



# ENDINGS

PUBLICACIÓ D'ESPELEOLOGIA  
FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA  
Núm. 34 • NOVEMBRE 2010 • MALLORCA

# ENDINS

Publicació d'Espeleologia. Federació Balear d'Espeleologia  
núm. 34 • Novembre 2010.

## Sumari

LLUÍS ROCA RAMOS 1952-2010 per Miquel Trias .....	7
LA COVA DE SA FONT (O COVA DES MORO) I L'ORIGEN DEL TOPÒNIM DE L'ILLA DE SA DRAGONERA: UNA HIPÒTESI ESPELEOLÒGICA per Àngel Ginés i Joaquín Ginés .....	9
LA COVA DE SA TOSSA ALTA (Escorca, Mallorca): UNA ESTACIÓ PREHISTÒRICA REMOTA A LA SERRA DE TRAMUNTANA per Alexandre Valenzuela, Moisés Bonnin, Jordi Bartolomé, Josep Antoni Alcover i Miquel Trias	19
EL SISTEMA DE CAVITATS GLEDA - CAMP DES POU (Manacor, Mallorca) per Francesc Gràcia, Bernat Clamor, Pere Gamundí i Joan J. Fornós .....	35
PTERIDÒFITS I BRIÒFITS DE LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA (Serra de Tramuntana, Mallorca) per Antelm Ginard, Damià Vicens, Josep A. Rosselló, Guillem X. Pons, Miquel Mir-Gual, Vicenç Pla, Damià Crespí, Miquel Àngel Barceló i Pere Bover .....	69
LOS CONJUNTOS MORFOLÓGICOS DE FLUJO ASCENDENTE ( <i>Morphologic Suite of Rising Flow</i> ) EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca) per Antoni Merino i Joan J. Fornós .....	87
PRESENCIA DE POOL FINGERS Y U-LOOPS EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Mallorca, España) per Antoni Merino i Joan J. Fornós .....	103
ANÀLISI MORFOMÈTRICA DEL CARST DE PINACLES MEDITERRANI DE SA MITJANIA (Escorca, Mallorca) per Àngel Ginés, Joaquín Ginés i Pere M. Miralles .....	109
LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA. ZONA 9: SON BORONAT-L'HOSTALET (3a part) (Calvià, Mallorca) per Damià Crespí, Pere Bover, Antelm Ginard, Damià Vicens, Mateu Vadell, Miquel Àngel Barceló i Francesc Gràcia .....	125
NOVES APORTACIONS A L'ESTUDI DE LES CAVITATS DE CALA FALCÓ - CALA VARQUES (Manacor, Mallorca) per Francesc Gràcia, Pere Gamundí, Bernat Clamor, Miquel Trias, Joan J. Fornós, Mateu Febrer i Jaume Pocoví .....	141
ESPELEOTOPONÍMIA DE MOTIVACIÓ PALEONTOLÒGICA I ANTRACOTOPONÍMIA DE LES ILLES BALEARS per Guillem Mas, Heracli Astudillo, Josep Quintana i Francesc Gràcia .....	155
APORTACIÓ AL CONEIXEMENT DE LES CAVITATS DE LA MACARONÈSIA per Miquel Trias, Juan Carlos Rando i Josep Antoni Alcover .....	165
PRIMER INTENT DE MESURAR L'EDAT DEL COMPARTIMENT MARÍ DE <sup>14</sup> C DE LES AIGÜES COSTANERES DE LES ILLES BALEARS per Mark Van Strydonck, Mathieu Boudin i Damià Ramis .....	181

Foto portada:

Espeleotema de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca).  
Fotografia: Andreas Kristofersson

Foto contraportada:

Cova de ses Llàgrimes. Sala dels Somnis (Alcúdia, Mallorca).  
Fotografia: Miquel Àngel Perelló. Assistents: Carlos Bernad i Gabriel Perelló.



## 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 sobrepassar 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.

## FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA

### JUNTA DIRECTIVA

PRESIDENT:	Guillem MULET REBASSA
VICE-PRESIDENT:	Francesc GRÀCIA LLADÓ
SECRETARI:	Antoni MULET ALOMAR
TRESORERA:	Magdalena ALOMAR GELABERT
VOCAL BIBLIOTECA:	Francesc RUIZ SATORRES
VOCAL COORDINADOR CIENTÍFIC:	Antoni MERINO JUNCADELLA
VOCAL ESCOLA:	Beatriz PAYA GALLEGO
VOCAL COMPETICIONS:	Domingo DIAZ CALBET

### JUNTA DE PUBLICACIONS

DIRECTOR:	Francesc GRÀCIA LLADÓ
	Pere BOVER ARBÓS
	Damià CRESPI BESTARD
	Antelm GINARD FULLANA
	Joaquín GINÉS GRACIA
	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**

Palma Arena. Carrer de l'Uruguai, s/n

07010 - 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:

Natalia Riera

Tel. 619 73 72 83

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



FEDERACION ESPAÑOLA  
DE ESPELEOLOGIA



## Lluís Roca Ramos 1952-2010



En la guerra contra la malaltia cruel hem sofert una altra baixa per sumar a les dels enyorats Joan Pons i Jaume Damians. Algú que ens atanyia se'n va anar el juny proppassat: en Lluís Roca. El seu nom és completament desconegut per a la majoria d'espeleòlegs actualment en actiu; per a nosaltres, el seus companys de curolla de la primera època de l'Speleo Club Mallorca quan teníem la seu al Museu de Mallorca, el seu nom és una fita important en el desenvolupament de l'espeleologia de les Illes.

