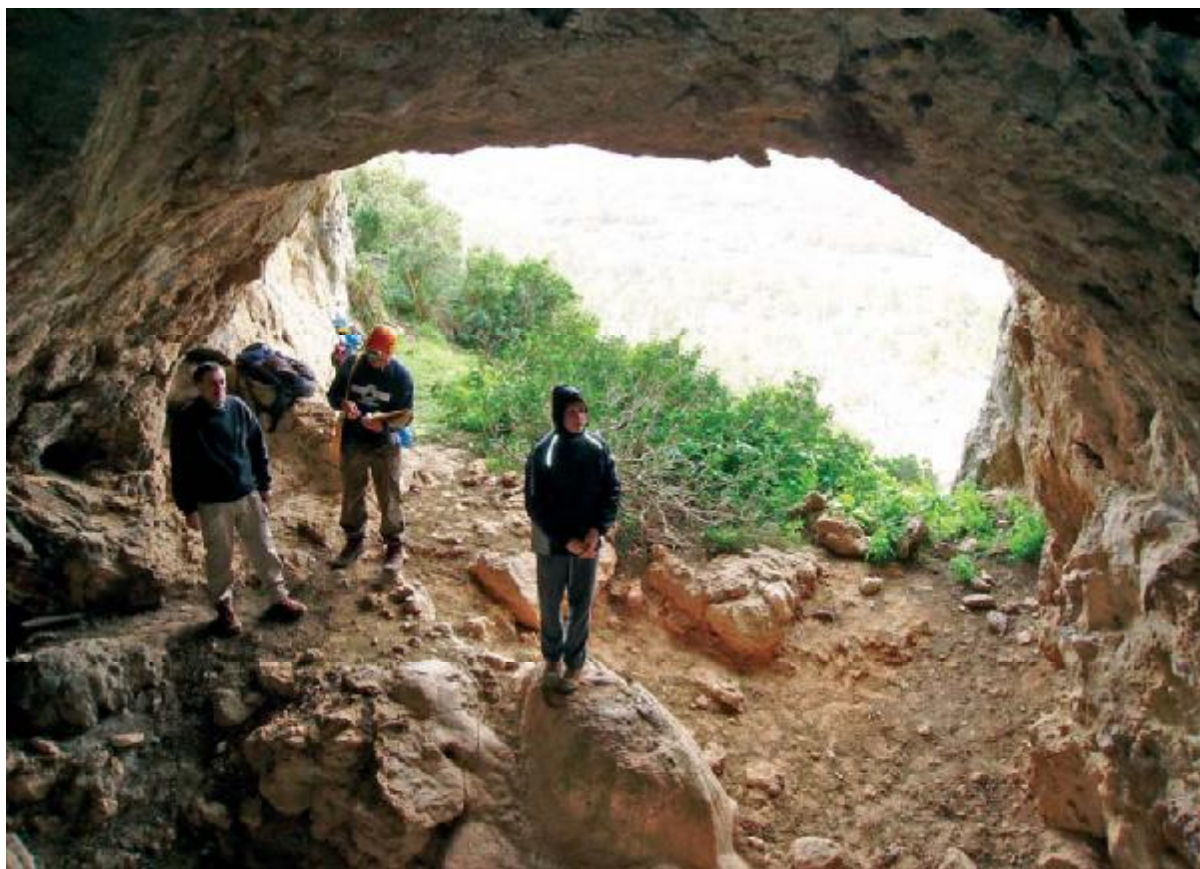


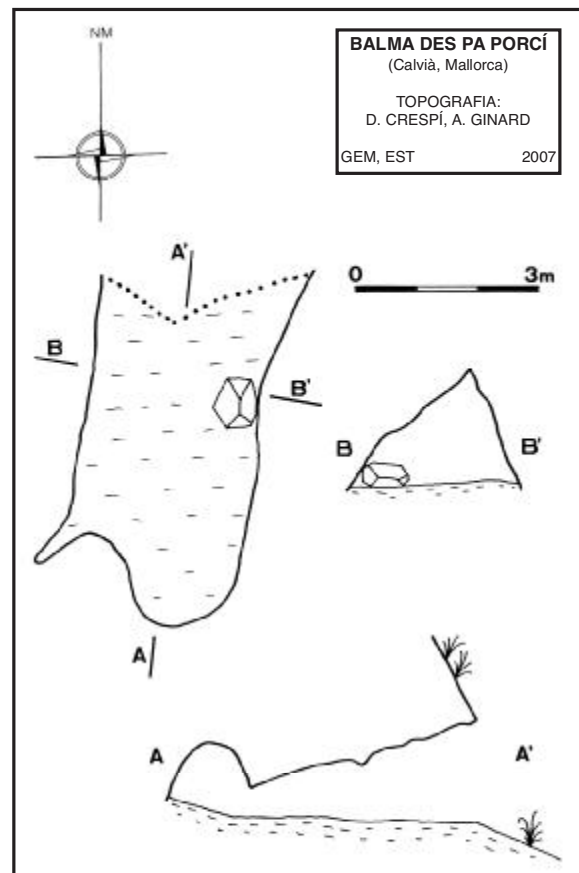
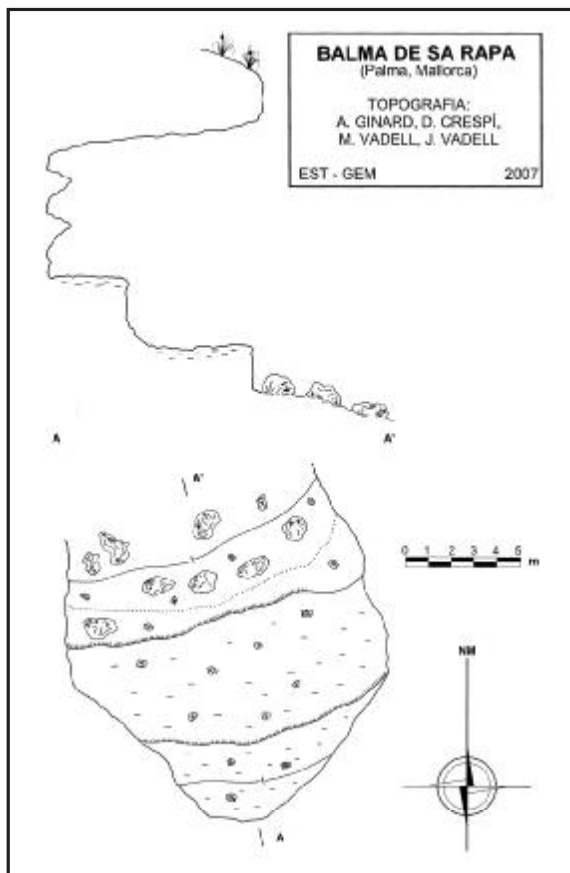
Foto 9: Entrada de la cova de sa Garlanda. (Foto: Mateu Vadell)

*Photo 9: Entrance to Cova de sa Garlanda. (Photo: Mateu Vadell)*



Foto 10: Paisatge des de la cova-avenc de na Picacenta. A l'angle superior esquerre es veu la balma de sa Rapa (Foto: Damià Vicens).

Photo 10: Landscape from Cova Avenc de na Picacenta. The shelter called Balma de sa Rapa is visible at the upper left corner of the picture.



### BALMA DE SA RAPA

Coordenades UTM: 460939 / 4379412 - 254

La balma està situada a un coster de ses Pedreres d'Abaix, les dimensions de la qual són 9 x 11 m amb una alçada considerable de més de 10 m (Foto 10). Es pot arribar fins al fons de la balma pujant, sense massa dificultat, per una sèrie de terrasses. A l'entrada hi trobam uns blocs de grans dimensions per sobre dels quals s'ha de passar per entrar a la balma. A sota d'aquests blocs de l'entrada no hi hem trobat cap continuació.

El nom de la cavitat li hem posat a causa de la presència abundant de rapa (*Arum italicum*) que es troba a l'entrada de la balma.

### BALMA DES PA PORCÍ

Coordenades UTM: 460910 / 4379433 - 280

Aquesta és una coveta insignificant, que rep el nom de la presència de pa porcí (*Cyclamen balearicum*) que quan es va fer la topografia de la cavitat (març del 2007) estava florit, presentant les flors blanques, petites però belles.

Les dimensions d'aquesta balma són de 4,5 x 3 m, l'alçada no passa d'1,7 m en l'entrada i es va fent més baixa cap al fons. La seva planta és irregular i el trespol està cobert de terra.

### BALMA DE SES ORTIGUES

Coordenades UTM: 460884 / 4379452 - 189

Aquesta cavitat és ben visible des de l'entrada de la cova-avenc de na Picacento. Una vegada arribat a la seva entrada es pot comprovar que no té gaire interès. El nom li hem posat nosaltres per la presència d'ortigues a l'entrada.

Les dimensions d'aquesta cova són de 9 x 4 m, l'alçada arriba a 9 m a l'entrada. Després d'una entrada amb el terra cobert de terra i on s'hi troben moltes ortigues, ve un petit penya-segat d'1,5 m i una rampa amb el trespol irregular format per roca mare.

### AVENC DES XUCLAMEL

Coordenades UTM: 461150 / 4379830 - 380

Aquest és un avenc que segueix una fractura subvertical. La seva fondària màxima és de 27 m. El nom li ve de la presència de xuclamel (*Lonicera implexa*) a la boca de l'avenc.

L'entrada superior d'aquesta cavitat s'obre a prop del cim de na Boira, just quan comença el pinar i a poca distància del penya-segat d'aquesta muntanya. Uns 5 m més al SO d'aquesta entrada n'hi trobam una altra, a la qual s'hi accedeix a peu pla i s'arriba a un balcó que comunica amb la rampa de descens. A l'entrada superior es pot instal·lar aprofitant els pins que hi ha a prop d'aquesta. El descens es fa en una rampa quasi vertical bastant concrecionada (Foto 11), no presenta cap dificultat malgrat que calgui fer alguns fraccionaments per

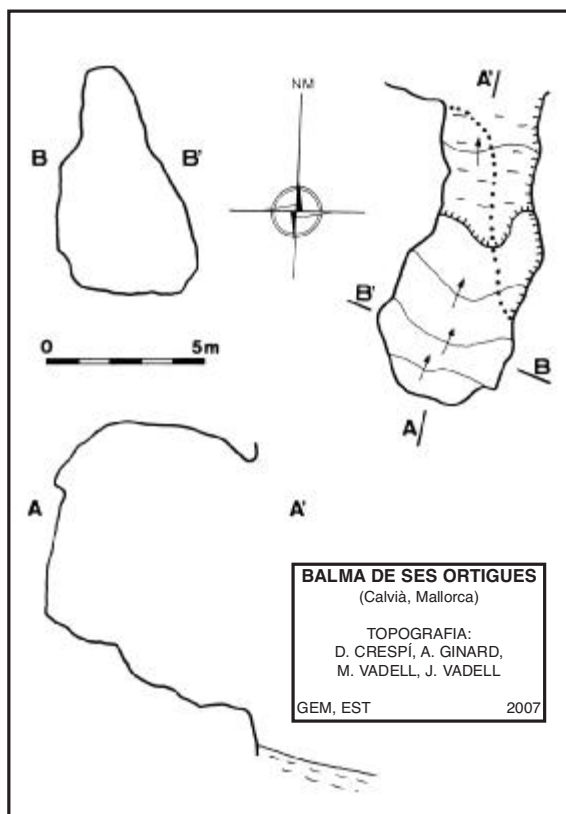


Foto 11: Entrada a l'avenc des Xuclamel (Foto: Antelm Ginard).

Photo 11: Entrée à l'Avenc des Xuclamel. (Foto: Antelm Ginard).



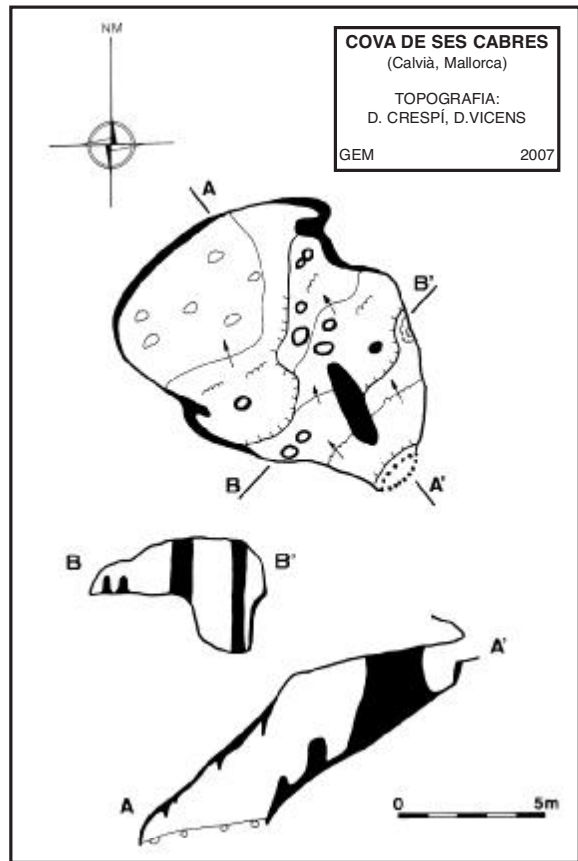
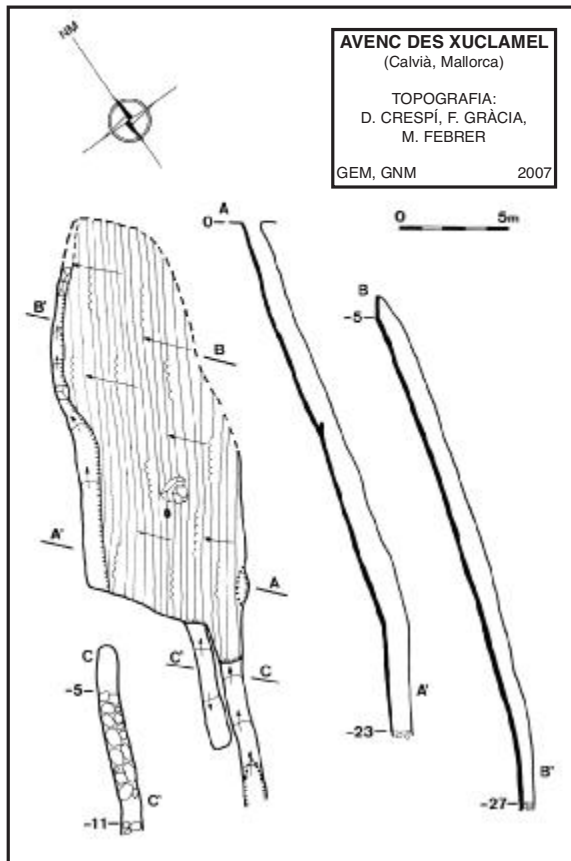


Foto 12: Interior de la cova de ses Cabres on es pot apreciar l'important concrecionament (Foto: Damià Vicens).

Foto 12: Interior Cova de ses Cabres, where the remarkable of speleothem's deposition can be seen. (Foto: Damià Vicens).

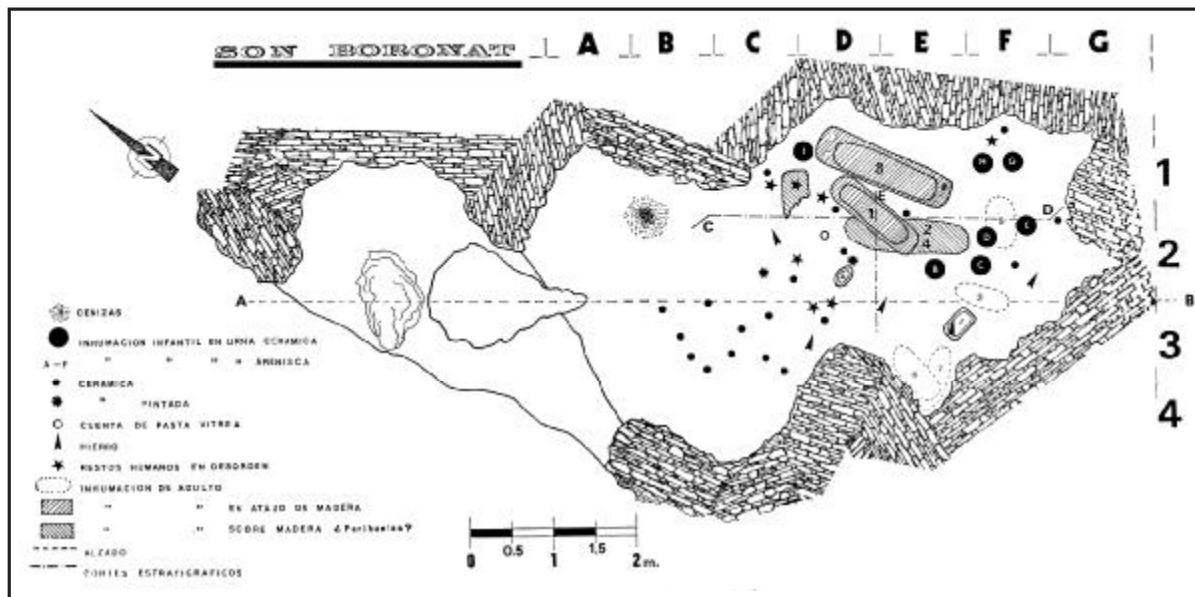


Figura 3: Planimetria de la cova de Son Boronat (Calvià) i situació de les troballes arqueològiques, segons GUERRERO (1979).

Figure 3: Survey of Cova de Son Boronat (Calvià) showing the location of the archaeological finds, according to GUERRERO (1979).

evitar fregaments de la corda. La cavitat finalitza per l'acumulació de blocs que impedeixen poder seguir davallant. L'extrem NE de la fractura es va estrenyent fins que arriba a ser impenetrable per l'home.

Com ja s'ha comentat a l'apartat d'espeleogènesi aquesta cavitat podria representar una gènesi que fins ara no s'havia observat a la serra de na Burguesa, relacionada amb la dinàmica del penya-segat proper a na Boira.

### COVA DE SES CABRES

Coordenades UTM: 461163 / 4379653 - 319

Aquesta cavitat figurava en el llistat de cavitats inventariades de la serra de na Burguesa de BARCELÓ (1992) encara que mai no s'havia fet la topografia. Se situa a prop d'un antic camí que ens menava a prop de la cova-avenc de na Picacento.

És una cova petita però molt bella degut al fort concrecionament que presenta (Foto 12). Les seves dimensions són de 11 x 8,5 m i l'alçada màxima és de 3 m. La cova presenta un pendent de quasi 45°, llevat de la zona més interior que és més plana. Si volem visitar-la no ens és de més dur una corda curta per assegurar-nos en el pas que es troba just devora l'entrada. Com ja hem dit abans, presenta un fort concrecionament que està representat per la colada pavimentària, colada parietal, columnes, estalactites, estalagmites i fins i tot microgurs.

## Arqueologia

Les troballes arqueològiques a la serra de na Burguesa són escasses en nombre, a pesar de que hi ha indrets que probablement l'home prehistòric hi va viure o ben segur hi va realitzar activitats quotidianes per a la seva subsistència. Creiem que la intensa activitat dels

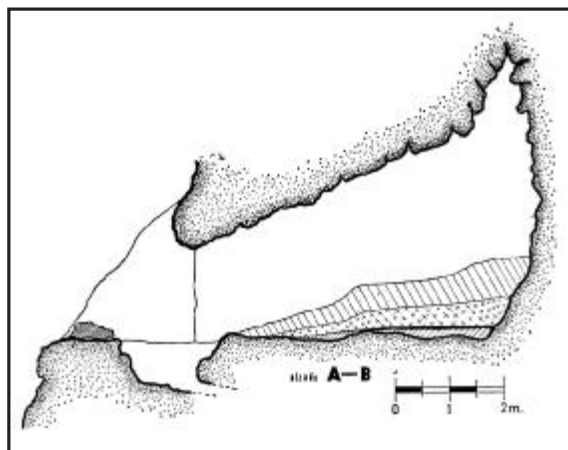


Figura 4: Perfil A-B de la cova de Son Boronat (Calvià), segons GUERRERO (1979).

Figure 4: A-B profile of Cova de Son Boronat (Calvià), according to GUERRERO (1979).

pastors, dels carboners, dels calciners i dels miners en els segles passats, ha dut a la destrucció o espoliació de més d'un jaciment. Són moltes les coves a la serra de na Burguesa que tenen algun arranjament fet per l'home, ja sigui com a refugi, per recollir aigua, o per usos miners, entre d'altres. Tot això ha anat en contra si hi havia algun vestigi prehistòric.

Com hem dit abans, els jaciments arqueològics a la serra de na Burguesa són poc nombrosos en el terme de Calvià (MASCARÓ-PASARIUS, 1972; GUERRERO, 1982) i resulten inexistents en el terme de Palma (MASCARÓ-PASARIUS, 1966-1967).

SUAU (1965) cita un jaciment prehistòric a una cova de Gènova. A hores d'ara no sabem de quina cova es tracta.

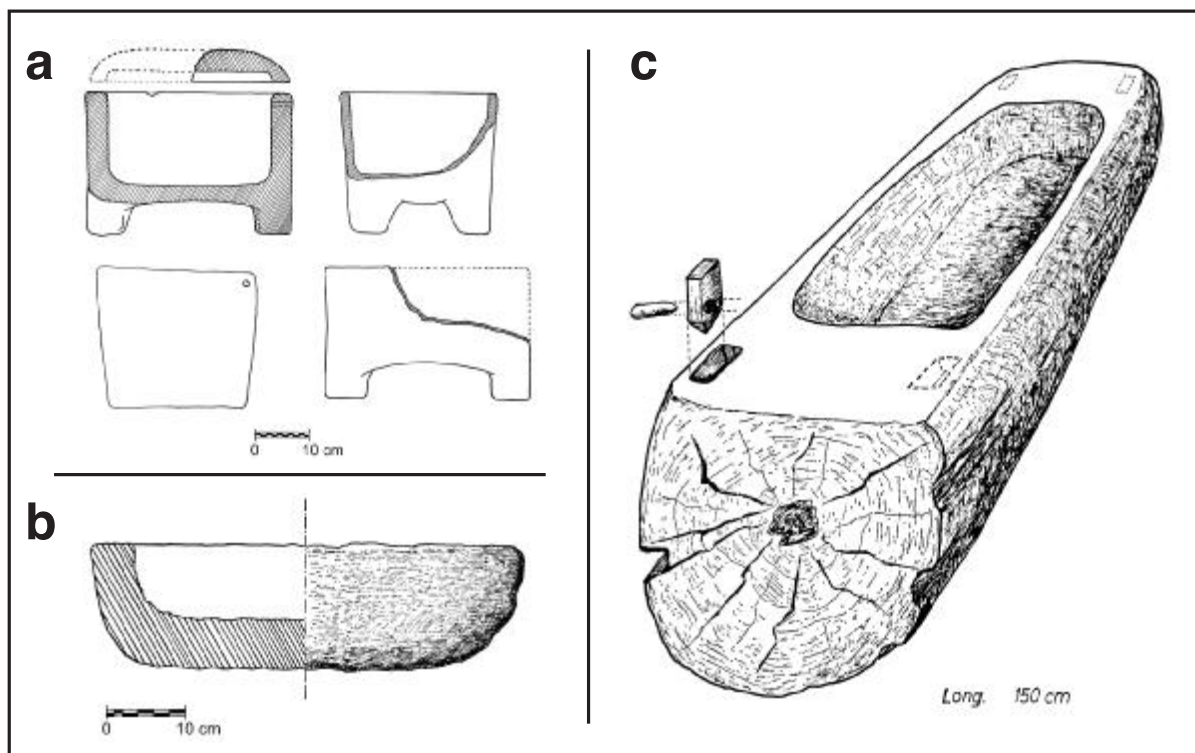


Figura 5: Alguns dels materials arqueològics trobats a la cova de Son Boronat (Calvià), segons GUERRERO (1979). A- Urna de marès amb inhumació infantil F (sector E/3). B- Urna de marès amb inhumació infantil A (sector B/2). C- Taüt de fusta de la inhumació núm. 8, fet a partir del buidatge d'un tronc d'arbre.

Figure 5: Some of the archaeological materials found in Cova de Son Boronat (Calvià), according to GUERRERO (1979). A- Sandstone urn with infant burial F (sector E/3). B- Sandstone urn with infant burial A (sector B/2). C- Wooden coffin from the burial number 8, made from a hollowed tree trunk.

MASCARÓ-PASARIUS (1972) cita un jaciment prehistòric basant-se amb altres autors, a la cova des Porcs a Son Boronat.

GUERRERO (1983) documenta la troballa d'un recipient talaiòtic a una cavitat del puig Gros de Bendinat, que es creu va servir per una ofrena.

BARCELÓ (1992) cita la presència superficial de fragments de ceràmica talaiòtica i fragments d'àmfora ebusitana en el clot de Son Boronat. BARCELÓ *et al.*, (1998) citen la presència de fragments de ceràmica indígena i romana a l'avenc de s'Aigua Estiulada i de fragments de ceràmica talaiòtica i medieval a la cova des Ribellet.

Els darrers tres treballs fets pel nostre equip poden considerar-se en certa manera d'arqueologia industrial minera, ja que donam plànols de mines i de forns de guix quasi destruïts (BOVER *et al.*, 2004; VICENS *et al.*, 2005; GINARD *et al.*, 2006)

ENCINAS (2006) cita la presència de ceràmica incisa a s'Avencassa (= Clot de ses Falgueres, a GINARD *et al.*, 2006).

Sens dubte les més importants restes arqueològiques que s'han donat a conèixer de la serra de na Burguesa són les trobades a una cova a Son Boronat i publicats per GUERRERO (1979). Com es pot observar al plànol de la cova de Son Boronat, es va quadricular el dipòsit amb sectors d'un metre quadrat amb les lletres A, B, C, D, E, F, G, i els nombres 1, 2, 3, 4. L'estratigrafia del jaciment va ser senzilla i es varen distingir

els següents nivells (de dalt a baix): Nivell I o superficial, de potència variable (màxim uns 60 cm) i format per la pols procedent de la descomposició de la roca calcària. Les troballes en aquest nivell varen ser pobres i en desordre, degut a l'acció dels rosegadors i de les cabres; Nivell II o arqueològic, d'una potència màxima d'uns 50 cm, on es varen trobar interessants restes arqueològiques; Nivell de terra cremada, d'uns 2 cm de potència; i per acabar un nivell de terra estèril i sòl degradat d'una potència màxima de 15 cm. El nivell de la terra cremada, segons GUERRERO (1979) pot tenir el seu origen amb un ritu de purificació previ ús com a lloc funerari o amb un altre ritu desconegut.

Dins la cavitat, de reduïdes dimensions, es varen trobar enterraments del talaiòtic final, presentant les següents tipologies:

- Inhumacions simples: el cadàver es disposa al sòl de la cova. Es varen trobar adults i adolescents. Els enterraments núm. 5, 6 i 7 són d'aquesta tipologia. L'enterrament núm. 3 no es pot precisar per estar parcialment remogut.

- Inhumacions sobre fusta: d'aquesta tipologia se'n varen trobar de dos tipus. L'enterrament núm. 1 i 8 són adults dins taüts de fusta. Aquesta taüts estan fets a partir de troncs buidats (Fig. 5-C). Els enterraments d'adults núm. 2 i 4 estaven superposats l'un damunt l'altre separats per un llit de fusta.

- Inhumacions dins urnes: es tracta d'inhumacions de nins de poca edat i n'hi ha de dos tipus. L'enterra-

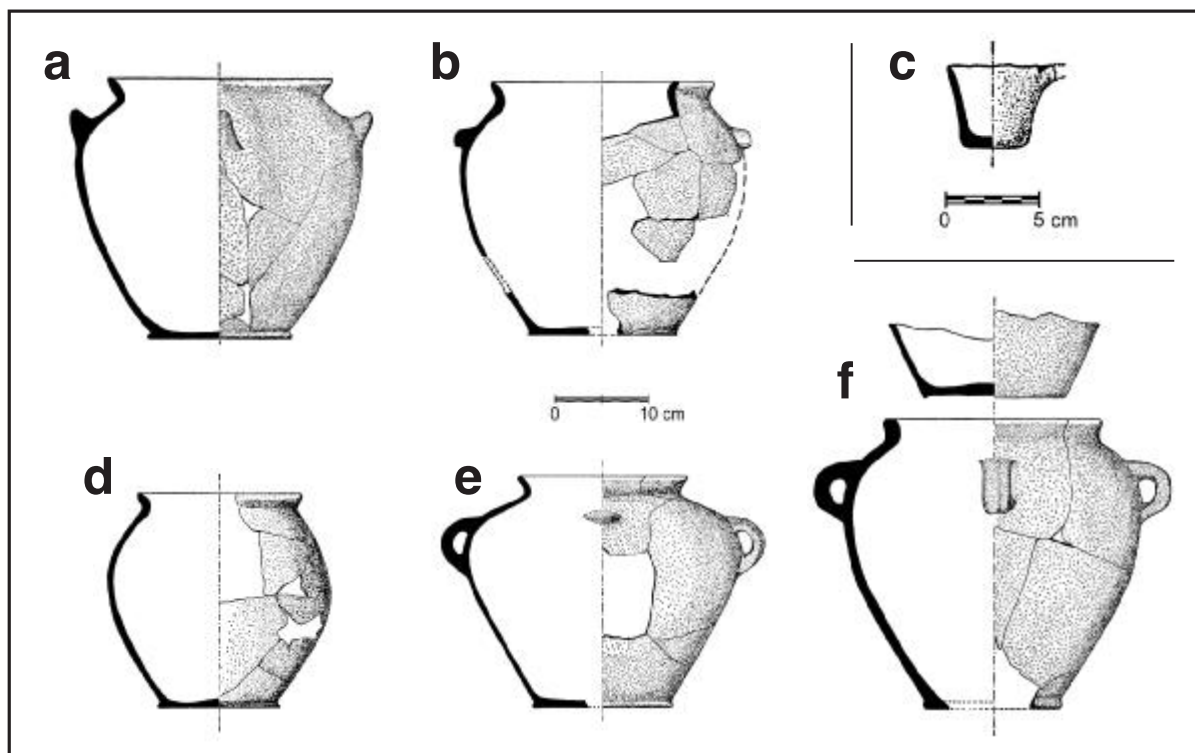


Figura 6: Algunes de les ceràmiques trobades a la cova de Son Boronat: A- Urna pitòide amb inhumació infantil B (sector E/2). B- Urna amb mamellons horitzontals. C- Tassonet troncocònic col·locat com ofrena ritual a la vora de la inhumació núm. 7. D- Olla globular amb vora girada. E- Olla globular amb anses d'anella i mamellons. F- Urna i tapadora amb inhumació infantil I (sector D/1).

Figure 6: Some of the pottery found in Cova de Son Boronat: A- Pitoid urn with infant burial B (sector E/2). B- Urn with horizontal knobs. C- Small truncated cone glass positioned with a ritual offering near the infant number 7. D- Globular pot with turned rim. E- Globular pot with handles and knobs. F- Urn and top cover with child burial I (sector D/1).

ment A i F estan fets dins urnes fetes a partir de calcarinita (popularment marès)(Fig. 5-A i 5-B). La resta de inhumacions infantils, el B, C, D, E, G, H i I, es troben dins urnes ceràmiques de cos panxut, sense coll i amb la vora poc pronunciada.

L'estat de descomposició de la fusta del taüt i la falta de medis tècnics per a consolidar-la va fer que no es recuperassin, exceptuant un tros de fusta i un sistema de tanca procedent del taüt de l'enterrament núm. 8.

Referent a les urnes de marès, n'hi ha una de molt senzilla (procedent de l'enterrament A, Fig. 5-B) i una altra de més treballada (procedent de l'enterrament F, Fig. 5-A) on amb les restes infantils va aparèixer un braçalet de ferro de triple volta.

El material arqueològic recuperat més nombrós és la ceràmica indígena (Fig.6). Una part procedeix de les urnes que contenien les inhumacions infantils i la resta sembla que tenia una finalitat ritual. Els exemplars ceràmics d'importació són molt escassos (només sis fragments, procedents de dos tipus de ceràmica).

Les formes de les ceràmiques indígenes són molt senzilles i semblant a les tipologies del talaiòtic final, si bé hi ha un evident arcaisme en algunes ceràmiques, com són les urnes pitòides. El coll diferenciat està absent a les ceràmiques trobades. La vora girada o lleugerament engrandida és la tònica general en tots els tipus ceràmics junt amb algunes vores verticals i només una d'acampnada. Les anses són característiques del talaiòtic final i en general són de formes simples, anu-

lars la majoria, i en algun cas, les ceràmiques estan decorades amb mamellons o lòbuls.

Referent a les troballes de metall són molt escasses, i només es va trobar aixovar metàl·lic de ferro, consistent amb un punyal d'antenes (amb estat fragmentari), un braçalet espiral de triple volta, un punxó incomplet i un fragment indeterminat.

A més dels materials abans esmentats, també es va trobar un compte de collar de pasta vítria i restes d'un teixit molt groller.

No voldríem acabar aquest apartat sense comentar que GUERRERO (1979), no només documenta d'una forma molt clara els resultats de l'excavació de la cova de Son Boronat, sinó que a més intenta superar les dificultats per enquadrar cronològicament aquest jaciment tan peculiar, comparant-lo amb altres de Mallorca que presenten una semblança amb el de Son Boronat.

## Agraïments

Al Dr. Víctor M. Guerrero que ens ha permès reproduir la topografia i diverses figures del jaciment arqueològic de la cova de Son Boronat. Als espeleòlegs Francesc Gràcia i Mateu Febrer que ens han acompanyat en diverses sortides espeleològiques i ens han ajudat en la topografia de diverses cavitats; a Julián Vadell, membre de les noves generacions d'espeleòlegs, a en

Pere Bover que ha aportat valuosos comentaris per a l'elaboració d'aquest treball, i finalment a en Gregori Puigserver, en Josep Antoni Casas i en Vicenç Pla (Gori, Pepe i Pla) perquè la seva presència virtual ha animat molt les nostres sortides espeleològiques.

### Bibliografia

ALCOVER, J.M. i MOLL, F.B. (1930-1962): *Dircccionari Català-Valencià-Baleàric*. X volums, Palma.

BARCELÓ, M. A. (1992): Cavidades de la Serra de na Burguesa. Zona 1: S'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Frònters*, 17-18: 25-36.

BARCELÓ, M. A.; BOVER, P.; GINARD, A.; VADELL, M.; CRESPI, D. i VICENS, D. (2003): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 5: Coma des Mal Pas (Calvià i Palma, Mallorca). *Frònters*, 25: 87-106.

BARCELÓ, M. A.; GRÀCIA, F.; CRESPI, D.; VICENS, D.; PLA, V.; GINARD, A. i CASAS, J.A. (1998): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 3: Coll des Pastors (Calvià, Mallorca). *Frònters*, 22: 19-35.

BOVER, P.; GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; VADELL, M.; SERRA, J.; SANTANDREU, G. i BARCELÓ, M. A. (2004): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 6: La mineria a la serra d'en Marill (Palma, Mallorca). *Frònters*, 26: 59-82.

CALAFORRA, J. M. (1998): *Karstologia de yesos*. Univ. de Almería, Inst. de Est. Almerienses. 390 pàgs. Almería.

CALAFORRA, J. M.; FORTI, P. i PULIDO-BOSCH, A. (1992): Nota preliminar sobre la influencia climàtica en la evolució espeleogenètica de los yesos con especial referencia a los afloramientos kársticos de Sorbas (España) y de Emilia-Romagna (Italia). *Espeleología*, 2: 9-18.

CAÑIGUERAL, J. (1949): Las cuevas de Campanet (Mallorca). *Itineraris* núm. 156.

CRESPI, D.; GRÀCIA, F.; VICENS, D.; DOT, M. A.; VADELL, M.; BARCELÓ, M. A.; BOVER, P. i PLA, V. (2001): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 4: puig Gros de Bendinat (2a part). Calvià -Mallorca-. *Frònters*, 24: 75-97.

DOT, M.A. i SÁNCHEZ, C. R. (2004): El carst de sa Malafetge (Calvià i Palma, Mallorca). *Frònters*, 26: 105-124.

ENCINAS, J.A. (2006). *Relacione inventariale de autierakakos karstales de las illes Baleares*. Ediciones Jaes. Pollença. 236 pp.

FORNÓS, J. J. i GELABERT, B. (1995): Litología i tectònica dels carst de Mallorca / Lithology and tectonics of the majorcan karst. *Frònters* 20 / *Mor. Soc. Hist. Nat. Balear.* 3: 27-43.

GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M.A. i BOVER, P. 2006. Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 8: mineria als voltants des coll des Vent (Palma, Mallorca). *Frònters* 29: 99-120.

GELABERT, B. (1998): *La espeleologia geològica de la mitjà orientació de la serra de Mallorca*. Inst. Tec. Geominero de España. 129 p. Madrid.

GINÉS, A. (2000): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Carstologica*, 29: 140-148.

GINÉS, A. i GINÉS, P. (1992): Principals característiques climàtiques des Clot des Sero (Calvià, Mallorca). *Frònters*, 17-18: 37-42.

GINÉS, J. (1995): L'endocarst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics / Mallorca's endokarst: the speleogenetic mechanism. *Frònters*, 20 / *Mor. Soc. Hist. Nat. Balear.* 3: 71-86.