Tanmateix els anys que va dedicar a la nostra activitat van ésser curts; just com la seva vida, podríem dir, i no per això el sentiment per la seva desaparició ha estat menys feixuc. El record que ens ha deixat anirà sempre unit a aquells "bons temps" en què no passava setmana que no exploràssim una o més noves cavitats, engrandint d'aïtal manera la coneixença d'aquest "pis de baix" que són les cavernes; en Lluís estava entre el grapat de capdavanters que documentàvem els "soterranis" de les nostres illes, el coneixement dels qual fa que "tornin més grans"

Es feia tan present que en haver repassat la biografia no ens podem avenir que els anys que va dedicar a

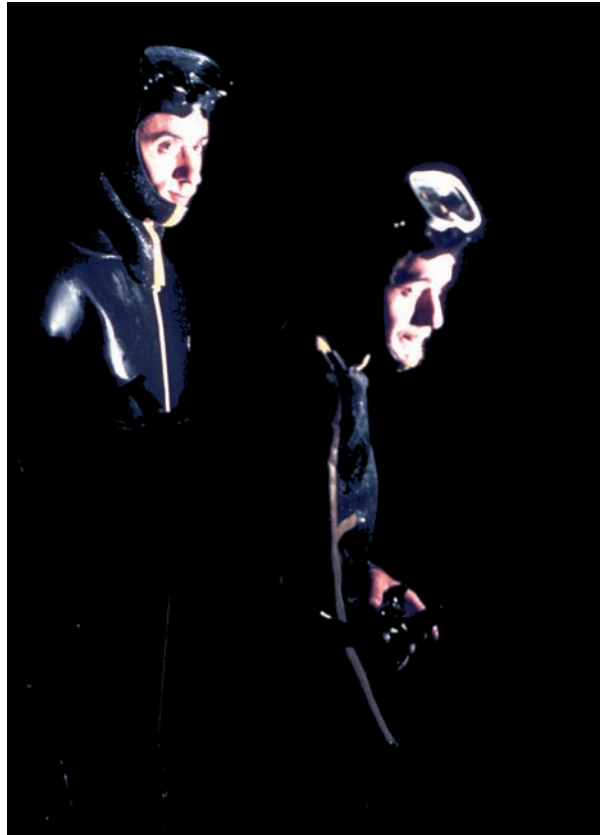
la pràctica de l'espeleo amb nosaltres —comencen el 1970 i acaben el 1975—, fossin tan pocs, tan intensa i entusiasta era la seva dedicació. Era delineant de professió, no és estrany, doncs, que la seva participació en les tasques topogràfiques fos tan necessària, no era d'aquells topogràfs que només aguanten la cinta mètrica, que no seria poc; era autònom en totes les procés de representació de les cavernes. A més d'això dominava i estava ben disposat a fer qualsevol feina relacionada amb el camp gràfic. La més perdurable d'aquestes feines fou el dibuix de la capçalera de l'Endins.

Apassionat explorador i topògraf de cap de setmana, també participava en les nostres campanyes a les altres Balears. Amb ell visitàrem el ponent de Menorca amb bons resultats el 1973; l'any 1974 férem dues campanyes a les Pitiüses; la primera estava dedicada en principi a topografiar "d'encàrrec" la cova de Santa Agnès a Eivissa, activitat que després ampliàrem a les coves de la Mola a Formentera on férem unes interessants troballes arqueològiques, la segona campanya d'aquell mateix estiu estava dedicada exclusivament a Formentera. Especialment en les dues darreres campanyes en Lluís era sempre a primera línia.





En Lluís davallant a braó pel Gran Rost de la cova de sa Campana amb un bon carregament de material en l'època de les primeres exploracions 1972-1973.



En Lluís i en Toni Juan (1942-1983) en una immersió als llacs de la cova de sa Bassa Blanca el 18 de juliol de 1973.

A banda de l'exploració pura i dura va dedicar l'atenció a l'estudi dels mamífers plioplístocènics, va publicar alguns treballs amb l'enyorat Joan Pons, entre ells el dedicat al mític avenc de na Corna. El seu interès el va menar a treballar en el muntatge d'un *Myotragus* del Museu de Mallorca; va col·laborar amb John S. Kopper en la presa de mostres per als estudis sobre paleomagnetisme. També fou un dels capdavanters en les exploracions subaquàtiques a les coves de Mallorca, amb exploracions a la font des Verger del barranc de Biniraix i la cova de sa Bassa Blanca entre d'altres. Va ésser uns dels col·laboradors necessaris en la publicació —incloent-hi la impressió— del primer número de l'Endins l'any 1974.

Era una persona agradable de somriure dolç i de bon humor. Les exploracions on ell era es convertien en autèntics concursos d'acudits, inventàrem berbes memorables com la de l'aigua de la cova de sa Campana. Explorar amb en Lluís ens feia sentir que la companyonia nada d'una activitat tan exigent era quelcom d'especial, que el fet de compartir els riscos sovint creava un vincle permanent.

Més enllà de l'espeleologia en Lluís era un home d'aficions variades i de mans hàbils, va aprendre a fer de fuster primater al Museu de Mallorca; els seus mo-

bles ajustats amb coes d'oronella han suportat molt bé el pas del temps. Va ésser un dels socis fundadors del taller 6A d'estampació artística on s'embrutava les mans com un treballador més.

Per circumstàncies personals i de relacions humanes en Lluís va deixar l'espeleologia, i es va concentrar en l'activitat professional i en la família; tanmateix continuàrem éssent amics i veient-nos adesiara. Quan es va mudar a Catalunya la pèrdua de contacte per força va ésser quasi total i en teníem poques notícies; de fet no sabíem que estigués malat, de manera que la mala nova de la seva mort per inesperada ens va colpir amb més força.

Esperam que servir la memòria d'algú amb qui compartírem la passió per l'exploració de coves i avencs i que ja no hi és, pugui servir per establir un pont ideal entre diferents generacions de practicants d'aquesta activitat. A més i sobretot, voldríem que aquestes línies servissin per manifestar el nostre dolor solidari a la seva família, tot i que sabem que res els pot aconhortar de la pèrdua d'una persona tan coral com el nostre amic i company Lluís.

Miquel Trias

# LA COVA DE SA FONT (O COVA DES MORO) I L'ORIGEN DEL TOPÒNIM DE L'ILLA DE SA DRAGONERA: UNA HIPÒTESI ESPELEOLÒGICA

per Angel GINÉS<sup>1,2</sup> i Joaquín GINÉS<sup>1,2</sup>

## Resumen

La Cova de sa Font, conocida también con el nombre de Cova des Moro, es sin duda uno de los elementos geográficos más destacables de la isla de Sa Dragonera. Diversas evidencias arqueológicas demuestran que la cavidad era bien conocida por los navegantes desde tiempos muy remotos, ya que su utilización para el abastecimiento de agua está suficientemente documentada por la presencia de cerámica clásica anterior al siglo IV a.C. Según la hipótesis que se desarrolla a lo largo de este trabajo, el topónimo Dragonera está directamente vinculado a la existencia de la Cova de sa Font; de manera que es en realidad la cueva la que da nombre a la isla. Las dos principales pruebas en que se fundamenta esta hipótesis son: la abundancia de hidrónimos similares a Dragonera alrededor del Mediterráneo occidental, así como la utilización de la palabra *tracones* en el latín medieval con un significado muy próximo a conductos subterráneos. Por consiguiente, sería la existencia en la isla de una valiosa *traconaria*, que permitía el aprovisionamiento de agua dulce a los barcos, el auténtico origen del topónimo Dragonera.

## Abstract

The coastal cave named Cova de sa Font, also known as Cova des Moro, is undoubtedly one of the most outstanding geographical features in Dragonera Island. Archaeological evidences from this cave demonstrate that Cova de sa Font was well-known by sailors in ancient times, because the presence of non-indigenous pottery older than the 4th century B.C. prove its early use for water supply. According to the hypothesis developed in the present paper, the place-name Dragonera is tightly linked to the existence of Cova de sa Font, being this cave the real origin for the toponym of the island. The two main proofs supporting this hypothesis are the abundance and distribution of hydronyms similar to Dragonera all around the Western Mediterranean basin as well as the use of the word *tracones*, in the Latin language during the Middle Ages, with the meaning of underground conduits. In this manner, the existence of a valuable *traconaria*, that allowed the water supply for ships navigating in the area, could be the origin of the place-name of Dragonera Island.

## Antecedents

A començaments dels anys 70 el coneixement de les coves de les Illes Balears (illa de sa Dragonera inclosa) era prou incomplet. L'eclosió de la recerca espeleològica va ser emperò molt notable durant aquella època, de manera que moltes de les fites que condueixen a la situació actual de l'espeleologia balear es poden resseguir avui amb la perspectiva que dona el decurs dels darrers quaranta anys. L'any 1970, per exemple, va associat a una intensa activitat espeleològica protagonitzada pels tres principals equips mallorquins, l'Speleo Club Mallorca, el Grup Nord de Mallorca i el Grup Espeleològic EST; l'any 1972 és la data de l'inici de l'espeleologia federada a Mallorca; i l'any 1974 es publica el

primer número d'ENDINS, que constituirà amb el temps una de les aportacions bibliogràfiques més remarcables del darrer quart del segle XX –i començaments del XXI– dins el camp de les ciències naturals i de la geografia de les Illes Balears (PLA i VICENS, 2000).

Eren els temps en què tot just començava a desenvolupar-se el que ara podríem qualificar com a “moderna espeleologia mallorquina” (GINÉS, 1993; GINÉS i GINÉS, 2002). Llavors, la voluntat de donar un caire seriós a les exploracions i de documentar els aspectes geogràfics, geològics, arqueològics i biològics de les coves i avencs era compartida pels esmentats grups espeleològics pioners, els quals mantenien un lligam ben significatiu amb la Societat d'Història Natural de les Balears. Dins el context acadèmic i cultural que feia de marc a aquestes inquietuds naturalístiques, el gener de 1971 un equip d'espeleòlegs format per

1 Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca.

2 Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears.

J.J. Egozcue, J.A. Encinas, J.J. Encinas, A. Ginés i J. Ginés va realitzar una campanya d'exploracions a l'illa de sa Dragonera (GINÉS, 1971a). Els resultats varen ser publicats a la revista *Speleon* un any després, junt amb la primera topografia de la Cova de sa Font i la presentació d'unes significatives troballes arqueològiques (GINÉS, 1971b; ENCINAS, 1971). Cal remarcar que aleshores també es va publicar un estudi sobre el conde materials arenosos que ocupen el fons de la cavitat (EGOZCUE, 1971). Aquella col·laboració amb l'eminent quaternarista Joan Cuerda, que va permetre datar com a Riss els materials d'origen dunar, representa –si es contempla amb una mica de perspectiva històrica– l'inici d'una important línia de recerca que ha caracteritzat a la “moderna espeleologia mallorquina” fins a l'actualitat.