GRÀCIA, F.; CRESPI, D.; BARCELÓ, M. A.; PLA, V.; CASAS, J. A. i VICENS, D. (1997): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 2: Puig d'en Bou (Calvià, Mallorca). *Frònters*, 21: 37-49.

GUERRERO, V. (1979). El yacimiento funerario de Son Boronat (Calvià-Mallorca). *Bol. Soc. Arg. Litología*, 37: 1-50.

GUERRERO, V. (1982). *Les ruines arqueològiques de Calvià*. Editat per l'Ajuntament de Calvià. Gráficas Miramar. Palma. 291 pp.

GUERRERO, V. (1983). Hallazgo de una ofrenda votiva talayótica en el "Puig Gros de Bendinat" (Calvià). *Bol. Soc. Arg. Litología* 39: 481-486.

ITGE (1991): Mapa geològic de España. E. 1:50.000. Hoja nº 698/723(IV): Palma/Illa del Toro y Cap de Cala Figuera (Mallorca). Madrid.

MASCARÓ-PASARIUS, J. (1966-1967). Carta arqueològica del término municipal de Palma. *Bol. Soc. Arg. Litología*, 33: 497-520.

MASCARÓ-PASARIUS, J. (1973). Noticias para la carta arqueològica e inventario monumental del término de Calvià. *Bol. Soc. Arg. Litología* 34: 129-143.

MASCARÓ-PASARIUS, J. (1958). Mapa General de Mallorca. 46 lám. Palma.

MONTORIOL, J. (1963): Resultados de una campaña geoespeleològica en los alrededores de la Bahía de Palma de Mallorca. *Soc. Arg. Litología* 15: 3-32.

SUAU, B. (1965). Interesantes hallazgos arqueològicos en Sa Cova des Mort, de Génova. *Itineraris* de l'Institut de l'Est. 14-15-1965.

VICENS, D. i PLA, V. (2001): L'Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME): primer grup espeleològic mallorquí. *Frònters*, 24:113-127.

VICENS, D.; CRESPI, D.; BOVER, P.; GINARD, A.; VADELL, M. i BARCELÓ, M.A. (2005). Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 7: les coves del Pilar i les mines de guix. *Frònters*, 27: 47-74.

VICENS, D.; CRESPI, D.; PLA, V.; BARCELÓ, M.A.; GRÀCIA, F.; GINARD, A. i BOVER, P. (2000): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 4: Puig Gros de Bendinat (1a part) (Calvià, Mallorca). *Frònters*, 23: 23-40.

# NOVES BALMES METAL·LÚRGIQUES A LES MUNTANYES D'ESCORCA I DE POLLENÇA

per Josep Antoni ALCOVER<sup>1</sup>, Miquel TRIAS<sup>2</sup> i Salvador ROVIRA<sup>3</sup>

## Resum

En aquest treball donam a conèixer una nova sèrie d'estacions arqueometal·lúrgiques que hem trobat a les muntanyes d'Escorca i de Pollença. Hi descrivim noves balmes metal·lúrgiques, nous jaços de morterets i presentam noves anàlisis de l'escòria trobada. Reinterpretam algunes pedres prèviament considerades com a betils com a pedres amb morters. Les activitats arqueometal·lúrgiques detectades documenten que l'obtenció de metall degué ésser un objectiu important a les comunitats prehistòriques mallorquines.

## Abstract

A new series of archaeometallurgical sites located at the mountains of Escorca and Pollença is presented in this paper. New rockshelters and stone mortars are described and new analyses of slag are included. Some stones previously considered as betyls are here interpreted as mortars. The metallurgical activities documented show that the extraction of metal was an important goal for the Mallorcan prehistoric communities.

## Introducció

A treballs anteriors (RAMIS *et al.*, 2004, 2005) hem documentat processos metal·lúrgics prehistòrics, alguns de cronologia incerta i d'altres associats a la primera fase cultural registrada a Mallorca. Aquesta fase cultural es caracteritza per la presència de ceràmica amb decoració incisa de tradició campaniforme, i la situam a finals del III mil·lenni cal aC (al darrer terç) i, possiblement, al començament del següent (e.g., COLL, 2001). No està clarament establert si aquesta fase pertany a l'edat del Bronze inicial o a l'edat del Coure tardana. L'existència d'una fase cultural anterior roman sense provar, d'acord amb l'evidència actual. Donada l'absència de documentació de fases culturals prèvies, associam la fase cultural amb ceràmiques incises amb l'arribada dels humans a Mallorca, la qual s'ha situat entre el 2350 i el 2150 cal BC (ALCOVER, enviat a publicar; BOVER & ALCOVER, en premsa). En definitiva, hem documentat que, com a mínim, des de moments propers a la primera arribada dels humans fins moments indeterminats del II mil·lenni aC (probablement fins moments de la segona meitat del II mil·lenni) a les muntanyes d'Escorca i de Pollença es va extreure mineral de coure, el qual es fonia sobretot al que hem anomenat "balmes metal·lúrgiques".

Abans de presentar els nous resultats de la nostra recerca, hem de dir que al treball anterior sobre el tema de la metal·lúrgia prehistòrica a Mallorca (RAMIS *et al.*, 2005), cometerem alguns errors en la determinació del terme municipal. Algunes estacions, concretament les balmes de s'Avenc, de s'Olivera i de Llebeig, situades en el terme de Pollença les situarem incorrectament en el terme d'Escorca.

Després de la publicació del nostre treball anterior (RAMIS *et al.*, 2005) hem continuat prospectant sistemàticament el territori als voltants de les estacions conegudes, ampliant la zona tot el que ha estat possible. Ens hem aturat allà on a les balmes hem deixat de veure escòria i on els camps d'escòria exteriors han desaparegut. Hem trescat tots els llocs on semblava probable l'activitat metal·lúrgica: penyals, cingles i timbes, els llocs plans on hi pogués haver un camp d'escòria i hem cercat cavitats, grans o petites que poguessin tenir interès arqueològic, a la zona quasi exclusivament metal·lúrgica. Tanmateix hem d'admetre que per bé que ho hàgim mirat, en un terreny tan aspre és fàcil que alguna cova o avenc ens hagi passat per alt. En el pla-nol de situació podem veure totes les cavitats visitades; d'aquestes només les registrades a l'Inventari Espeleològic (ENCINAS, 1997) hi figuren amb el topònim; a les que no eren conegudes i a les que no hem vist interès arqueològic no les hem posat nom.

Les característiques de les noves balmes descrites aquí són les mateixes de les cavitats descrites a la Taula 1 del treball anterior. El tema pendent d'aquests estudis és la confirmació segura de la font del mineral.

1 Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), Carretera de Valldemossa km 7,5, 07122, Mallorca. E-mail: vieapba@uib.es  
2 Secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca, Palma. E-mail: miquelordi@gmail.com  
3 Museo Arqueológico Nacional, Serrano 13, Madrid 28001. E-mail: salvador.rovira@MCU.ES

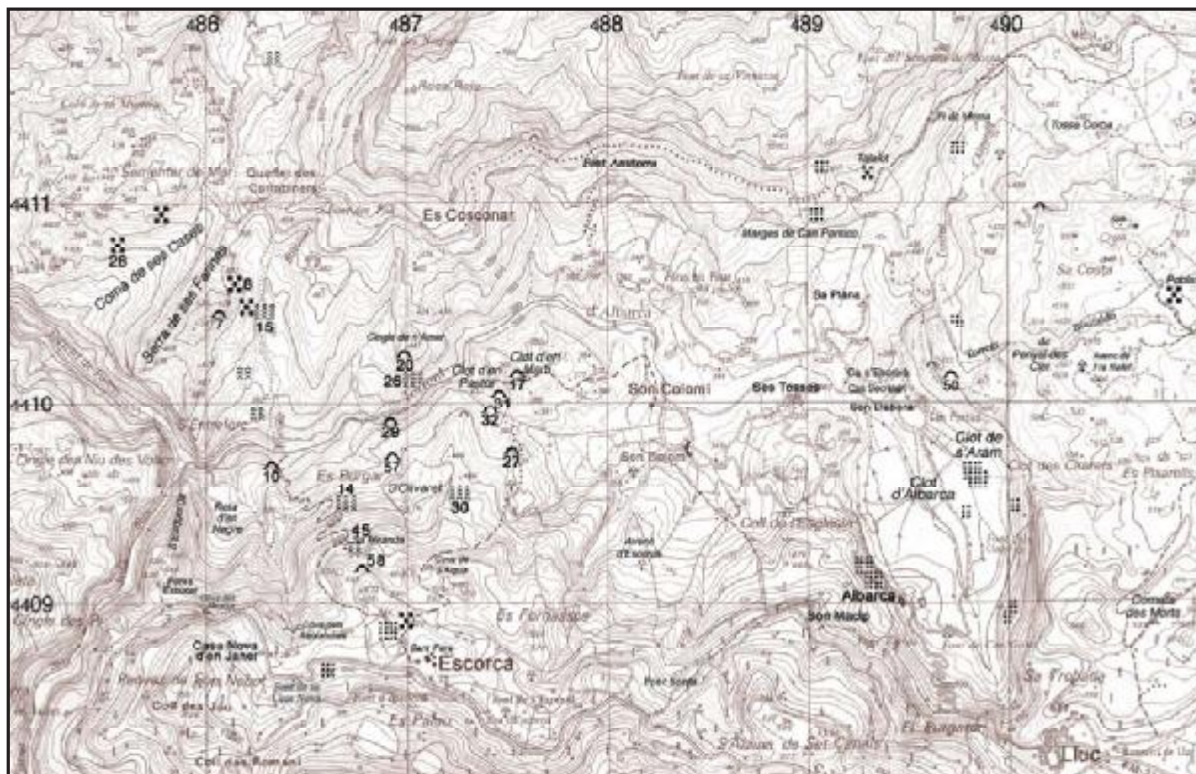
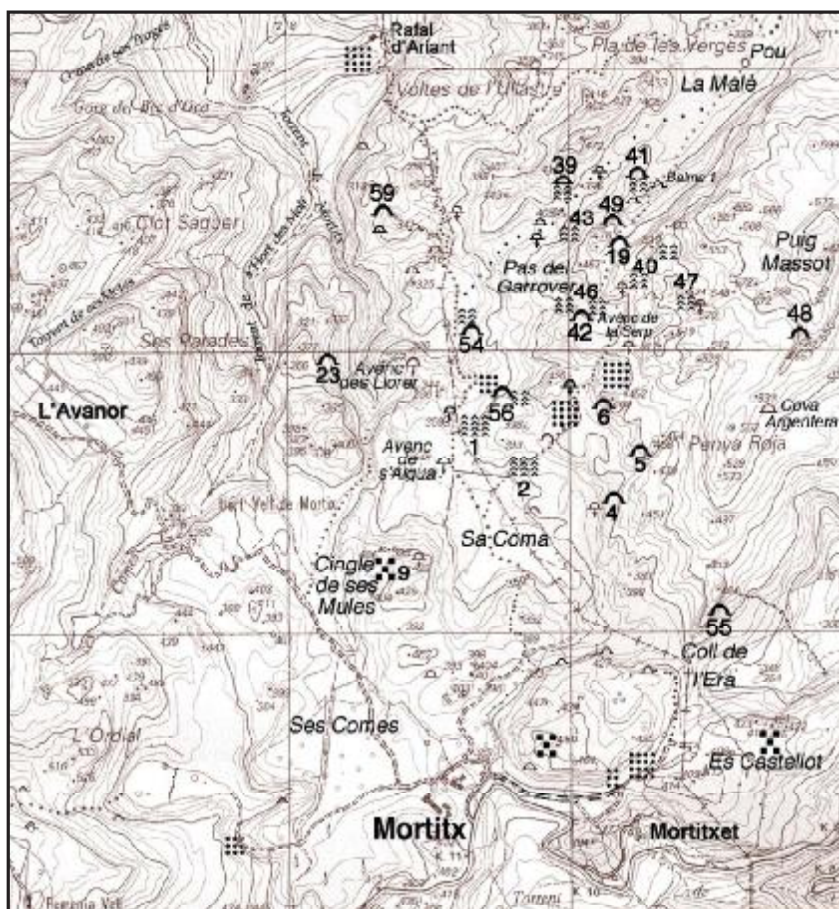


Figura 1: Mapa de l'àrea prospectada a la zona de Mortix-Ariant mostrant la localització de les estacions arqueometal·lúrgiques.

Figure 1: Map of the surveyed area with the archaeological stations.



- Balma arqueometal·lúrgica  
Archaeological metal smelting (furnace)
- Camp d'escòria  
Slag field
- Establiment prehistòric  
Prehistoric settlement
- Basalts del Keuper  
Keuper basalts

Figura 2: Mapa de l'àrea prospectada a la zona del clot d'Albarca-Escorca-Son Colom mostrant la localització de les estacions arqueometal·lúrgiques.

Figure 2: Map of the surveyed area with the archaeological stations.

No creim que pugui ésser altra més que els afloraments de basalt triàssic que trobam arreu de les zones prospectades, però encara no hem trobat cap lloc, ni al Clot de S'Aram, on hi hagi un material que poguem dir font de coure amb la quantitat que podríem esperar, donada l'activitat metal·lúrgica prehistòrica observada.

A la taula 1 incloem les noves estacions arqueometal·lúrgiques que hem trobat. Els símbols emprats són els mateixos que a la taula 1 de RAMIS *et al.* (2005) i les localitats referides a la taula 2 d'aquest treball apareixen llistades a l'esmentada taula de RAMIS *et al.* (2005). La numeració correspon al nostre catàleg general d'estacions arqueometal·lúrgiques. Les estacions 37, 38 i 44 (Maçana, pla de ses Bases i serra de Son Merill) no pertanyen a la zona geogràfica que aquí estudiem i no s'inclouen a la taula. Els camps d'escòria més importants apareixen associats a balmes metal·lúrgiques (amb l'excepció del camp d'escòries del Clot Cremat, al puig Massot, on no hi ha cap balma directament associada a l'escòria).

A continuació presentem la descripció de les noves balmes metal·lúrgiques, juntament amb la descripció d'una balma catalogada, però no figurada, al nostre treball anterior (la balma del Camí de la Malè). Indicam les evidències que tenim i que donen suport a la seva adscripció cronològica prehistòrica, així com la presència de jaços de morterets. A més de les balmes metal·lúrgiques, hem inclòs la descripció d'un avenc (l'avenc Esqueixat) que conté ceràmica prehistòrica i que se situa molt prop d'una de les estacions ja conegudes (la balma de Llebeig). Tot i no tractar-se d'una estació pròpiament metal·lúrgica, la proximitat a la balma de Llebeig i la presència de ceràmica prehistòrica probablement destinada a recollir aigua suggereix (però no demostra) que pot estar relacionada amb l'ús de la balma de Llebeig.

## Relació de balmes i coves amb evidència d'activitats metal·lúrgiques

### BALMA DEL CAMÍ DE LA MALÈ (Pollença)

Figurava a l'inventari del treball anterior (RAMIS *et al.*, 2005), però sense topografia ni descripció. La trobam a la vora nord del camí a la Malè pel pas del Garrover, allà on comença la davallada final. Es tracta d'un espai entre blocs caiguts des dels cingles del puig Massot que dominen el costat sud de la Malè. L'aspecte és d'un dolmen natural amb una penya a cada costat i una altra entravessada a damunt, que assoleix els 8,50 m d'alçada. El pis és pla i l'espai útil té una superfície de 30 m<sup>2</sup> tot i que l'aixopluc continua cap a les penyes un bon tros, però baix de sostre i mal pla de pis, i per tant incòmode per ésser habitat. En el costat nord i a l'exterior, vora l'entrada, s'observen fragments d'escòria.

### COVA DE SANT CANUT (Pollença)

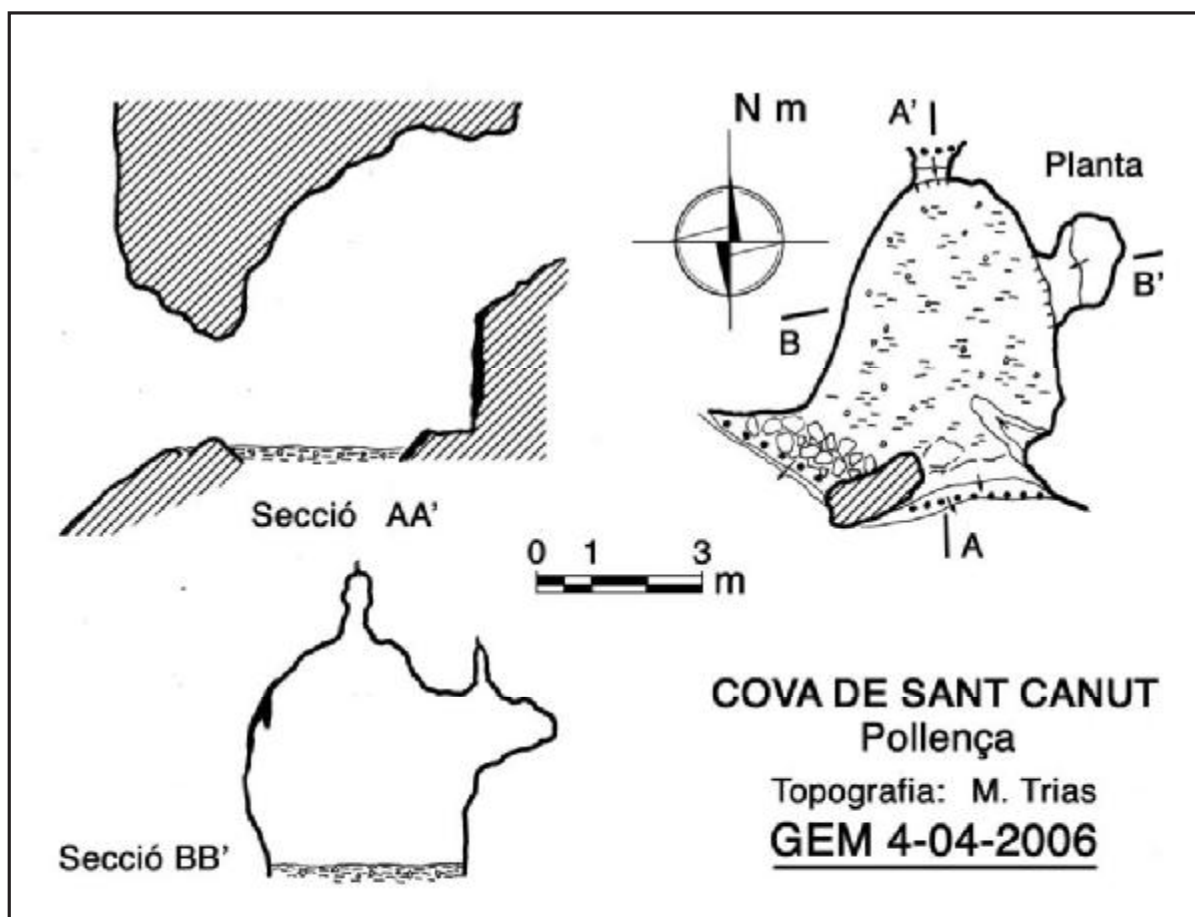
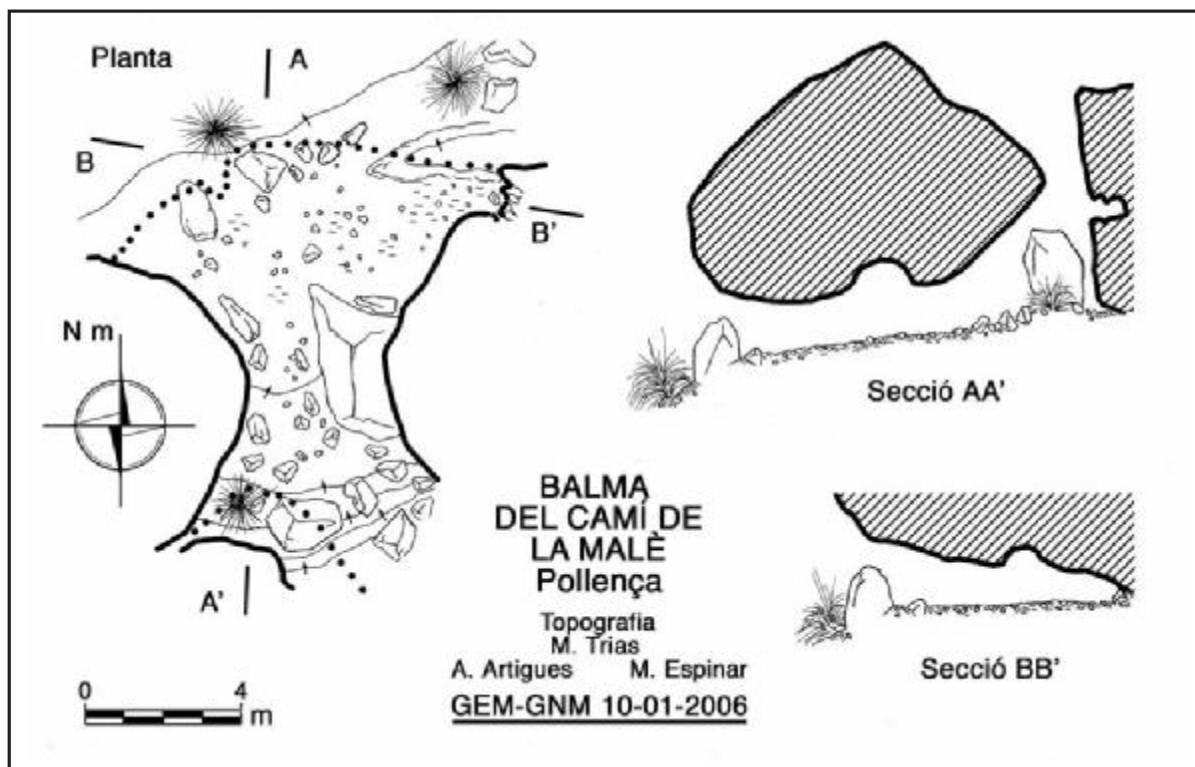
Cap a Llebeig, la vall o coma de la Malè es perllonga en una coma estreta i terrosa poc enclotada. En aquesta, i abans d'arribar a la davallada cap al camí del Rafal, trobam la cova penjada a unes penyes al costat nord. Es tracta d'un espai ovalat de 6 m per 4 m en planta. Té tres entrades: al nord una xemeneia, al sud l'entrada "normal", i al sudoest una oberta al penyal tancada amb una paret moderna. L'alçada màxima és de 5,60 m. El pis és pla cobert de terra, segurament obra de condicionament moderna. Hi ha un arranjament per

Nº Codí	Nom	Descripció	Nº Fragments	Materials arqueològics
19	Balma del Camí de La Malè	Balma	+++	
39	Cova de Sant Canut	Cova	++	
40	Timba damunt del pas del Garrover	Timba	++	
41	Balma 3 de la Malè	Balma	++	
42	Lo Marge	Balma	+++	
43	Torrent 100 m sota el pas del Garrover	Estació a l'aire lliure	2	
45	Sa Miranda	Estació a l'aire lliure	+	
46	Pas del Garrover	Estació a l'aire lliure	+	
47	Clot Cremat	Estació a l'aire lliure	+++	
48	Balma Roterà	Balma	+++	
49	Balma de la Palònia	Balma	+++	
50	Balma des Mussol	Balma	++	Ceràmica indeterminada
51	Coll del Morro de sa Vaca	Estació a l'aire lliure	+	
52	Es Bancalet	Estació a l'aire lliure	+	
53	Pla de la Sitja	Estació a l'aire lliure	++	
54	Clos de la Matota	Balma	++	
55	Coval de l'Era	Balma	+++	Ceràmica pretalaiòtica, jaç de morterets
56	Covallet dels Orats	Balma	+++	Ceràmica prehistòrica
57	Coval del Ratolí	Balma	+++	Ceràmica pretalaiòtica, jaç de morterets
58	Balma del camí d'Escorca a Es Burgar	Balma	+	
59	Balma Balladora	Balma	+	Ceràmica indeterminada, fragments de gressol, possibles percutors

Taula 1: Llocs localitzats amb presència d'escòria de coure (+++): acumulació d'entre 1 i 25 kg aproximadament, segons cada cas; ++: acumulació d'entre 0,25 i 1 kg aproximadament; +: materials escassos, normalment menys de 10 fragments petits).

Table 1: Sites with presence of copper slag (+++ roughly between 1 and 25 kg; ++ roughly between 0.25 and 1 kg approximately; + scarce material, usually less than 10 fragments).





a estades d'amants de la natura amb un cert confort: robes i estris de parament de casa: coberts, plats etc. Malgrat esser tant petita sembla que és una cova de gènesi freàtica vista la morfologia de corrosió. Si això és així, la cova s'hauria d'haver format en unes condicions topogràfiques molt diferents, amb el nivell del terreny a més de 15 metres per damunt de l'actual.

### BALMA 3 DE LA MALÈ (Pollença)

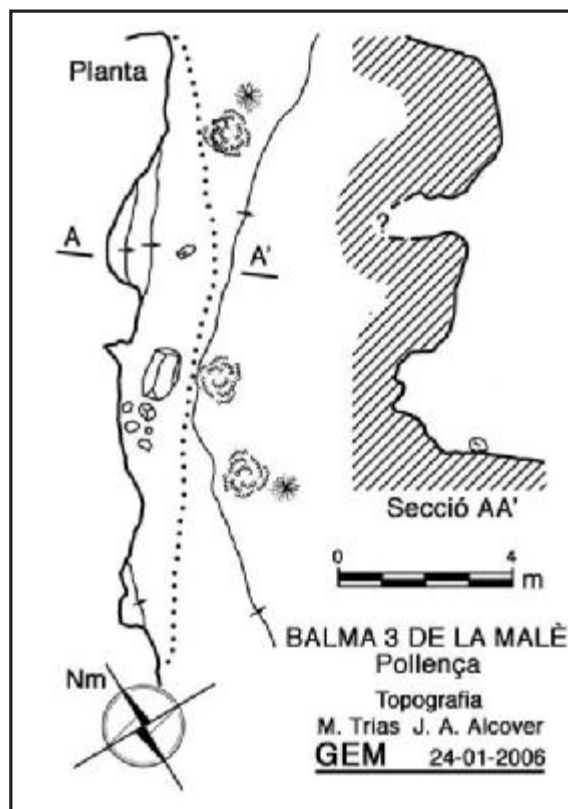
A l'extrem de llebeig el pla de La Malè es subdivideix en dues comes estretes. Al costat de xaloc de la carena que les divideix hi ha una timba per damunt d'un esquetjar. Aquesta timba fa una mica de barbacana de no més de dos metres d'aixopluc, oberta pels costats. L'indret es veu clarament quan començam a davallar des del pas del Garrover i el podem identificar per la presència d'una coveta a uns 5 m d'alçada, i també perquè seguint la timba cap al nord trobam un pas que comunica amb l'altra coma citada, per on és fàcil arribar al camí de Mortix al Rafal. Les mides de la zona coberta són de 15 m de llargada i 3 m d'amplada màxima, amb una superfície de no més de 15 m<sup>2</sup>. Res identificaria aquest lloc com a estació arqueològica, si no fos per la presència d'uns pocs fragments d'escòria.

### LO MARGE (Pollença)

En aquest cas no podem parlar de balma ni de cova, ja que el fenomen que descrivim no té pràcticament aixopluc. Es tracta d'un pla artificial, situat al peu d'una timba. La timba tanca pel sud una de les cometes carritxeres dins el territori esquerp als peus del pas del Garrover. Entre dues penyes que afloren s'ha construït, per mitjà d'un marge de 6 m de llarg i 0,60 m d'alt, un pla de 7 m per 5 m, amb una superfície aproximada de 32 m<sup>2</sup>, completament a cel obert. L'aspecte actual és el d'un rotllo de sitja carbonera, tret que no és rodó i és just a tocar de la timba. La presència d'escòria en superfície indica emperò palesament la seva funció. Si l'activitat metal·lúrgica a la majoria de balmes ja era un fet misteriós, més ho és encara que s'hagués aprofitat un lloc com aquest, sense aparentment cap característica especial.

### BALMA ROTERA (Pollença)

Al sud del cim del puig Massot, límit oriental de la vessant de la coma de Mortix a una altitud entre 500 i 550 m hi ha una cometa carritxera, que antigament devia esser una rota tancada a llevant per un cingle d'entre 15 m i 20 m d'alçada. Enfilada en aquesta paret a 5 m d'alçada sobre el terreny trobam una balma de pis pla, amb una filada de mates als peus. Entre aquestes veim grans blocs caiguts del cingle. Tot apunta a que el fenomen que descrivim ha estat originat per un encavalcament, a la secció apreciam una fractura i a la banda nord es veu clarament un paquet de milonites. Les parets d'accés a la balma són verticals, i l'únic lloc d'accés còmode, al nord, està tancat per un mur d'aspecte antic,

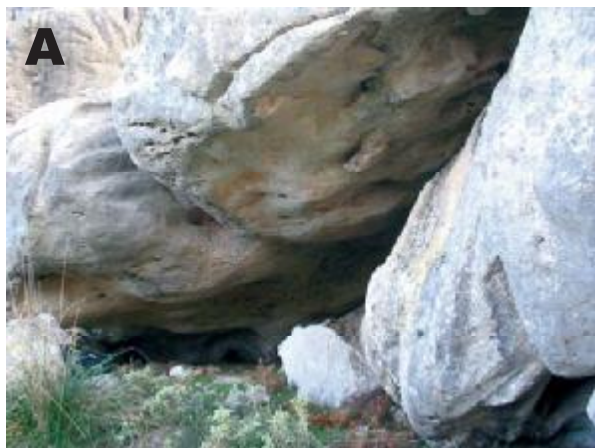


tal vegada per tancar-hi bestiar. Tanmateix no és fàcil aclarir si ens trobam davant una construcció prehistòrica.

Té una llargada de 30 m en direcció nord-sud i una amplada mitjana de 7 m; l'alçada del sostre és d'uns 3 m. La superfície útil que coincideix quasi amb la total és de 84 m<sup>2</sup>. El pis és quasi per tot roca nua. S'hi ha trobat escòria. També n'hem vist als peus de la timba, tot i que en poca quantitat en ambdós llocs. Les condicions d'habitabilitat d'aquesta caverna són molt bones, tot i que l'aigua és molt lluny i l'accés des dels llocs poblats no és gaire còmode. Tanmateix no creim que a la prehistòria hagi servit per res més que de refugi o de taller metal·lúrgic ocasional.

### BALMA DE LA PALÒNIA (Pollença)

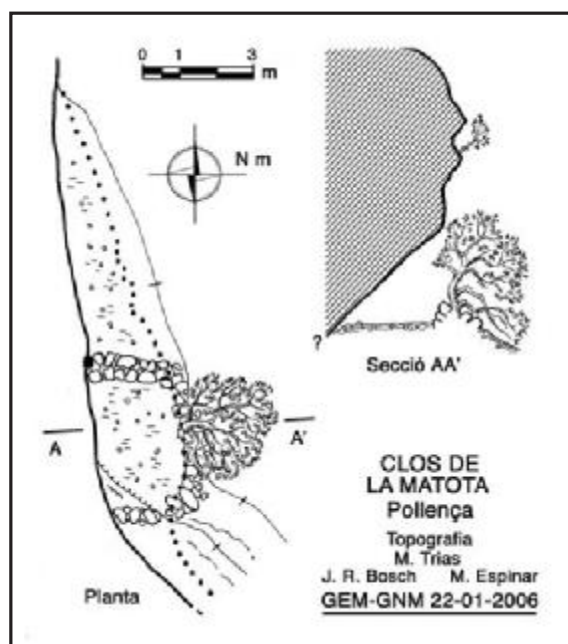
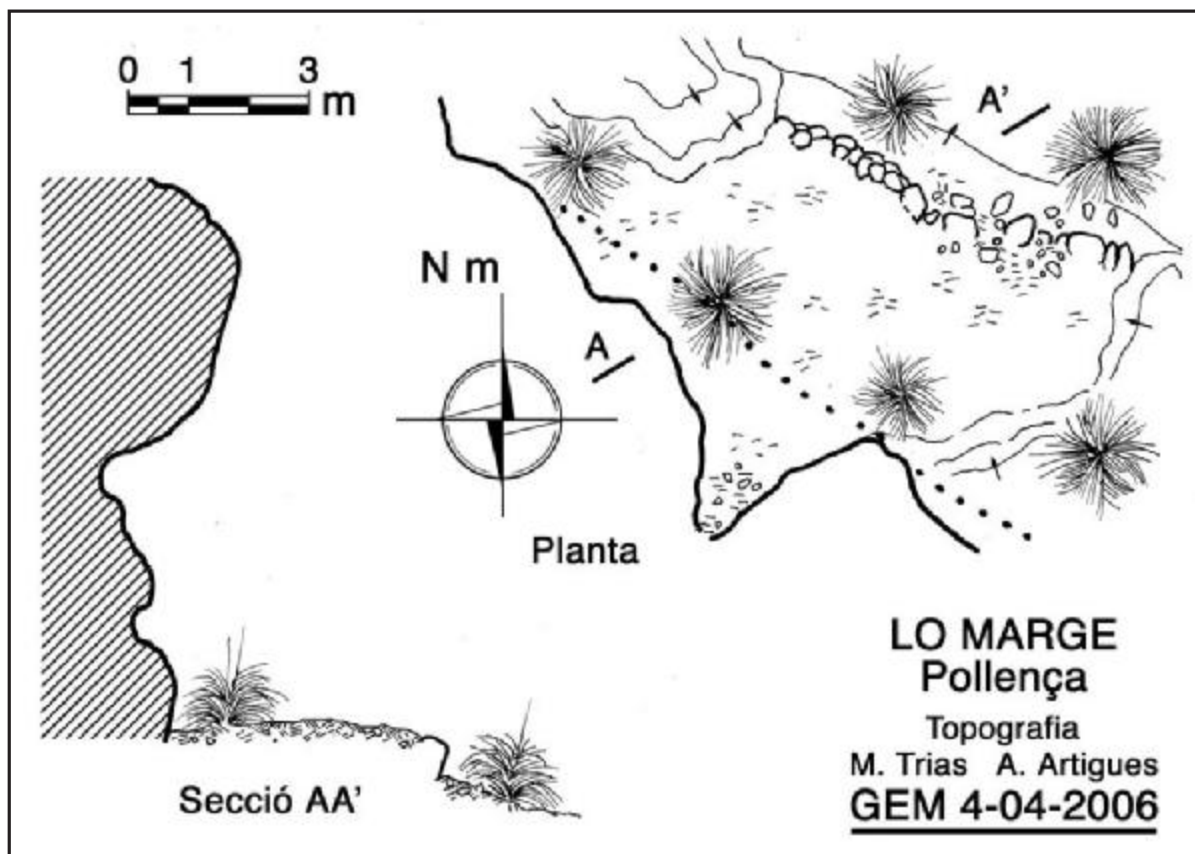
Com hem dit abans, La Malè fa un forcat a llebeig; la branca meridional arriba a convertir-se en un simple replà amb vegetació espessa, especialment de mates (*Pistacia lentiscus*). Tanca per xaloc aquest espai un cingle alt. Mig amagada entre les mates i als peus del cingle trobam la balma, un lloc humit on abunda la palònia (*Paeonia cambessedesii*) de vistosa flor vermella. Les dimensions són uns 26 m de llargada per uns 4 m d'amplada, el pis és majorment pla tret del costat nord, i l'espai aprofitable com a taller és de 60 m<sup>2</sup> aproximadament. El cingle sembla originat per un encavalcament sobre el qual s'ha generat el buit de la balma. També aquí la presència de bocins d'escòria és la prova de la utilització del lloc com a taller metal·lúrgic. Com a la immensa majoria d'aquestes balmes no hi ha cap indici de reutilització en època antiga.



Làmina 1: **A.** Balma del Camí de La Malè. **B.** Balma Roterà. **C.** Lo Marge. **D.** Timba damunt del pas del Garrover. **E.** Balma 3 de la Malè. **F.** Clot Cremat.



Làmina 2: **A.** Escòria del Clot Cremat, *ridge west of the stag*. **B.** Cova de Sant Canut. **C.** Balma de la Palònia. **D.** Balma des Mussol. **E.** Clos de sa Matota. **F.** Covalet dels Orats. **G.** Balma Balladora.