D'altra banda, durant la dècada dels 70, un dels autors (A.G.) va tenir ocasió de visitar, en novembre de 1977, junt amb Oleguer Escolà (del Museu de Zoologia de Barcelona), diverses coves de l'illa de Sardenya, entre les quals el Dasterru della Dragunara a terres alguereses. Va ser en aquella campanya quan els amics del Grup Espeleològic Alguerès, que ens acompanyaren, ja ens varen assabentar que *dragunara* era una paraula relacionada amb corrents d'aigua subterrània (al manco a la província de Sàsser) i que hi havia qualche localitat amb un nom semblant a l'àrea de Nàpols. Aquella informació, més o manco nebulosa, està en l'origen de la recerca toponímica que aquí es presenta.

Els quasi quaranta anys transcorreguts des d'aleshores ençà són potser una bona excusa per a recordar que la bibliografia espeleològica i carstològica disponible sobre l'illa de sa Dragonera és encara molt pobre i que és necessari fer-ne una urgent actualització. Per això, si bé no és aquest l'objectiu principal del present treball, hem introduït a continuació diverses informacions que poden contribuir a posar al dia algunes dades i coneixements, especialment sobre la Cova de sa Font, també coneguda

amb el nom de Cova des Moro (Figura 1). Precisament és aquesta cova la que fonamenta la hipòtesi toponímica que es defensa en els següents paràgrafs.

## La Cova de sa Font com a element geogràfic remarcable de sa Dragonera

La Cova de sa Font és una cavitat de tendència vertical, que progressivament va delimitant una sala descendent d'estructura aproximadament acampada (Figura 2) i dimensions mitjanes (30 x 25 metres en la seva base). És notable la presència al seu interior d'abundants espeleotemes, especialment colades pavimentàries, però la freqüentació de la cova des de temps protohistòrics fins a l'actualitat ha provocat la destrucció per vandalisme de molts d'ells. La característica topogràfica més remarcable la presenta el pis de la cova, ja que mostra una sorprenent regularitat i un pendent constant de quasi 45°. A l'extrem Oest de la base de la cavitat s'assoleix el nivell freàtic (Figura 3). Amb relació a la topografia que ens serveix de base per a la descripció de la cova (Figura 2), és necessari precisar que està basada en el plànol publicat l'any 1971 (GINÉS, 1971b), si bé les dades de profunditat han estat modificades sensiblement ja que apareixien sens dubte sobreestimades en aquella topografia inicial.

La gènesi de la cova és difícil d'interpretar amb les evidències disponibles, però cal suposar que ha estat condicionada per la proximitat a la línia de costa. En qualsevol cas, la disponibilitat d'aigua dolça al fons de la cavitat no permet relacionar el seu origen amb conductes càrstics convencionals sinó, més probablement,



Figura 1: Zona d'entrada de la Cova de sa Font, també coneguda com a Cova des Moro. Al rerefons es poden veure els cables i conductes que formen part de la instal·lació de bombeig de les aigües freàtiques.

Figure 1: Entrance to Cova de sa Font, also known as Cova des Moro. The pipes and cables installed for pumping the phreatic waters are visible in the background of the picture.