**BALMA DES MUSSOL (Escorca)**

Està situada a la carena entre Son Llobera—clot d'Albarca i el clot dels Cirerers, olivar abandonat. L'accés des de Son Llobera es fa per un camí empedrat des del qual podem connectar amb un altre camí que va cap a Sa Plana. Esta muntada sobre un encavalcament

d'eix N-S al peu del costat est del penyal que forma la divisòria. S'hi veu un bon paquet de milonites —indicades amb el símbol de bretxa a la topografia— que afloren per tot on la terra vegetal i la femta animal no l'han cobert. Es tracta d'una de les balmes amb més arrecer o aixopluc que coneixem: la dimensió màxima és quasi N-S i assoleix els 25 m, l'amplada és de 9 m i l'alçada

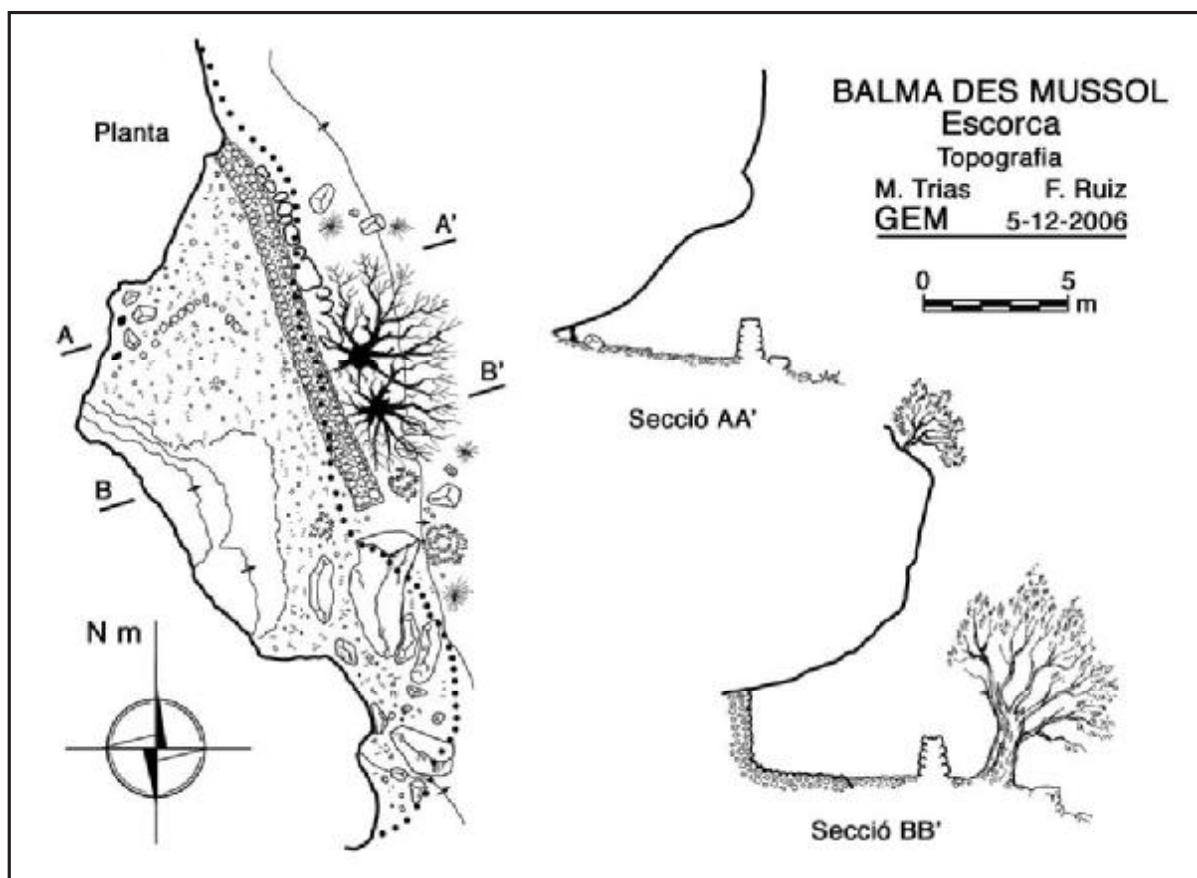
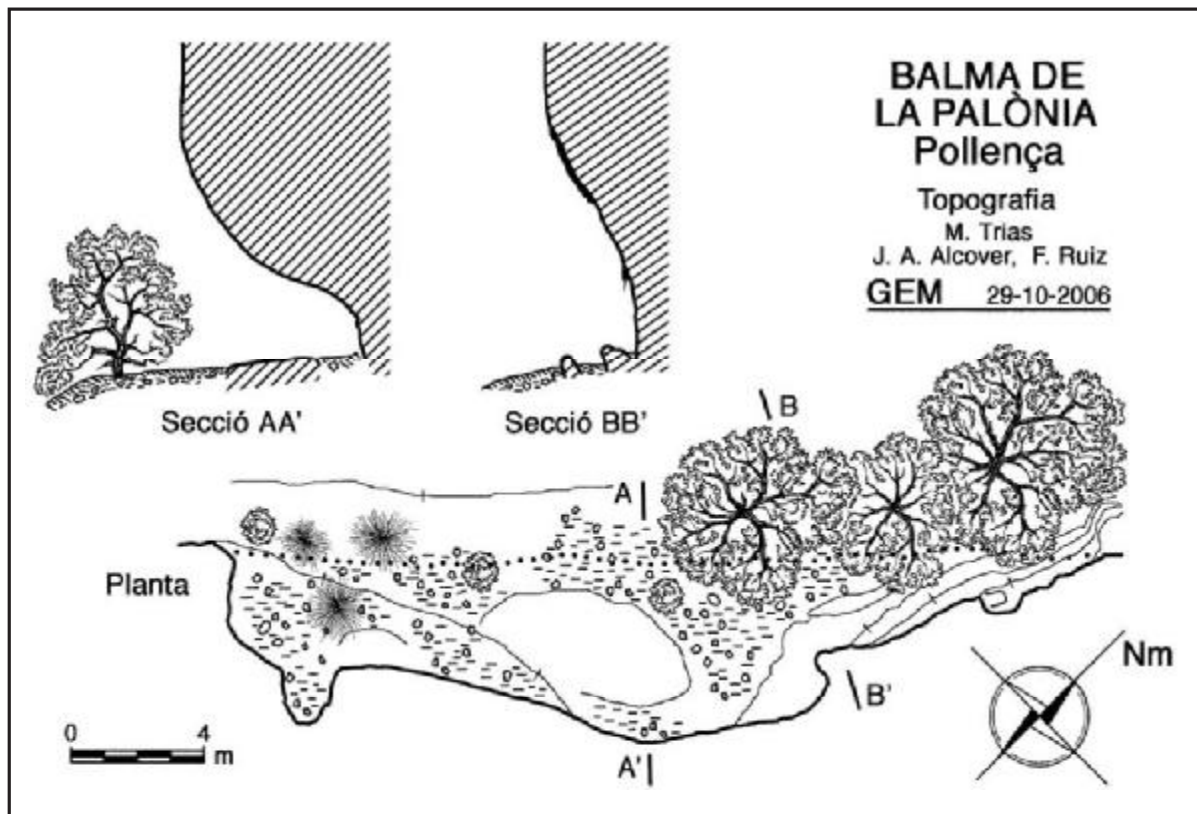




Foto 1: Coval de l'Era, vista general.

Photo 1: Coval de l'Era, general view.

de sostre de 5 m. Així queda determinat un espai quasi tot habitable de 80 m<sup>2</sup>.

Està tancada per una paret seca moderna de 14 m de llargada, la zona sud no té paret, una penyota caiguda tanca aquesta part i serveix de rebranca per al portal del corral format per paret i penya. Per fora de la paret seca hi ha algunes pedres d'entre 20 cm i un metre de gruixa que podrien esser el basament d'un mur prehistòric de 7 m de llargada; no està prou clar si és un mur o uns estrats naturals que dos grans ullastres han esbrellat. Hi hem trobat escòria de fosa de coure, alguns fragments de ceràmica indígena i pilots d'argila cuïta. Al límit nord de l'olivar, vora el torrent d'Alqueda hi ha un petit aflorament de basalt que podria esser una font del mineral.



Foto 2: Coval de l'Era. Pedra amb morterets.

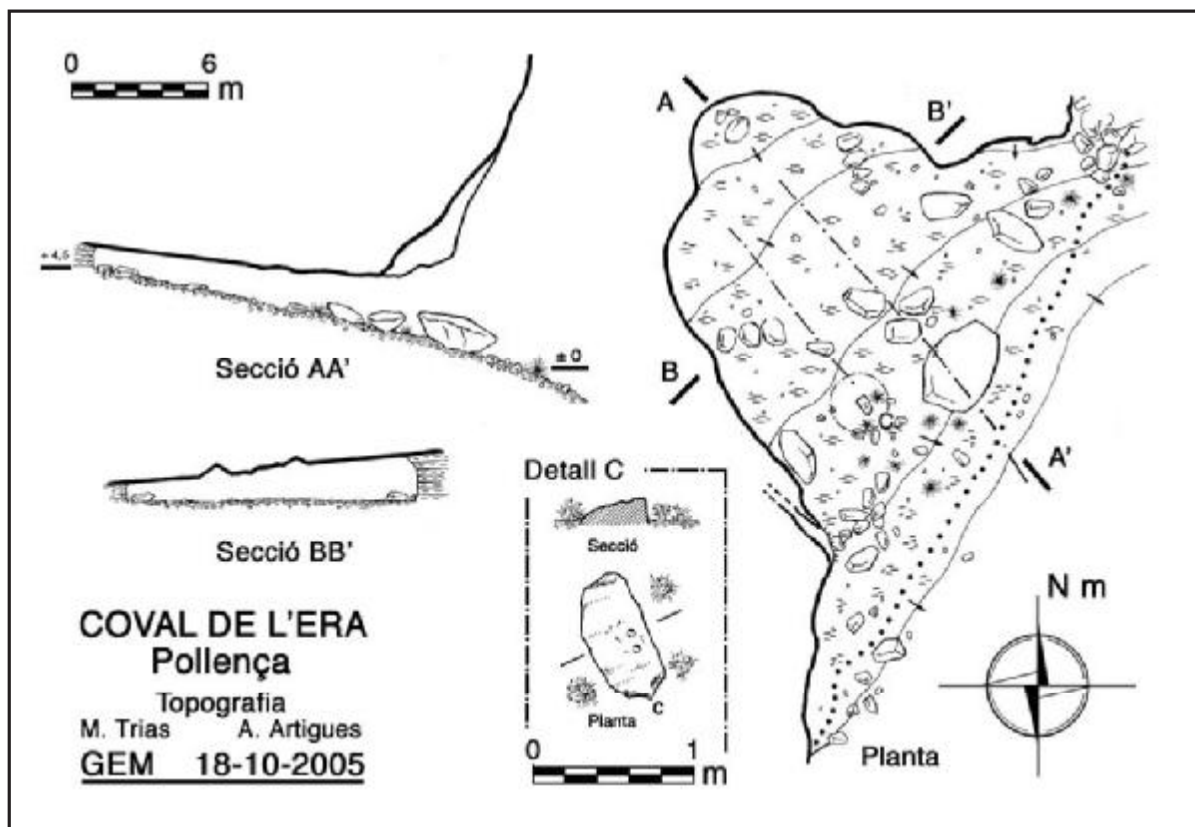
Photo 2: Coval de l'Era. Stone with mortar concentrations.

### CLOS DE LA MATOTA (Pollença)

La localitzam al peu d'un cingle orientat a gregal que comença allà on el camí de Mortitx al Rafal es fa ben pla, més avall de la coma de Mortitx. Aquesta és la primera d'una sèrie de balmes al peu d'aquest cingle i l'única que té prou espai per esser habitable. La forma en planta és afusada, completament oberta pels costats, la llargada és de 14 m i l'amplada màxima és de 2,50. En el lloc més ample hom ha bastit un clos de paret seca, baix i no gaire regular de 3,50 m per 2,50 m.

Tanmateix aquí la timba forma un angle de 45° amb l'horitzontal, de manera que l'espai a davall no resulta còmode per estar-hi dret. Com a molt la superfície útil seria d'uns 9 m<sup>2</sup>. En aquest clos neix una gran mata que fa poc visible la balma però a la vegada n'ajuda a la localització. Tot aquest cingle sembla originat per un encavalcament.

No s'hi ha observat escòria. Tot i això, coster avall, a uns 25 m, si que n'hi trobam. Com que normalment



trobam una rossegura d'escòria a l'exterior de les cavitats on l'activitat metal·lúrgica és prou evident, podem suposar sense esser gaire agosarats que en aquesta balma també hom va fondre mineral de coure.

### COVAL DE L'ERA ( Pollença)

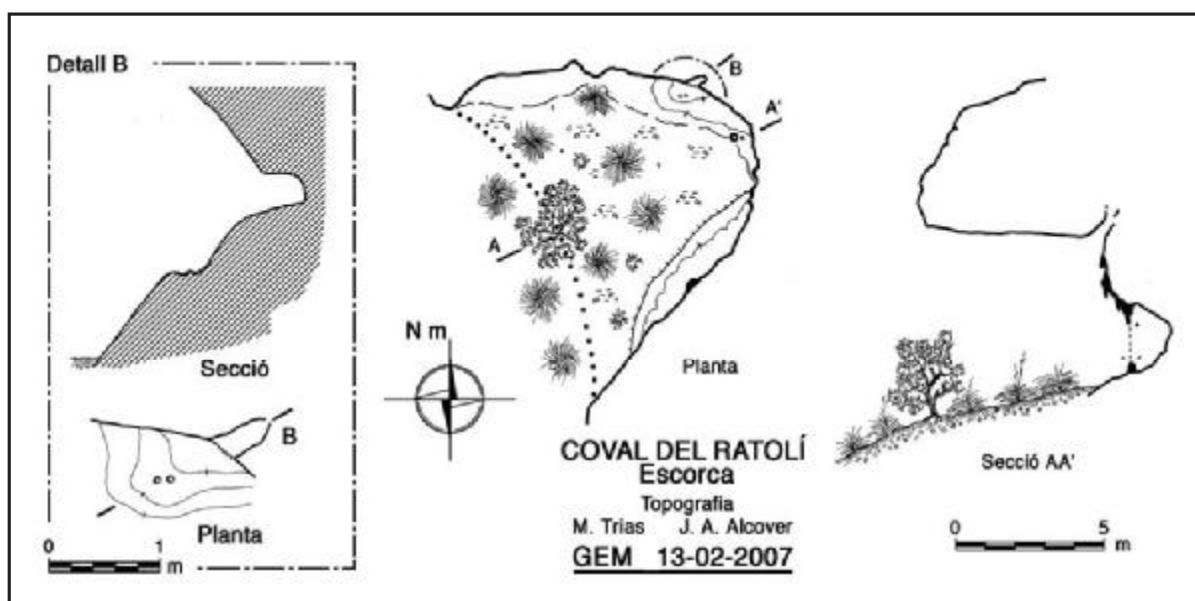
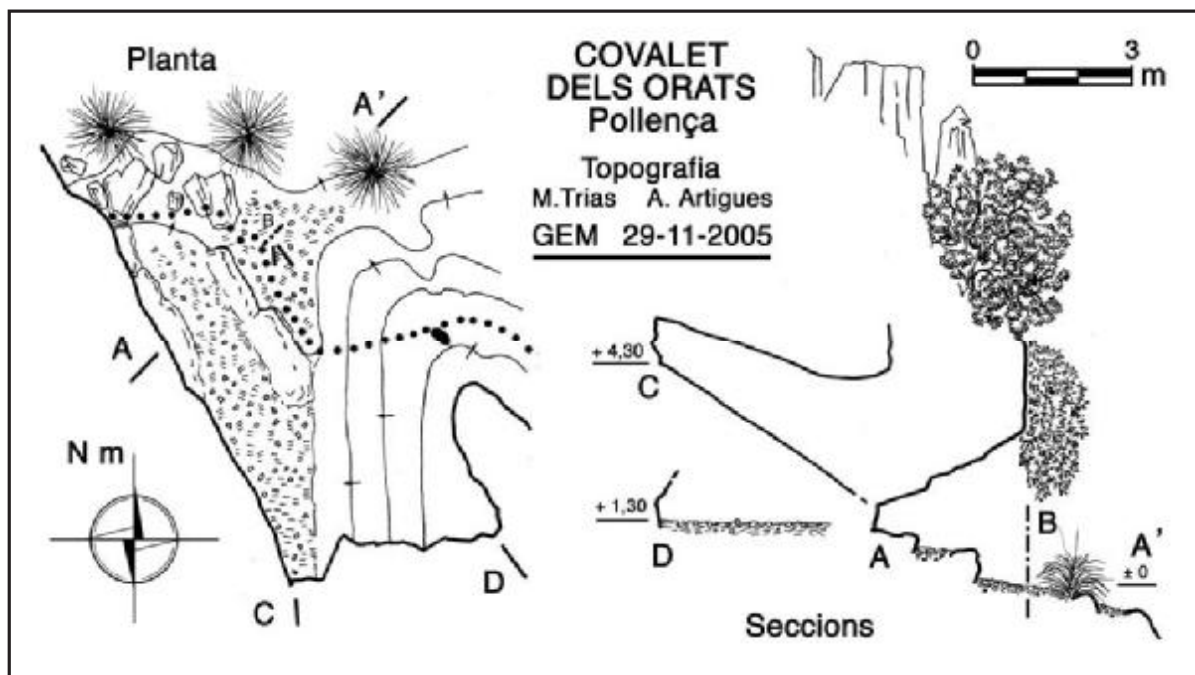
El coll de l'Era als peus de la penya Roja del puig Massot separa la coma de Mortitx i la vall de Pedruixella. El cingle de direcció NNE que envolta el puig Massot forma al sud una punta esmolada de no més de 30 m d'amplada amb parets verticals d'uns 40 m d'alçada. Al peus del cingle hi ha un coster sembrat de roques caigudes. Darrera aquestes, un conjunt de buits penetra dins el massís, aprofitant el contacte entre la roca compacta del Miocè inferior massiva, a dalt, i les margues del Miocè mitjà, a baix. Es tracta d'una excavació per erosió diferencial: sobre un encavalcament la roca compacta resisteix i les margues, estratificades finament —aproximadament els estrats tenen una gruixa d'un centímetre— es desfan i donen origen a les balmes. El fenomen s'estén per una llargada d'uns 200 m en tota la part sud-est de la penya Roja. Apreciam al sostre uns diedres d'eix subperpendicular a la timba, produïts per caiguda de blocs entre junts i diàclasis. La balma de l'Era és la part més meridional d'aquest conjunt de barbicanes. És l'única que estudiem perquè és la que té interès arqueològic. Tanmateix té una certa individualitat dins el conjunt: forma una cambra que penetra 19 metres dins el massís, limitada al nord per un lloc on la roca només vola 3 m.

En planta té forma vagament triangular amb el vèrtex interior arrodonit. El que podríem anomenar boca té 32 m de llargada, el costat llarg del triangle té 19 m. De manera que queda configurat un espai de 300 m<sup>2</sup> de superfície. El pis és ben pla i lleugerament ascendent, el sostre també és pla i ascendent cap a l'interior, tret d'allà on els esmentats diedres l'accidenten. L'alçada mitjana del paladar a l'entrada és de 4 m, però prest la convergència de sostre i pis fa que l'alçada minvi ràpidament, de manera que a 10 m de l'entrada només és de 1,50 m. Encara davalla més: al fons només és de 0,80 m. En conseqüència, l'espai ocupable, còmode per treballar, només és de 100 m<sup>2</sup>. Hi hem trobat alguns fragments d'escòria i una roca de 0,80 m per 0,40 m amb dos morterets, d'entre 6 cm i 3 cm de diàmetre. La gran superfície, l'orientació a migjorn i el pis pla la fan una de les millors balmes-taller conegudes. Tanmateix la presència de pocs fragments d'escòria ens fa pensar que només va servir ocasionalment per a l'activitat metal·lúrgica. També s'hi troba ceràmica indígena. Un detall inusual d'aquesta estació és que els morterets es troben a una gran pedra, no a la roca mare, com és habitual.