**COVA DE SA FONT**  
(o Cova des Moro)  
**ILLA DE SA DRAGONERA**

Topografia: J.A. Encinas  
J. Ginés  
J.J. Egozcue  
A. Ginés

02-01-1971 / 25-04-2001

**GNM-EST**

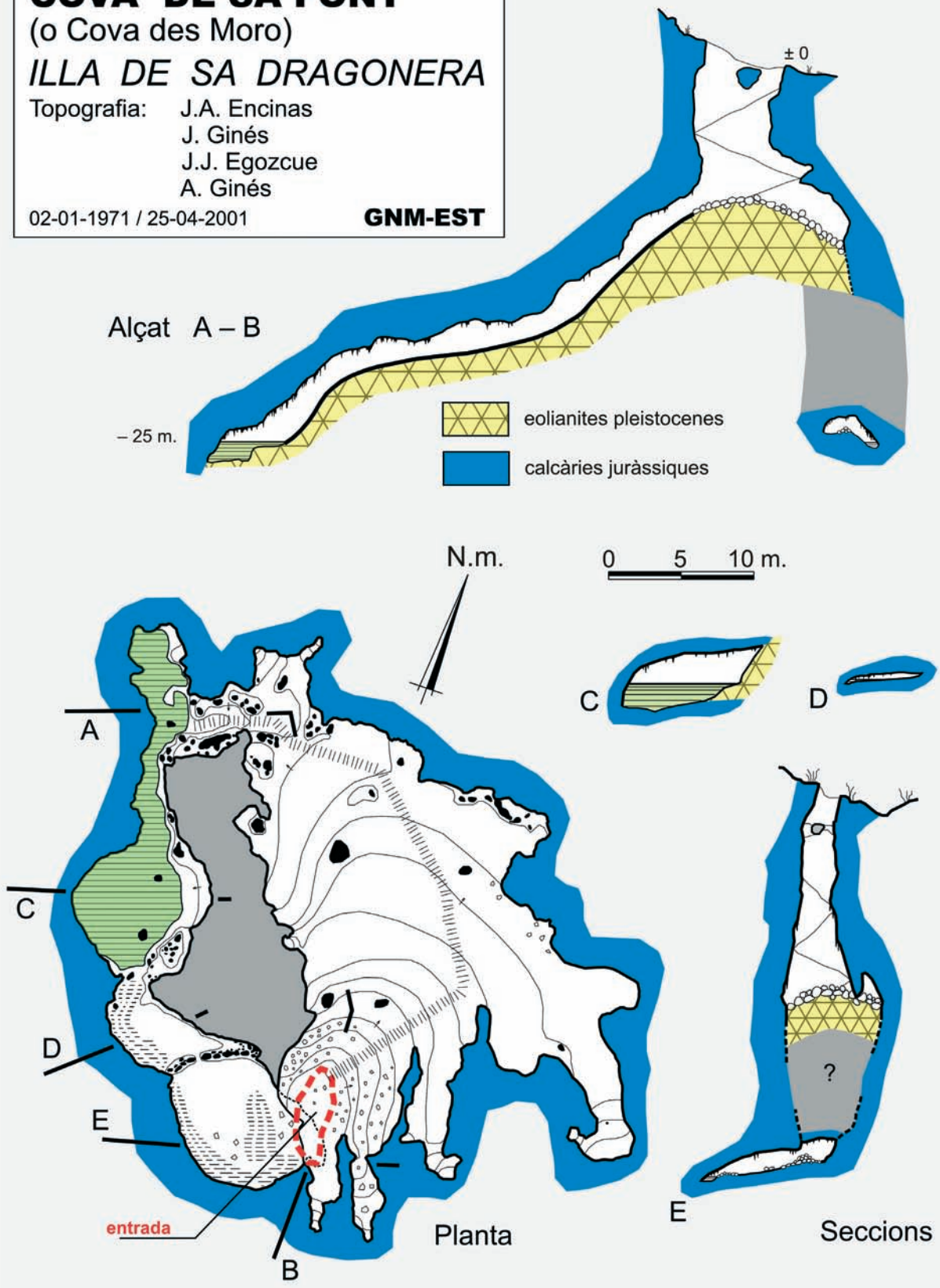


Figura 2: Topografia de la Cova de sa Font, també coneguda com a Cova des Moro (illa de sa Dragonera, terme municipal d'Andratx). Aquesta topografia està basada en el plànol publicat en 1971, però presenta algunes modificacions recents especialment pel que fa a la seva profunditat.

Figure 2: Topographical survey of Cova de sa Font, also known as Cova des Moro (Dragonera Island, municipality of Andratx). This figure is based on the survey published in 1971, but it was recently modified especially in what concerns cave depth.



Figura 3: Presència de calcita flotant als llacs anquihalins de la Cova de sa Font. També es poden observar, submergits dins les aigües, diversos equipaments per al seguiment del nivell dels llacs i la seva salinitat.

Figure 3: Presence of calcite rafts on the surface of the anchihaline pools of Cova de sa Font. Diverse equipment disposed under the waters for monitoring the salinity and level of the pools can be observed in the picture.

amb cavitats inicials de dissolució freàtica desenvolupades en la zona de mescla litoral. En suport d'aquestes idees espeleogenètiques cal esmentar la presència d'un seguit de cúpules freàtiques al sostre de diversos indrets de la cavitat.

El més notable d'aquesta cova, des del punt de vista geològic, és la presència d'una acumulació cònica d'arenas dunars (atribuïble al Riss), que es va dipositar per gravetat des de l'actual entrada i que actualment apareix recoberta de colada estalagmítica (EGOZCUE, 1971); aquest con de material calcarenític (Figura 4) ocupa tot el fons de la cavitat i produeix un important rost, llis i ben igualat (Figura 2), però bastant diferent dels típics cons d'enderrocs que mostren altres cavitats. També hi són remarcables les elevades concentracions de diòxid de carboni, que s'observen en algunes èpoques de l'any al llarg de tota la cova (amb valors fins i tot superiors, molt probablement, al 5%). D'altra banda, i des del punt de vista biològic, cal destacar la presència als seus llacs (Figura 3) d'una interessant comunitat de crustacis troglobis que inclou les següents espècies: *Typhlocirolana moraguesi*, *Salentinella angelieri*, *Tethysbaena scabra*, *Iberobathynella cf. fagei* i *Metacyclops subdolos*. La troballa d'aquestes espècies (ORGHIDAN *et al.*, 1975; GINÉS i GINÉS, 1977; JAUME, 1990) confirma que les aigües freàtiques de la cova corresponen a un típic hàbitat anquihalí comparable al que mostren nombroses cavitats costaneres de les Balears (GINÉS, 2002; JAUME i GRÀCIA, 2006).

Era sens dubte l'accessibilitat als llacs subterranis de la Cova de sa Font l'aspecte geogràfic que constituïa (ja des de temps protohistòrics, però també durant l'edat mitjana) una de les informacions més valuoses des del punt de vista dels interessos dels antics mariners i navegants que freqüentaven aquesta part de la Mediterrània occidental. Cal suposar que la disponibilitat d'aigua dolça ben a prop d'un petit port natural i a prudent distància de l'illa principal, i conseqüentment a resguard d'eventuals hostilitats, era una característica geogràfica gens menyspreable en aquells temps, especialment pel que fa als homes de la mar.