### COVALET DELS ORATS (Pollença)

Està ubicat al coster del puig Massot. Sortint de la coma de Mortitx, més o menys a l'alçada de l'avenc de l'Aigua, trobam un torrentó que puja cap a llevant. Vora el camí del Rafal el tàlveg és ben marcat, però més amunt pràcticament desapareix. Aquí es troba la bal-





meta que descrivim. N'ajuda a la localització una heura esponerosa que creix al damunt, coronada per un rellar (pinnacles).

Es tracta d'una petita balma formada a favor d'un encavalcament. Es veu clarament una fractura de 40 graus de pendent que puja cap a ponent. Les mides totals són de 8 m per 7 m en planta amb una alçada de 3 m a l'entrada, que va minvant cap a l'interior. Una paret artificial tanca l'aixopluc al nord. Entre aquesta i el pla de fractura queda un espai habitable de 20 m<sup>2</sup>. Tanmateix el pis mal pla i el poc espai no la fan un lloc gaire confortable per treballar-hi, però no hi cap dubte de la seva utilització en la fosa de coure, ja que hi podem veure abundant escòria —en relació a la superfície de la balma— i qualche fragment de ceràmica indígena.

### COVAL DEL RATOLÍ (Escorca)

La trobam al coster esquerre del torrent d'Albarca, davall de les cases d'Escorca —més o menys a la mateixa longitud geogràfica— i a uns 400 m d'altitud. Al peu d'un cingle que mira a ponent, de 12 m d'alçada i just a la vora d'un afluent poc marcat. Les dimensions són de 11 m per 7,5 m en planta i amb una alçada de sostre de 6,5 m, bastant uniforme. El pis és terrós cobert de càrritx. El sostre és pla a favor d'una discontinuïtat de la roca. Sembla més el romanent d'un aparell endocàrstic destruït que la clàssica balma sobre un encavalcament. La superfície útil és d'uns 20 m<sup>2</sup>, quasi la totalitat de la zona coberta o aixopluc.

Al costat nord, just vora la paret, en un replanet de



Foto 3: Coval des Ratolí, vista general.

*Plànol 3: Coval des Ratolí, general vista.*

la roca mare, trobam dos morterets d'uns 7 cm de diàmetre màxim. A l'exterior i en els llocs pelats s'hi veu escòria i alguns fragments de ceràmica indígena.

### BALMA BALLADORA (Escorca)

Situada a la part alta de la dreia hidrogràfica del torrent de Mortitx. La localització no és fàcil ja que mira a ponent en una zona de penyals esquerps, invisible des del lloc per on l'accés és més fàcil i lògic, de manera que no es veu fins que hi som. Per trobar-la convé pujar a la cresta que limita una coma carritxera que davalla cap al torrent a l'alçada del lloc on el camí del Rafal d'Ariant puja en ziga-zaga. Ens hem de situar a la citada cresta i avançar cap al nord-oest fins que la progressió es comenci a fer difícil. Per aquí és on hem de començar a cercar. Un referent per trobar la balma Balladora és la cova Curta, antic conducte davall d'una gran barbacana; la balma és una mica més al nord.

Si ens hem estès una mica explicant la situació és per insistir un pic més en el misteri de la ubicació de les balmes objecte del nostre estudi, a llocs tant enretirats, enfora i amb mal accés de dels punts habitats.

Té forma de mitja lluna amb unes dimensions en planta de 7 m per 5 m, enfilada damunt una cometa o dolinoïde, pla terrós entre penyes. Tot i ésser tant petita té dues parts ben diferents: la part sud és un coster de roca nua. Aquesta està xapada per una fesa d'uns 3 m de fondària, tapada per pedres, segurament posades per condicionar la balma. El costat nord té unes roques que han actuat com a marge, on s'ha dipositat terra i femta de cabres. El nivell d'aquests sediments és el

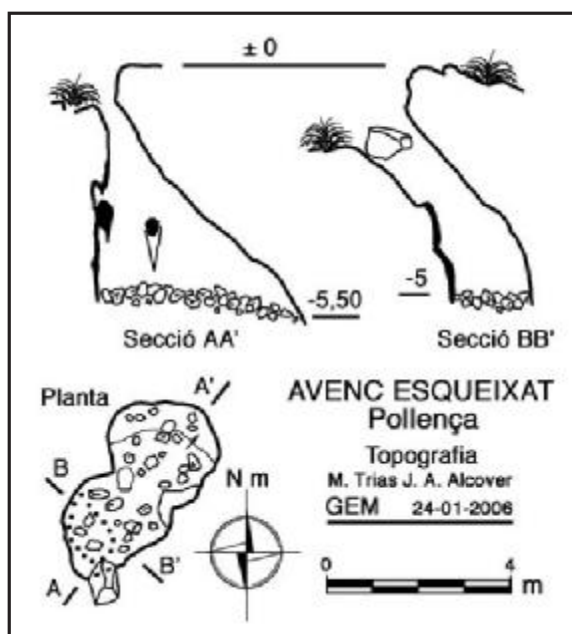
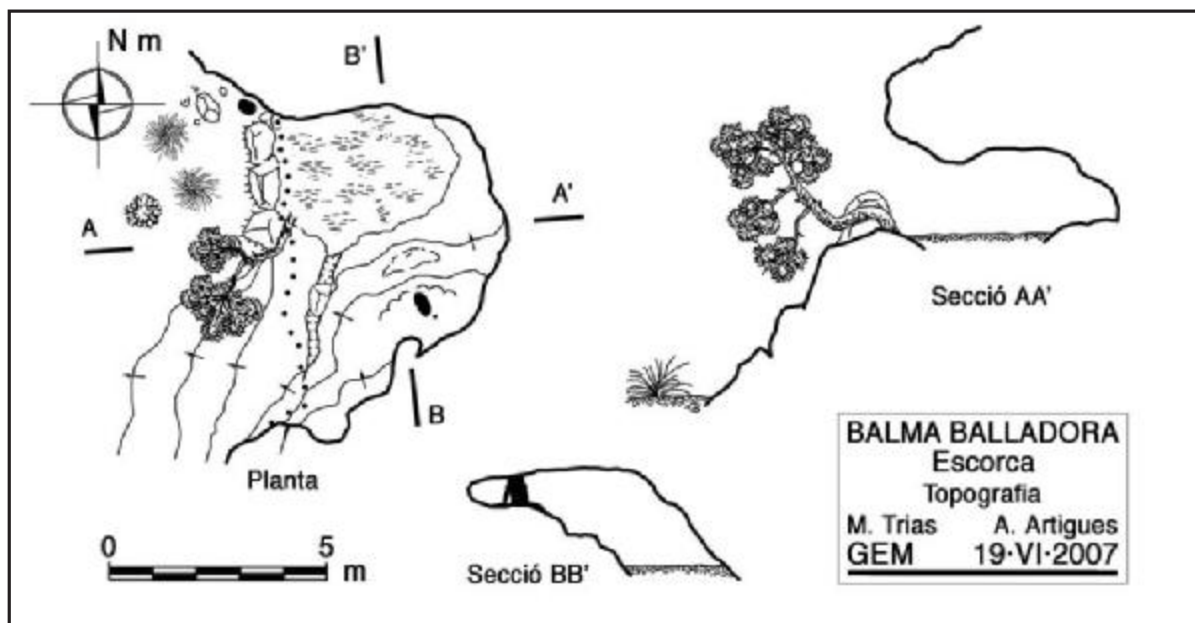


Foto 4: Coval del Ratolí. Jaços de morterets. .

*Foto 4: Coval del Ratolí. Mòdara concentracions.*

mateix que la roca del costat sud. De fet, creim que originalment el pis devia ésser inclinat per tot, les roques semblen caigudes naturalment. En tot cas s'hi podrien haver col·locat altres pedres per completar el marge i anivellar el pis de la cova. El sostre és cupular amb una alçada màxima de 2 m. L'únic espai aprofitable per habitatge i taller és la zona nord, amb una superfície d'uns 17 m<sup>2</sup>. L'origen de la balma com en tants d'altres casos és a partir d'un encavalcament, al costat est veim les milonites producte del cisallament.

A la part nord de l'exterior s'aprecien alguns fragments d'escòria i de gresol, com també qualche trosset de ceràmica indígena i un únic tros del que sembla



ceràmica vidriada andalusí. Per la poca abundància d'escòria pensam que aquesta balma serví només com a taller metal·lúrgic ocasional.

#### AVENC ESQUEIXAT (Pollença)

Està situat al costat de ponent dels grans afloraments de basalt del camí del pas del Garrover, a 410 m d'altitud en un lloc poc característic, i amb una boca petita que el fan mal de trobar. Es tracta d'una forma vertical endocàrstica de perfil hemifusiforme irregular amb una fondària de 5,50 m. Les parets presenten una morfologia mixta de corrosió i litogènica, i el pis està cobert d'enderrocs, les característiques d'una gènesi de

disolució. La relació d'aquesta cavitat amb l'activitat metal·lúrgica o almenys de l'ocupació prehistòrica de la zona la indiquen els fragments de ceràmica indígena que s'hi troben; que són d'una peça de bona mida, potser emprada per arreplegar aigua d'un degotís.

#### Morters

En aquest treball s'ha documentat dues noves balmes amb jaços de morters, el coval de l'Era i la balma Balladora. Fins ara (RAMIS *et al.*, 2005) havíem documentat set jaços de morters trobats a penyes o roques no transportables de diferents balmes metal·lúrgiques. A diferents estacions continentals són freqüents les pedres amb morters ("pedres coconeres") mòbils (e.g., HUNT, 2003).

A Mallorca coneixem, com a mínim, dues pedres mòbils amb cocons. Una és l'anomenat "betil de cala Sant Vicenç". Aquesta pedra fou obtinguda en superfície, fora de context estratigràfic, prop d'una de les coves artificials funeràries de l'Edat de Bronze de cala Sant Vicenç (l'hipogeu número 6). Ha estat interpretada en repetides ocasions com a un betil (e.g., GUERRERO, 1997; GUERRERO *et al.*, 2006: 127), és a dir com a un petit ídol, com a una pedra anicònica que simbolitzaria una imatge divina o sagrada objecte de culte. La seva identificació com a betil té implicacions d'abast general, ja que habitualment es considera que l'origen dels betils és semític occidental i que, de confirmar-se la seva existència, haurien arribat a la península ibèrica a través dels fenicis (e.g., MARIN CEBALLOS, 2000-2001; GONZÁLEZ-RUIBAL, 2006). La suposada presència de betils a la prehistòria antiga de Mallorca contradiria aquesta aproximació, ja que representaria l'existència d'un culte petri molt anterior a l'expansió del mateix pels fenicis i a un indret ben allunyat de la seva suposada àrea d'origen.

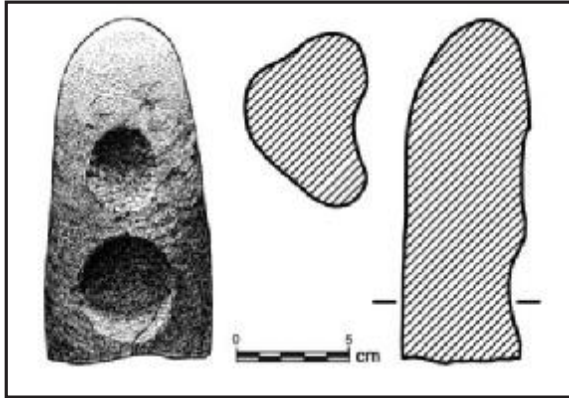


Figura 3: L'anomenat betil de cala Sant Vicenç.

Figure 3: The so called "Cala St Vicenç betyl".

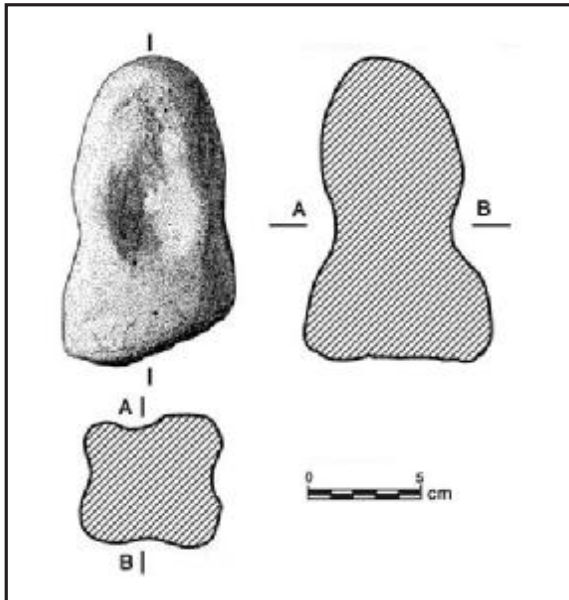


Figura 4: El suposat betil del poblat del Mitjà Llarg .

Figure 4: The supposed betyl from the village of Mitjà Llarg.

En realitat, la morfologia de l'anomenat "betil de cala Sant Vicenç" s'ajusta bastant a la d'una simple pedra amb morterets, com les que a altres indrets es relacionen amb la metal·lúrgia prehistòrica (e.g., HUNT, 2003). La seva interpretació com a pedra amb morterets no és forçada, com ho és la seva consideració com a objecte sagrat de culte, i s'adiu bé amb el que sabem a altres indrets. No sabem si aquesta pedra amb morterets podria haver estat relacionada amb la metal·lúrgia prehistòrica o amb alguna altra activitat capoladora. Els cocons que presenta difereixen només lleugerament dels trobats als jaços amb morterets, els quals estan clarament relacionats amb la metal·lúrgia prehistòrica de coure. Si la interpretació que presentam és correcta, i si aquesta pedra provingués realment d'algun dels enterraments de cala Sant Vicenç, el significat de la seva presència a (o devora d') un hipogeu no seria diferent del de la presència d'altres objectes de la vida quotidiana

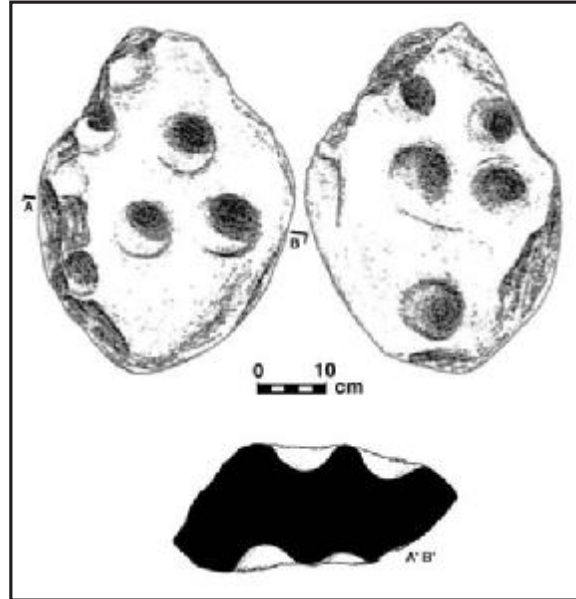


Figura 5: Pedra amb morterets de Castrejones (Aznalcóllar, Sevilla; agafat de HUNT, 2003).

Figure 5: Stone with mortar holes Castrejones (Aznalcóllar, Sevilla; from HUNT, 2003).

na de les persones enterrades (com atuells ceràmics o instruments d'os o de metall), i no caldria que fos considerat com a un objecte especialment sagrat.

Al Museu de la Porciúncula hi ha una segona pedra presentada a l'exposició com a un betil, que s'indica que procedeix d'una prospecció superficial del talaiot del Mitjà Llarg (a Son Serra de Marina, Santa Margalida). Aquesta pedra, de la qual no coneixem referències bibliogràfiques, la interpretam com a una nova pedra amb morterets, tal volta relacionada amb activitats metal·lúrgiques. Es tracta de la meitat d'un còdol allargat de forma piramidal, aparentment d'arenisques quarzoses, que presenta quatre cocons a les seves quatre cares laterals. La seva cronologia és incerta, en tractar-se d'una troballa superficial.

La interpretació que aquí feim sobre aquests suposats betils suggereix que les anàlisis interpretatives s'haurien d'estendre a la resta d'elements considerats com a objectes de culte dels mallorquins que vivien a l'edat de Bronze.

## Noves anàlisis de l'escòria

Als treball anteriors (RAMIS et al., 2004, 2005) ja s'havia fet una primera identificació de les característiques de les escòries trobades a les estacions serranes mallorquines. Com que les mostres analitzades abans n'eren poques, en una segona fase se n'han analitzat una vintena més. En aquesta ocasió hem emprat el microscopi electrònic de rastreig (MER) del Servicio Interdepartamental de Investigación (SIDI) de la Universidad Autónoma de Madrid. Els resultats, com veurem ben aviat, coincideixen totalment amb els publicats prèviament.

Estació	Nº Anàlisi	Fase	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	CaO	FeO	NiO	CuO	SO
Balma de s'Olivera	BOP-1/2	Anàlisi global	6,94	15,2	42,1	nd	nd	3,51	1,75	26,0	3,50	nd	nd	1,00
Balma de s'Olivera	BOP-1/3	Cristall	10,6	8,93	41,6	nd	2,26	1,22	nd	33,9	1,47	nd	nd	nd
Balma de s'Olivera	BOP-1/4	Matriu	4,41	19,7	43,2	nd	nd	5,71	3,16	16,5	4,27	nd	nd	nd
Balma de s'Olivera	BOP-2/2	Anàlisi global	5,87	14,8	43,4	nd	2,12	2,77	2,06	24,9	3,76	nd	nd	nd
Balma de s'Olivera	BOP-3/2	Anàlisi global	8,79	13,7	39,9	nd	nd	6,40	2,57	19,7	7,22	nd	1,41	0,25
Balma de s'Olivera	BOP-4/2	Anàlisi global	5,37	13,3	41,2	nd	nd	2,64	1,08	30,4	6,00	nd	nd	nd
Balma des Burgar	LOC10-1/3	Anàlisi global	5,33	14,8	51,5	nd	nd	6,41	2,16	9,84	9,54	0,38	nd	nd
Camí des Burgar	LOC14-1/3	Anàlisi global	6,24	13,7	43,9	nd	nd	4,34	1,79	19,6	8,89	1,54	nd	nd
Balma den Martí	LOC17-1/3	Anàlisi global	7,38	14,8	46,6	nd	nd	4,32	2,05	18,0	6,92	nd	nd	nd
Pas de sa Mata	LOC26-1/3	Anàlisi global	6,61	14,6	51,3	nd	0,63	4,65	1,54	13,7	6,94	nd	nd	nd
Naveta Llunyana	LOC28-1/3	Anàlisi global	9,20	15,2	45,7	nd	2,22	4,44	1,99	16,3	4,89	nd	nd	nd
Ses Covases	LOC29-1/6	Anàlisi global	8,32	14,8	49,8	nd	nd	5,40	2,10	11,0	7,52	nd	0,82	0,25
Mortitx-3	LOC03-1/3	Anàlisi global	5,37	13,6	48,3	nd	nd	4,55	1,89	20,1	6,13	nd	nd	nd
Clot de sa Partió	LOC30-1/3	Anàlisi global	7,01	15,7	48,2	0,53	1,28	3,43	2,22	16,1	5,03	nd	0,50	nd
Clot de sa Partió	LOC30-2/2	Anàlisi global	6,43	14,9	50,5	nd	nd	5,61	2,28	11,4	7,47	nd	1,00	0,47
Balma de s'Avenc	LOC04-1/3	Anàlisi global	6,86	17,4	53,7	nd	3,22	2,81	2,61	10,6	2,82	nd	nd	nd
Balma de Llebeig	LOC06-1/6	Anàlisi global	6,13	16,4	49,0	nd	1,84	1,75	1,91	19,4	3,52	nd	nd	nd
Balma de Llebeig	LOC06-2/3	Matriu	1,88	20,7	47,0	nd	2,13	1,98	1,38	17,5	7,43	nd	nd	nd
Balma de Llebeig	LOC06-2/4	Cristall	12,4	14,7	44,2	nd	nd	nd	3,48	22,2	3,01	nd	nd	nd
Balma de Llebeig	LOC06-2/6	Anàlisi global	8,00	17,4	48,2	nd	3,23	2,28	2,26	14,2	4,32	nd	nd	nd
Serra de ses Farines	LOC08-1/3	Anàlisi global	6,15	13,3	45,5	nd	nd	3,90	1,38	25,9	3,89	nd	nd	nd
Cingle de ses Mules	LOC09-1/6	Anàlisi global	7,00	17,2	52,3	nd	4,46	2,48	2,66	10,2	3,76	nd	nd	nd

Taula 2: Anàlisi semi-quantitativa de les fases minerals a les escòries (microsonda FRX del MER; % en pes com òxids; nd, element no detectat). Localitats com a la taula 1 de RAMIS *et al.* (2005).

Table 2: Semi quantitative analyses of the mineral phases at the slag (MFR FRX microprobe % of weight as oxides; nd, undetected element). Localities as in Table 1 of RAMIS *et al.* (2005).

Les escòries tenen l'aspecte de fragments de vidre de diversos colors. Són generalment fragments d'una massa major, però que no seria més gran que un puny. L'anàlisi demostra que es tracta d'un silicat complex ric en CaO i pobre en FeO (pel que cal esperar en una escòria metal·lúrgica corrent), amb quantitats importants de MgO i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Es a dir, un silicat del grup de la melilita. La Taula 2 mostra els resultats de les anàlisis. La majoria de les mostres tenen una microestructura amorfa típica d'un vidre, però n'hi ha dues que ofereixen signes de formació de cristalls segregats d'una composició no gaire diferent de la composició de la matriu (Fig. 6). És un signe de refredament lent del material fos, al qual, per ara, no podem donar més importància a banda constatar el fet.

Com podem veure en la figura 6, el vidre està sembrat de bolletes microscòpiques (blanques) de coure, sulfur de coure i, menys sovint, d'òxid. Les de sulfur solen contenir també ferro, fins un màxim del 15%. Les de metall solen contenir inclusions de sulfur i, a voltes, d'òxid, bé a la matriu o bé formant una capa envoltant. La figura 7 en mostra un exemple. Dues escòries, LOC-10 i LOC-14, contenen níquel, qualitat que pot ajudar més endavant a identificar la procedència del mineral. El coure metàl·lic retingut a les escòries dissol fins un màxim del 3% de níquel.

Les pèrdues totals de coure en aquestes escòries vítries són molt baixes, inferiors a l'1% per terme mitjà, la qual cosa contrasta vivament amb allò que sabem de les escòries prehistòriques més antigues, amb pèrdues de més del 5% (ROVIRA, 2002; HAUPTMANN, 2003). Només una mostra, BOP-3, de la Balma de s'Olivera, supera lleugerament l'1%.

A hores d'ara són escòries molt singulars i, encara

que semblants als "laitiers" de l'obtenció de ferro, no tenim cap dubte que són escòries de coure: tant les inclusions de bolletes de metall com de sulfur de coure-ferro ho pregonen ben alt. RAMIS *et al.* (2005) van llançar la hipòtesi de què podrien haver-se format al reduir un mineral mescla d'òxids i sulfur de coure amb ganga de quars i roca calcària.

A la Localitat 20 s'ha trobat una massa d'argila amb una part vidriada que bé podria ser un fragment de la paret d'un forn metal·lúrgic. Hem identificat en la part escorificada filaments microscòpics de coure i inclusions de clorur de coure (producte de la corrosió del metall) (Fig. 8) que argumenten a favor d'una reducció *in situ*.

## Comentaris finals

Aquest treball amplia el coneixement que tenim sobre la mineria i metal·lúrgia prehistòrica a les muntanyes d'Escorca i de Pollença. Tot i que no podem garantir que totes les estacions trobades corresponen a activitats metal·lúrgiques prehistòriques, el que sí que s'ha documentat és que algunes d'aquestes estacions estan indubtablement relacionades amb la prehistòria de Mallorca de les darreries del III mil·lenni aC i de moments del II mil·lenni aC. Ara per ara no s'ha trobat cap estació que documenti inequívocament activitats mines i metal·lúrgiques en períodes històrics, i és molt probable que totes les localitats esmentades als nostres treballs siguin d'època prehistòrica. El fet que tota l'escòria analitzada sigui homogènia suggereix que fou produïda

Figura 6: Imatge del MER de l'escòria LOC6-2 (electrons retrodispersats). Cristalls naxents del grup de la melilita. El cerclets blancs són bolletes de coure.

Figure 6: SEM view of LOC6-2 slag (back dispersed electrons). The emerging crystals belong to the melilita group. The white circles are copper balls.

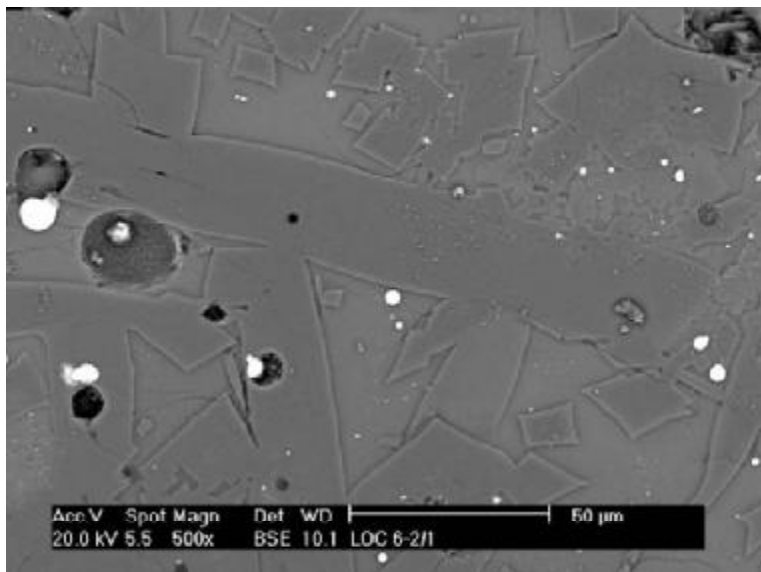


Figura 7: Imatge del MER de l'escòria LOC29-1 (electrons retrodispersats). Bola metàl·lica formada per una matriu de coure metall (blanc) contenint sulfur de coure i ferro (gris clar).

Figure 7: SEM view of LOC29-1 slag (back dispersed electrons). Metallic ball consisting of a copper metal matrix (white) containing copper and iron sulfur (gray light).

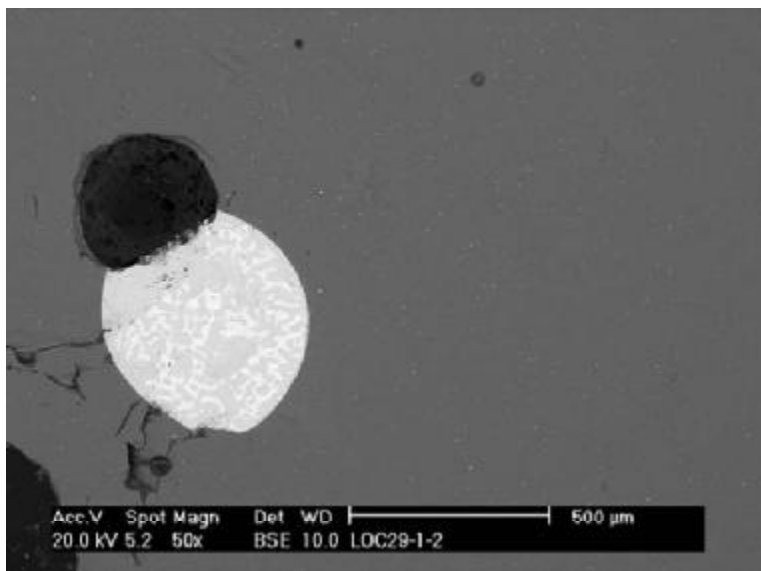
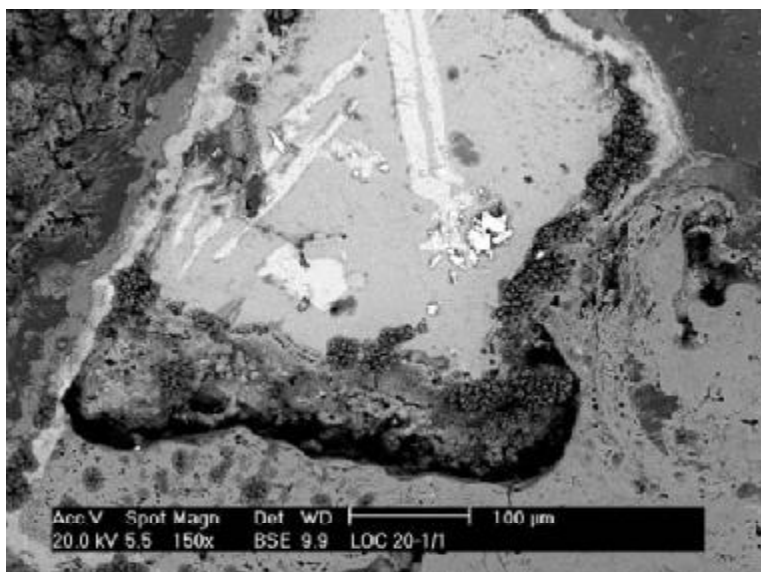


Figura 8: Imatge del MER del fragment de argila escorificada LOC-20 (electrons retrodispersats). Filaments blancs de coure en la part vidrada.

Figure 8: SEM view of the LOC 20 slagged clay fragment (back dispersed electrons). At the glazed part, copper white filaments.



mitjançant una mateixa tecnologia, sense les innovacions rellevants que podríem esperar si els processos metal·lúrgics s'haguessin realitzat en època històrica.

La troballa d'aquestes estacions representa la incorporació del major nombre de nous jaciments prehistòrics que s'ha realitzat els darrers anys, a l'illa de Mallorca, tant si se considera la totalitat dels jaciments trobats com si se considera només el nombre dels jaciments on es documenta la relació de l'escòria amb ceràmica prehistòrica.

S'ha passat de 35 estacions arqueometal·lúrgiques esmentades al nostre anterior treball (RAMIS *et al.* 2005) a 56 a la zona d'estudi d'aquest treball, i s'ha estès l'àrea arqueometal·lúrgica prèviament coneguda. S'ha trobat una estació (balma del Mussol) entre les dues àrees arqueometal·lúrgiques prèviament identificades. Manquen encara per trobar les fonts de mineral. Històricament hi ha hagut explotació de mineral de coure al Clot de s'Aram o Clot d'Albarca, però les mines estan actualment enterrades (Dr Pere Enrique, com. pers). Algunes de les estacions arqueometal·lúrgiques trobades podrien haver estat relacionades amb els afloraments del Clot d'Albarca (amb l'explotació directa del mineral de coure al mateix clot o amb l'arreglada de còdols de mineral transportats pel torrent d'Albarca). Aquesta, però, no ha hagut de ser l'única font de mineral, ja que moltes de les estacions trobades se situen molt enfora.

L'abast de les activitats mineres és relativament important a l'àmbit geogràfic estudiat, com suggereix el nombre i concentració de localitats a una zona on les fonts minerals semblen molt escasses. Fossin on fossin, els afloraments de mineral de coure varen ser trobats pels prehistòrics. Pensam que l'obtenció de coure a la societat mallorquina de finals del III mil·lenni i del II mil·lenni aC degué ser una activitat molt preuada. L'accés al metall a través de la mineria i metal·lúrgia que hem descrit als nostres treballs degué representar una porta d'accés a la tecnologia (tant d'ús domèstic com a de prestigi) que degué tenir una certa transcendència, sobretot en moments en que els contactes amb l'exterior eren escassos o nuls, o a indrets on no arribaven els bens d'importació. En termes de coneixements necessaris, d'habilitat tècnica requerida i d'utilització de recursos, l'obtenció de metall fou probablement l'activitat documentada tecnològicament més complexa que es va fer a la prehistòria arcaica de Mallorca. Ens sembla probable que el caràcter primitiu de les societats prehistòriques arcaiques mallorquines pugui estar relacionat amb les dificultats d'accedir al metall.

En l'estat actual dels coneixements creim que la recerca sobre les activitats arqueometal·lúrgiques prehistòriques hauria de ser continuada amb l'excavació d'alguna de les estacions descobertes.

## Agraïments

Volem fer palés el nostre agraïment a la comunitat de frares franciscans de La Porciúncula, que ens ha facilitat l'accés a les peces arqueològiques que conserven al seu Museu (materials de ca na Vidriera i suposat betil del talaïot des Mitjà Llarg). La Dra Joana Palou ens va facilitar l'accés a l'anomenat "betil de cala Sant Vicenç", conservat al Museu de Mallorca. Aquest treball s'inclou al Projecte de Recerca CGL2004-04612/BTE de la Direcció General de Investigación. Estam molt agraïts a Martí Solivelles, que ens va facilitar informació rellevant, així com l'accés a diferents llocs. Ens sentim amb deute amb els nostres companys d'exploracions (Maurici Espinar, Joan Ramon Bosch, Francesc Ruiz, Antoni Artigues i el seu fill Bernat Artigues, Xisca Comas, Moisès Bonnín). Agraïm al Dr Fornós les seves informacions geològiques. Finalment, també estam agraïts al Dr Lluís Plantalamor pels seus comentaris.

## Bibliografia

- ALCOVER, J.A. (enviat a publicar): On the Mallorcan First Known Settlers' Cultural Identity, Contacts, Source Region and Precise Colonization Chronology.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (en premsa): The Extinction of *Eleutherus myrsinellus* and *Aspidochelone myrsinella* in Mallorca (Gymnesic Islands, Western Mediterranean Sea). *Journal of Biogeography*.
- COLL, J. (2001): Primeres datacions absolutes del jaciment de coval Simó. *Travaux*, 24: 161-168.
- ENCINAS, J.A. (1997): Inventari espeleològic de les Illes Balears – any 1997. *Travaux*, 21: 103-128.
- GONZÁLEZ-RUIBAL, A. (2006): Past the Last Outpost: Punic Merchants in the Atlantic Ocean (5th–1st centuries BC). *Journal of Mediterranean Archaeology*, 19: 121-150.
- GUERRERO, V.M. (1997): *Cartagonya: y ciudades en la Mallorca prehistòrica*. Ed. El Tall, Palma de Mallorca, 182 p.
- GUERRERO, V.M.; CALVO, M. & GORNÉS, S. (2006): *El poblament prehistòric de les Illes Balears. Desde los orígenes al fin de la edad de Bronce*. Ed. Rey Sol SA, Palma de Mallorca, 258 pàgines.
- HAUPTMANN, A. (2003): Rationales of liquefaction and metal separation in earliest copper smelting: basics for reconstructing Chalcolithic and Early Bronze Age smelting processes. In *Archaeometallurgy in Europe. 24. 25, 26 September 2003, Milan, Italy. Proceedings*, Vol. 1. Associazione Italiana di Metallurgia. Milan: 459-468.
- HUNT, M. A. (2003): Prehistoric mining and metallurgy in South West Iberian Peninsula. *BAR International Series*, 1188: 1-418.
- MARIN CEBALLOS, M.C. (2000-2001): La representación de los dioses en el mundo ibérico. *Travaux*, 19-20: 1-63.
- RAMIS, D.; HAUPTMANN, A. & COLL, J. (2004): Prehistoric copper smelting at Mallorca. In AMBERT, P., VAQUER, J. & BOISSELIER, A. (dir.), *Colloque International. La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes (Carcassonne)*.
- RAMIS, D.; TRIAS, M.; HAUPTMANN, A. & ALCOVER, J.A. (2005): Metal·lúrgia prehistòrica del coure a les muntanyes d'Escorca-Pollença (Mallorca). *Travaux*, 27: 19-46.
- ROVIRA, S. (2002): Early slags and smelting by-products of copper metallurgy in Spain. In M. Bartelheim; E. Pernicka & R. Krause (eds.), *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt / The Beginnings of Metallurgy in the Old World*. Marie Leidorf GmbH. Rahden/Westf.: 83-98.

# DATOS SOBRE LOS QUILÓPODOS *Lithobius vivesi* Serra, 1983 y *Lithobius piceus tabacaru* Negrea & Matic, 1973 (Chilopoda: Lithobiomorpha), LOCALIZADOS EN EL CLOT DES SERO (Calvià, Mallorca)

por Mateo Vadell<sup>1, 2, 3</sup>

## Resumen

Se dan a conocer los resultados del estudio de quilópodos recolectados en un breve muestreo realizado en la cavidad Clot des Sero situada en la Serra de na Burguesa, Calvià, Mallorca. Se aportan nuevos datos sobre la distribución de *Lithobius vivesi* Serra, 1983 y *Lithobius piceus tabacaru* Negrea & Matic, 1973, así como cierta variación observada en la espinulación de los mismos.

## Abstract

We publish the results of the study of chilopoda collected from a small sampling carried out in Clot des Sero pot-hole, situated in the Serra de na Burguesa, Calvià, Mallorca. New data about the distribution of *Lithobius vivesi* Serra, 1983 and *Lithobius piceus tabacaru* Negrea & Matic, 1973, are provided along with observations on the variability in their spinulation.

## Introducción

El Clot des Sero es una cavidad kárstica de la Serra de na Burguesa (Calvià, Mallorca), formada por una única sala, de planta prácticamente circular, la cúpula de la cual se abre al exterior mediante un hundimiento. La profundidad máxima que tiene la cavidad es de unos 13 m, llegando la luz más o menos atenuada a todos los rincones (GINÉS & GINÉS, 1992).