Així ho demostren les cròniques de la Conquesta de Mallorca, començant pel Llibre dels Feyts, atribuït a Jaume I. Segons la transcripció de Marian Aguiló (disponible a [www.lluisvives.com](http://www.lluisvives.com)), es llegeix el següent: “E feyta aquesta oració uench nos un pensament, que així com era acordat per los nobles barons e per aquels qui sabien de mar, que arribassem a Polença: e nosque demanassem en aquella galea on nos anauem si havia negun hom qui fos estat en Maylorques ni en la yla. E quan aquesta paraula haguem demanada respos nos en BñG. Gayran, comit de la galea, que ell havia estat en la terra. E demanamli, quinys ports havia de prop de la Ciutat de part en ues Cathalunya? E dix nos que aqui havia l puig luny de la Ciutat III legues per terra, e per mar XX miles, e aquel puig havia nom la Dragonera, e nos tenia ab la terra ferma de Maylorques, e que hi havia l pou daygua dolç: e quan el hi fo una uegada los seus mariners ne trageren aygua. E prop de la terra havia l puget que nos tenia ab la terra que havia nom Pantaleu e havia de la terra tro a aquel puget l gran tret de balesta. E nos dixem li: Donchs perque demanam nos altre loch en que arribem sino en aquel, pus ayga dolç hi hauem?...”.

El relat que apareix a la 'Crònica de Fra Pere Marsili', segons la transcripció feta per Josep Maria Quadrado (també disponible a [www.lluisvives.com](http://www.lluisvives.com)), no difereix gens de l'aportat pel 'Llibre dels feyts': “¿Ha aquí algun entre vosaltres qui sia estat Malorques e sapia la yla?. E respós en Berenguer Guayrán demunt dit: Jo, senyor, son estat aquí. E el rey dix: ¿ha hi ports ne quins ves la ciutat de la part de Cathalunya?. E dix: ha hi un puig qui ret yla luny de la ciutat per quatre leguas e per mar XXX milas, lo qual es apeylat la Dragonera, e ha pou d'aygua de la qual los meus mariners ne portaren una vegada á la mia nau; e aquel puig á la terra ret port major, e al mitj de la mar ha un puig poch qui ret port luny de la terra un jet de balesta, lo qual es apeylat Pantaleu”. En qualsevol cas, resulta evident que la presència a l'illa de sa Dragonera d'una cova que permetia fer aiguada als vaixells era ben coneguda pels navegants medievals d'aquesta part de la Mediterrània.

## Els topònims semblants a Dragonera en l'àrea Mediterrània

En l'actualitat està prou documentada la presència de topònims semblants a Dragonera al voltant de l'àrea que ocupa la Mediterrània occidental. Aquests topònims són especialment abundants a Occitània i estan ben representats a la península itàlica i l'illa de Sardenya, però també se'n troben de molt similars a l'Aragó i Malta (Figura 5). Mentre les localitats italianes mostren diferents variants (**dragonara**, **dragonera**, **dragoniera**, **dragonaria**, **dragunaia**, etc.), al sud de França, junt amb la grafia occitana **dragonhièira**, és molt freqüent la versió afrancesada **dragonnière**.

Als dos extrems de l'àrea geogràfica considerada en aquest treball se situarien les localitats del Pirineu aragonès i de l'illa de Malta. A l'illa de Malta s'han pogut



Figura 4: El tall artificial produït per l'escala excavada al terra, que descendeix fins al fons de la Cova de sa Font, permet distingir el substrat de material calcarenític d'origen dunar, el qual es mostra fossilitzat per colada estalagmítica.

Figure 4: View of the trench excavated in the pavement of Cova de sa Font in order to built the stair that descends to the bottom of the cave. This artificial cut allows an easy observation of the calcarenite substratum, of aeolian origin, which appears covered by thick flowstones.

documentar dos topònims costaners relacionats amb coves: la **dragunara**, que dóna nom al cap anomenat Dragunara Point, i la cova **dragonara**, que està situada a l'extrem nord-oest de l'illa. Fins i tot, els erudits maltesos MAGRI i MAGRI (1677) deixen constància a l'entrada **Tracones** del seu 'Hierolexicon sive sacrum dictionarium' de com: "*Unde Melitenses Traconara, sive Draconara appellare solent meatum subterraneum, per quem in ea insula ad Bercharense territorium [territori de Birgu, antiga capital de Malta anomenada actualment Vittoriosa] concurrere solent aquae*".

Pel que fa a l'Aragó les dades disponibles són poques però potser molt significatives, ja que el topònim **las Traconeras** es refereix a unes importants fonts càrstiques, relacionades amb coves prou conegudes de la vall de Tena. Un interès addicional d'aquesta localitat consisteix en la seva major proximitat al mot llatí *tracones*, que segons la nostra hipòtesi conduiria fàcilment a la paraula *traconaria*.

A les terres occitanes, encara que la recerca no pot considerar-se exhaustiva, es pot copsar immediatament que la majoria de les localitats que hi són indicades a la Figura 5 corresponen a hidrònims associats a fenòmens càrstics: fonts, coves, surgències i fins i tot engolidors. Segons el 'Vocabulaire français et dialectal des cavités et phénomènes karstiques' de BIGOT (2000) "*la plupart des grottes qui portent les noms de*

**dragonnières** sont des émergences (=surgències o fonts càrstiques)", i en cita com a exemples 10 localitats dels actuals departaments d'Aveyron, Ardèche, Tarn, Lozère i Alpes-Maritimes. D'altra banda, **dragonnière** apareix també esmentada com a sinònim de *source* al 'Lexique des termes karstiques dialectaux de langue française' de Fabien DARNE (<http://lofab.free.fr/Articles/Lexique.htm>), on s'afirma que és un terme encara prou utilitzat als departaments de llengua occitana d'Aveyron i Ardèche. Segons Jean LARTIGAUT ([www.quercy.net/qmedieval/histoire](http://www.quercy.net/qmedieval/histoire)) "*En fait, Dragonnière est un microtoponyme assez bien représenté en Rouergue mais aussi en Quercy et en Périgord*"; afirmació que pareix suggerir una encara més vasta distribució geogràfica d'aquesta família de topònims, cap al nord d'Aquitània.