En la cavidad se puede observar un importante desarrollo de la vegetación que ocupa el fondo de la sala. Destaca la gran abundancia del helecho *Asplenium scolopendrium*, conocido vulgarmente en Mallorca como "llengo de Sero".

Estudios de temperaturas y humedad relativa del fondo de esta sima por parte de GINÉS y GINÉS (1992) durante un periodo comprendido de tres años dio como resultado 1.5°C de temperatura mínima invernal y 16°C de máxima estival, mientras que la humedad relativa oscilaba entre el 88% al 100%.

En el mes de Marzo del 2006 se realizó una pequeña expedición al Clot des Sero, que estaba formada por Antelm Ginard, Damià Crespí, M. Àngel Barceló y Mateo Vadell de los grupos espeleológicos EST y GEM con el fin de estudiar la flora Pteridofita. Aprovechando esta circunstancia se realizó un pequeño muestreo de fauna en busca de quilópodos, dando como resultado la recolección de 4 ejemplares pertenecientes a dos especies de lithóbidos, una de ellas resultó ser *L. vivesi* Serra, 1983 y la otra *L. piceus tabacaru* Negrea & Matic, 1973.

Desde que en el año 1983 Serra describiera el primer lithóbido endémico cavernícola de las Baleares, se disponían de pocos datos sobre la distribución de *L. vivesi*.

En un principio la especie se localizó en la zona central y NE de la Serra de Tramuntana, recolectándose ejemplares en la Cova de ses Meravelles (Orient), Cova de Can Sivella (Pollença) y Avenc de Son Pou (Santa Maria), (SERRA, 1983). Posteriormente con las labores de exploración de las cavidades de la Serra de na Burguesa, se ha aumentado la zona de distribución conocida de la especie hacia el sector NO de la Serra de Tramuntana. En el año 2004, aprovechando la reali-

1 Grupo Espeleológico EST. Palma. Email: CAPREOLUS@terra.es  
 2 Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Ctra Palma-Port de Sóller, Km 30,5. E-07100. Sóller.  
 3 Societat d'Història Natural de les Balears. C/ Margarida Xirgu, 16 baixos. E-07011 Palma de Mallorca.



zación de las topografías de las cavidades de la Serra de Son Camps (VICENS *et al.*, 2005), se descubrió una colonia en las Coves del Pilar (Palma) (VADELL *et al.*, 2005). Con el descubrimiento de esta nueva localización de *L. vivesi*, el Clot des Sero se convierte en el punto más meridional de la Serra de Tramuntana en el que podemos encontrar esta especie.

Otras de las especies de Lithóbidos que podemos observar en las cavidades de Mallorca y con tendencias troglófilas son *L. piceus tabacarii*, observado en cuevas de Pollença, Escorca, Alaró, Porto Cristo, Galilea, Felanitx, Artà (SERRA, 1983), Manacor y Coll de Sóller (NEGREA & MATIC, 1973) y también *Lithobius fagei* Demange, 1961 en la Cova des Pont (Manacor) (VADELL *et al.*, 2006).

## Material y Métodos

El material estudiado fue recolectado de forma directa y está conservado en alcohol de 70° glicerado, pasando a la colección personal de Mateo Vadell, depositada en el Museu Balear de Ciències Naturals (Mallorca: CMV ).

Para el estudio y determinación de los ejemplares se ha utilizado una lupa binocular MBC-10. En la realización de las fotografías se ha empleado una cámara digital Olympus E400 y un microscopio triocular Kyowa Unilux-12 con cámara CCD Motic MC-2000.

## Descripción de los ejemplares

**MYRIAPODA:**

**Clase CHILOPODA**

**Orden Lithobiomorpha** Fam. Lithobiidae

***Lithobius vivesi*** Serra, 1983

**MATERIAL:** Clot des Sero: 2 ♂♀, 11-III-06, M. Vadell leg. (CMV Reg., nº 11306-1 y 11306-3).

Especie troglóbia con una coloración amarillo pálida, de cuerpo y patas muy gráciles. Cabeza prácticamente igual de ancha que larga. En los ejemplares estudiados las antenas son más largas que las dos terceras partes del cuerpo; ejemplar 11306-1 longitud del cuerpo 19.5 mm, antenas 14.6 mm y formadas por 78 artejos, ejemplar 11306-3 longitud del cuerpo 20.5, antenas 11.8 mm y compuesta de 84 artejos.

Los ejemplares presentan abundante pilosidad en patas y en los esternitos, siendo menos abundante en los terguitos.

En ambos especímenes el coxoesternito forcipular es prominente y está armado con 4 + 4 dientes cónicos alargados con 1 + 1 espina lateral, la escotadura es profunda y amplia. Se ha observado cierta variación en el número de los dientes de la placa dentaria, según SERRA (1983) las placas dentarias están armadas normalmente con 3 + 3 dientes y a veces 3 + 4. En ejemplares estudiados de las Coves del Pilar se aprecia que normalmente la placa está constituida por 4 + 4 dientes



Foto 1: Vista dorsal de *Lithobius vivesi*.

Photo 1: Dorsal view of *Lithobius vivesi*.

y que algún ejemplar presenta 5 + 4 dientes (VADELL *et al.*, 2005).

Campos ocelares formados en el ejemplar 11306-1 por 1 + 3, 3, 2 y 1 + 4, 3, 2 ocelos, en el ejemplar 11306-3 constituidos por 1 + 4, 4, 4 y 1 + 4, 4, 3 ocelos. Órgano de Tómosvary igual o un poco más grande que el ocelo principal en ambos ejemplares.

Terguitos 9, 11 y 13 con prolongaciones posteriores grandes y muy agudas. Patas P.15 ejemplar 11306-1 muy grácil y tan larga como la mitad de la longitud del cuerpo, en el ejemplar 11306-3 faltan.

Espinulación de las patas en el ejemplar 11306-1 como en la tabla 1, el ejemplar 11306-3 presenta las siguientes variaciones en la espinulación: DaP comienza en P.6, DpT presente en la P.5, VmTr falta en la P.12, VaP comienza en la P.11, VmP falta en la P.3, VaF comienza en la P.2, VaT presente a partir de la P.6. Estas variaciones de la espinulación corresponden con las descritas por SERRA (1983), aunque presentan una

pequeña variación que no aparecían en los ejemplares que fueron estudiados por el mismo, ni por los ejemplares estudiados por VADELL *et al.* (2005) de las Coves del Pilar. Dicha variación no es más que la falta de la espina VaH en la P.15 en ambos ejemplares.

Poros coxales de forma redonda, ligeramente ovalada y en ambos ejemplares en un número de 4, 5, 5, 4 en las coxas de los últimos cuatro pares de patas.

Apéndices genitales con 2 + 2 espolones cónicos y uña apical simple con un pequeño talón redondeado en la base de la arista externa (foto 3).

Según SERRA (1983) *L. vivax* está próxima a *Lithobius tricuspis* Meinert 1812 y *Lithobius clarki* Eason 1975, separándose por el número de dientes en el sincoxito forcipular, el número de artejos antenales (2 + 2 dientes y de 35 a 42 artejos antenales en *L. tricuspis* según BRÖLEMANN (1930) y en *L. clarki* 2 + 2 o 2 + 3 y de 43 a 56 artejos antenales según EASON, 1975; SERRA, 1986) y por el porcentaje de longitud de las

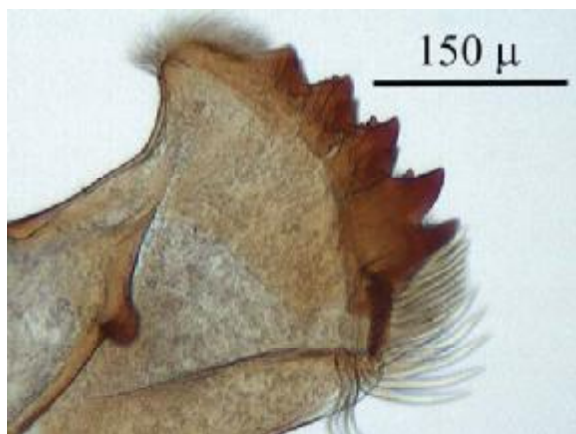


Foto 2: Vista ventral de la mandíbula derecha de *Lithobius vivax*.

Figura 2: Ventral View of the right mandible of *Lithobius vivax*.



Foto 3: Vista ventral del gonopodo izquierdo de *Lithobius vivax*.

Figura 3: Ventral View of the right gonopod of *Lithobius vivax*.

VENTRAL						DORSAL					
	H	Tr	P	F	T		H	Tr	P	F	T
P.1			—	-m-	-m-	P.1			-mp	a—	a—
P.2			—p	-m-	-m-	P.2			-mp	a—	a—
P.3			-mp	amp	-m-	P.3			-mp	a-p	a—
P.4			-mp	amp	-m-	P.4			-mp	a-p	a—
P.5			-mp	amp	-m-	P.5			-mp	a-p	a—
P.6			-mp	amp	-m-	P.6			-mp	a-p	a-p
P.7			-mp	amp	am-	P.7			amp	a-p	a-p
P.8			-mp	amp	am-	P.8			amp	a-p	a-p
P.9			-mp	amp	am-	P.9			amp	a-p	a-p
P.10			-mp	amp	am-	P.10			amp	a-p	a-p
P.11			-mp	amp	am-	P.11			amp	a-p	a-p
P.12			amp	amp	am-	P.12			amp	a-p	a-p
P.13		-m-	amp	amp	am-	P.13			amp	a-p	a-p
P.14		-m-	amp	amp	am-	P.14	(a)		amp	(a)-p	—p
P.15		-m-	amp	amp	a—	P.15	a		amp	—p	—

Tabla 1: Espinulación en el ejemplar hembra nº 11306-1 de *Lithobius vivax*.

Table 1: Spinulation in the specimen female nº 11306-1 of *Lithobius vivax*.

P.15, se diferencia de *L. tricuspis* por los apéndices genitales de la hembra y de *L. clarki* por la falta del surco dorsal de la tibia en las P.15 en los machos.

Los ejemplares fueron recolectados en el lateral Sur de la cavidad con unas condiciones de humedad alta y luz indirecta tenue, debajo de piedras y cerca de unas grietas colapsadas de sedimento limoso y que profundizan hacia el interior de la roca.

***Lithobius piceus tabacaru*** Negrea & Matic, 1973

MATERIAL: Clot des Sero: 1 ♀ y 1 ♂, 11-III-06, M. Vadell leg. (CMV Reg., nº11306-2 y 11306-4).

Especie troglófila de una coloración castaño rojizo, con una longitud en el macho estudiado (11306-4) de 19.2 mm y una anchura máxima en el terguito 10 de 2.50 mm, la hembra tiene una longitud de 23 mm y una anchura máxima en el terguito 10 de 2.52 mm. Cabeza más ancha que larga (♂ 1.77 : 1.90 mm y ♀ 1.92 : 2.22 mm), antenas casi como la mitad de la longitud del cuerpo formadas en el macho por 62-63 artejos y en la hembra por 60.

Campos ocelares formados por 1 + 1, 4, 4, 3, 1 y 1 + 5, 4, 3, 2 en el macho y 1 + 4, 4, 3, 1 y 1 + 4, 4, 3, 2 en la hembra, órgano de Tömösvary del mismo tamaño en ambos ejemplares que los ojos medianos.

Borde del coxoesternito forcipular armado de 4 + 4 dientes cónicos y con 1 + 1 espina aguda lateral tanto en el macho como en la hembra.

Cuerpo con pilosidad corta, abundante en patas y terguitos, siendo menos abundante en los esternitos.

En ambos ejemplares el terguito 9 presenta una prolongación no muy acusada, siendo más fuerte y recia en el terguito 11 y 13.

Espinulación de las patas en el macho en la tabla 2, en la hembra prácticamente es igual; no presenta VaH en la P.15 y DpT está presente en la P.3, también es muy

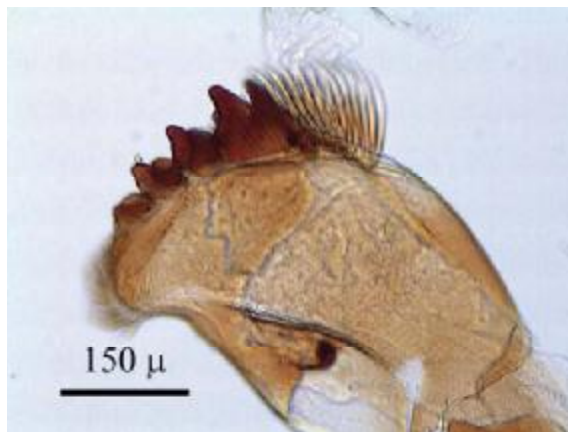


Foto 4: Vista ventral de la mandíbula derecha de *L. piceus tabacaru*.

Figura 4: Ventral view of the right mandible of *L. piceus tabacaru*

interesante comentar las espinas VpT de la P.13 y P.14 que se hallan presentes en el macho. Esta misma circunstancia ha sido observada en algunos ejemplares hembras de gran tamaño (de 28.5 a 31.9 mm) recolectados en la Serra de na Burguesa; una de ellas presenta VmP en P.13, P.14 y VpP en P.15, de los ejemplares que EASON (1975) describe de la localidad de Inca y Pollença con el nombre de *Lithobius piceus incae* (posteriormente SERRA, 1983 menciona que esta especie se trata realmente de *L. piceus tabacaru*) encuentra entre ellos tres ejemplares que también presentan cierta variación en la espinulación de la tibia, uno de ellos presenta VpT en P.14 y P.15, otro sólo en la P.14 y el último sólo en la P.15 y aunque no da medidas de los ejemplares, sí comenta que no presentan simetría bilateral de la espinulación, es decir que únicamente se localizan en una de las patas. De momento hasta no tener más material para su estudio, se desconoce si es una anor-

VENTRAL						DORSAL					
	H	Tr	P	F	T		H	Tr	P	F	T
P.1			-mp	am-	-m-	P.1			-mp	a—	a—
P.2			-mp	amp	am-	P.2			-mp	a-p	a—
P.3			amp	amp	am-	P.3			-mp	a-p	a—
P.4			(a)mp	amp	am-	P.4			-mp	a-p	a-p
P.5			amp	amp	am-	P.5			-mp	a-p	a-p
P.6			amp	amp	am-	P.6			amp	a-p	a-p
P.7			amp	amp	am-	P.7			amp	a-p	a-p
P.8			amp	amp	am-	P.8			amp	a-p	a-p
P.9			amp	amp	am-	P.9			amp	a-p	a-p
P.10			amp	amp	am-	P.10			amp	a-p	a-p
P.11			amp	amp	am-	P.11			amp	a-p	a-p
P.12			amp	amp	am-	P.12			amp	a-p	a-p
P.13	(a)	-m-	amp	amp	amp	P.13	a		amp	a-p	a-p
P.14	a	-m-	amp	amp	am(p)	P.14	a		amp	a-p	a-p
P.15	a	-m-	amp	amp	a—	P.15	a		amp	—p	—

Tabla 2: Espinulación en el ejemplar macho de *Lithobius piceus tabacaru*.

Table 2: Spinulation in the male specimen of *Lithobius piceus tabacaru*.

malidad que poseen los ejemplares más longevos o por el contrario es un complemento a la espinulación en los ejemplares más adultos de la especie.

Poros coxales ligeramente ovalados en la hembra y dispuestos en un número de 4(3), 5, 6 y 5 en las coxas de los últimos cuatro pares de patas, en el macho presentan la siguiente disposición: 2, 4(5), 5, 4.

Apéndices genitales de la hembra con 3 + 3 espolones alargados y cónicos siendo el interior el más pequeño, uña apical simple.

Los ejemplares fueron recolectados en el lateral Sur de la cavidad con unas condiciones de humedad alta y luz indirecta tenue, debajo de piedras junto a los helechos de *Asplenium scolopendrium*.

## Agradecimiento

A Juan Antonio Zaragoza (Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante) por su ayuda y consejos en la realización de este trabajo. A Francesc Gràcia por las sugerencias prestadas en este trabajo y a los compañeros de exploración, a Antelm Ginard, Damià Crespí y M. Àngel Barceló por la infinita paciencia demostrada a la hora de esperar, para que pudiera realizar las capturas.

## Bibliografía

- BRÔLEMANN, H. W. (1930): *Éléments d'une faune des cryptopodes de France. Chilopodes. Faune de France*, Vol. 25. Imprimerie Toulousaine, Toulouse; P. Lechevalier, Paris : 405 pp.
- EASON, E. H. (1975): On Lithobiidae from Majorca with a description of new specie of Lithobius (Chilopoda: Lithobiomorpha). *J. Nat. Hist.* (9): 445-456.
- GINÉS, A. & GINÉS, P. (1992): Principals característiques climàtiques des Clot des Sero. *Estudis*, 17-18: 37-42. Palma de Mallorca.
- MATIC, Z. (1966): Chilopodes récoltés par le Prof. Sandro Ruffo et ses collaborateurs dans diverses localités de l'Italie. *Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, XIV: 335-361.
- MATIC, Z. (1975): Contributo alla conoscenza dei chilopodi della Francia Meridionale. *Rivista del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 2: 155-166.
- MATIC, Z. & DARABANTU, C. (1970): Chilopodi raccolti dal Dr. Giuseppe Osella in Italia. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 17: 389-422.
- NEGREA, ST. & MATIC, Z. (1973): Chilopodes cavernicoles et endogés de l'île de Majorque. Mission biopéologique "Constantin Dragan" à Majorque (1970-1971). *Rev. Soc. Hist. Nat. Balears*, XVIII: 21-39.
- SERRA, A. (1983): Contribució al coneixement de la fauna cavernícola (Chilopoda, Lithobiomorpha) de les Balears. *Spectum*, 26-27: 33-38.
- SERRA, A. (1986): Contribució al coneixement de *Lithobius* *spanish* Eason, 1975 (Chilopoda, Lithobiomorpha). *Rev. Soc. Hist. Balears*, 12: 71-75.
- VADELL, M.; ZARAGOZA, J. A. ; BARCELÓ, M. A. & CRESPI, D. (2005): Aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola en el conjunto de las Coves del Pilar (Palma, Mallorca). *Estudis*, 27: 75-92. Palma de Mallorca.
- VADELL M. ; ZARAGOZA J.A. ; JORDANA R. ; GARCÍA LL. ; GRÀCIA F. & CLAMOR B. (2006): Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola terrestre de las Coves del Pirata, Cova des Pont, Cova de sa Piqueta y la Cova des Xots. *Estudis*, 29: 75-98.
- VICENS, D. ; CRESPI, D. ; BOVER, P. ; GINARD, A. ; VADELL, M. & BARCELÓ, M. A. (2005): Les cavitats de la Serra de na Burguesa. Zona 7: Les Coves del Pilar i les mines de guix (Palma, Mallorca). *Estudis*, 27: 47-74. Palma de Mallorca.