Tot i les troballes toponímiques i lingüístiques que s'han efectuat, és molt probable que el nombre de localitats italianes amb variants dialectals que es puguin associar amb el topònim Dragonera sigui bastant major que el que apareix reflectit a la Figura 5, ja que en qualsevol cas no s'ha intentat fer encara una prospecció exhaustiva. Però només engegant una mínima recerca, ja es pot detectar fàcilment la presència d'hidrònims d'aquesta rel (fonts, torrents i cavitats amb aigua) a territoris tan distants com ara Sardenya, Ligúria, Piemont, Llombardia, Campània i Els Abruços. En qualsevol cas, el més interessant d'aquesta prospecció inicial no és tant

l'abundància de topònims d'aquesta mena sinó els casos especialment il·lustratius que es troben a la propera illa de Sardenya i a la localitat clàssica Traconaria, al Mont Miseno que presideix la badia de Nàpols.

La pervivència, encara actual a alguns dialectes sards, de paraules com **tragonàia** o **dragonaia**, al costat de l'explícit topònim **dragonara** (FURREDDU i MAXIA, 1964; MUCEDDA *et al.*, 1997), que designa una cova costanera de l'Alguer, molt similar quant a les seves característiques a la Cova de sa Font, són potser les millors proves de la nostra hipòtesi (juntament amb les sòlides evidències que ens aporten alguns textos de llatí medieval; evidències que seran exposades al següent apartat). De fet **tragonàia** (en logudorese, forma dialectal del sard) significa segons MARTELLI (1930) "*acqua che scorre sotto*". La consulta esporàdica a Internet de textos i diccionaris sards suggereix que la pervivència del mot **dragonaia** o **tragonaia** era encara viva ([www.monteualla.it](http://www.monteualla.it)) i ben documentada des del segle XIX. A un d'aquests diccionaris **dragonaia** es fa sinònim de "*cunduttu*" ([www.toninorubattu.it](http://www.toninorubattu.it)), i a un altre cibertext divulgatiu ([www.sassarionline.net](http://www.sassarionline.net)) es fa sinònim de "*sorgente*", i a més apareix textualment la següent frase: "*...la natura del sottosuolo cittadino (de Sàsser), fatto di gallerie, di cunicoli e di dragonaie è all'origine de numerose leggende*". En pareguts termes es pot esmentar la següent descripció antiga (CASALIS, 1840) de les fonts de la contrada de Sàsser: "*La parte piana di questo dipartimento è molto scarsa di fonti, la montuosa ne ha buon numero, almeno 180 tra piccoli e grandi, comprendendovi pure le tragonaie (rivoli sotterranee), e alcuni pozzi*". A més a més, a l'inventari espeleològic de Sardenya, inclòs al llibre de FURREDDU i MAXIA (1964) el *Dasterru della Dragonara* apareix catalogat com a "*174 SA/SS Inghiottitoio della Dragonara (o Tragonaia)*"; fet que dona a entendre que el topònim ja indicava explícitament la seva relació amb un corrent d'aigua subterrània.

Pel que fa a la localitat de Monte Miseno, probablement ben coneguda pels navegants de tota la Mediterrània occidental a causa de la seva ubicació al costat de l'antiga ciutat de Nàpols, la quantitat de referències bibliogràfiques és molt elevada (vegeu-ne, per exemple, [www.nsula.edu/campaniafelix](http://www.nsula.edu/campaniafelix)). En la majoria d'elles es barregen indistintament els topònims **tracconaria** i **dragonara**. Per exemple, M. FRÉRON (1756) escriu textualment: "*Auprès du Promontoire de Misene, nommé ainsi, si l'on en croit Virgile, d'un des compagnons d'Enée qui y mourut, il y a avoit des réservoirs d'eau abondans. Celui qui s'est le mieux conservé est appelé Grotte Tracconaria, vulgairement Dragonara*". D'altra banda, KEYSLER (1760) es refereix també a la història del company d'Enees i després descriu d'aquesta manera la cavitat que hi ha per davall del Mont Miseno: "*This promontory is almost entirely undermined, and the Grotta Tracconaria, vulgarly called Dragonara, under it, is very well worth observing. It is divided by twelve large pilasters into five walks, or isles. The middle is the broadest, and (besides the entrance, which is sixty-eight feet) is a hundred and seventy-eight feet long; the rest being only a hundred and seventy. They are all of the same height which is twenty feet. The four passages which cut these walks at right angles are of an unequal*

*length, from a hundred and eighty to two hundred and twenty-four feet. The breadth of the walks is about four feet, and the walls are of free-stone. The use of such a building is not known with any certainty; but it is most probable that it served for a reservoir of fresh water; which was here the most necessary, part of the Roman fleet being stationed at Miseno*". A més d'aquesta minuciosa descripció, una nota a peu de pàgina adverteix que "*\*\* tracones, in the middle ages, signified subterraneous passages and caverns*".

## El terme llatí **tracones** i el seu derivat **tracconaria**

Sembla a bastament documentada la utilització del terme llatí **tracones** a l'alta edat mitjana. El 'Diccionario Latino-Español' de BLÁNQUEZ-FRAILE (1959) proporciona les següents dades a l'entrada **traco, traconis**: "*de origen obscuro, m. Isid. Hendidura de la tierra; resquebrajadura. // En pl. Bed. Pasos subterráneos*". Les referències a Isidor de Sevilla i a Beda el Venerable fan pensar que el mot **tracones** es comença a fer servir al llatí tardà, i probablement es converteix en una paraula utilitzada àmpliament als escrits llatins medievals dins un àmbit geogràfic que va des de Palestina fins a Islàndia. Així, mentre Guillem de Tir, a la seva 'Crònica de les Croades' ([www.crusades-encyclopedia.com](http://www.crusades-encyclopedia.com)), fonamenta en els **tracones** l'etimologia de la regió siria de Traconitida, a la versió islandesa del 'Lucidarius' d'Honorí d'Autun apareix també aquesta paraula llatina (SEEVER, 2004) junt amb la seva traducció escandinava.

Un intent de cercar les fonts originals de la traducció de **tracones** ens va portar a una impressió antiga del 'Differentiarum, sive de proprietate sermonum' d'Isidor de Sevilla (disponible a [www.archive.org/details/patologiae83unknuoft](http://www.archive.org/details/patologiae83unknuoft)) on s'indica clarament que: "**tracones vero sunt hiatus terrae**". D'altra banda, la citació de Beda el Venerable, tal com apareix a QUICHERAT (1862), és textualment aquesta: "*Terra, ad imitationem arteriarum, per quas spiritus discurret in homine, habet cavernas, foramina et tracones, per quae venti et flumina discurrunt. Nam flumina mare intrant omnia, nec tamen redunt, quia ad suos alveos per tracones redeunt*". DU CANGE (1678), al seu 'Glossarium ad Scriptores mediae et infimae Latinitatis', defineix **tracones, traconum, m. pl.** com "*Meatus subterranei, cavernae, speluncae*" ([www.uni-mannheim.de/mateo/camenaref/ducange.html](http://www.uni-mannheim.de/mateo/camenaref/ducange.html)) i remet al 'Gloss. Lat. Gall.' on **tracon, traconis** és traduït per "*allée sous terre*". QUICHERAT (1862), a la seva obra 'Addenda Lexicis Latinis', encara inclou una altra citació, on s'afirma que: "**Traco, idem est quod via subterranea**".

Una revisió molt preliminar dels pocs materials que apareixen disponibles a Internet sobre el tema, permet interpretar, sense cap ambigüitat, el significat que donaven els autors del segle XII i XIII a la paraula **tracones**. Pere Comestor, per exemple, a la seva descripció de les fonts del Paradís a la 'Historia Scholastica Theologiae Disciplinae', (vegeu-ne [14](http://www.documenta-</a></p></div><div data-bbox=)

catholicaomnia.eu) explica que: “*Dicitur enim terra circumjacens humectari a fluminibus per tracones, id est per vias subterraneas, vel per meatus quatuordecim stadiis, aut sexdecim. Qui fons divitur in quatuor flumina (Ganges, Nil, Tigris i Eufrates)*”. Per la seva part, Guillem de Tir, escriu a la seva ‘Historia rerum gestarum in partibus transmarinis’: “*Videtur autem nobis a traconibus dicta. Tracones enim dicuntur occulti et subterranei meatus, quibus illa regio abundat; nam pene universus illius regionis populus in speluncis et cavernis habitat, et in traconibus habet domicilia*” (vegeu-ne [www.thelatinlibrary.com/williamtyre/16.html](http://www.thelatinlibrary.com/williamtyre/16.html)). Així doncs, la relació amb coves i conductes subterranis, pareix evident en ambdós casos.

Però potser els comentaris més significatius, des del punt de vista del llarg debat geològic sobre l’origen de les aigües subterranies i l’existència de coves, es poden trobar a la ‘Chronica Majora’ de Mateu Paris (vegeu-ne a BYNUM i FREEDMAN, 1999), quan es refereix a “... cavernis terrestribus et profundis traconibus, ac conca-vitatibus, in quibus secundum Philosophos solet terrae-motus generari”. Es tracta d’una idea complementària de l’esmentada cita de Beda el Venerable, al seu ‘De Mundi Constitutione’, on es fa ressò de l’analogia que estableixen els pensadors neoplatònics entre els conductes de l’interior de la Terra i les artèries dels éssers humans: “*Terra,*

*ad imitationem arteriarum, per quas spiritus discurret in homine, habet cavernas, foramina et tracones, per quae venti et flumina discurrent*”. La utilització del terme tracones en aquest context ens recorda els corrents organicistes que enllacen Sèneca amb la Ciència de la Natura medieval (ELLEMBERGER, 1989) i que després continuen al llarg de molts de segles (vegeu-ne CAPEL, 1980) fins arribar, ja durant el “Seicento”, als aerofilacis, hidrofilacis i pirofilacis d’Athanasius Kircher (Figura 6). Les citacions anteriorment esmentades pareixen suggerir que els tracones que alimenten les fonts (o traconarias) són de fet els autèntics “avantpassats” dels hidrofilacis de KIRCHER (1678).

## Conclusions provisionals

La present aportació no vol defugir del camp estrictament geogràfic, si bé fa incursions dins els problemes etimològics del topònim Dragonera i fins i tot dins la filologia llatina tardana i medieval. Aquestes incursions han estat necessàriament condicionades per la nostra formació acadèmica, aliena a la terminologia i als criteris metodològics específics d’aquelles branques del coneix-

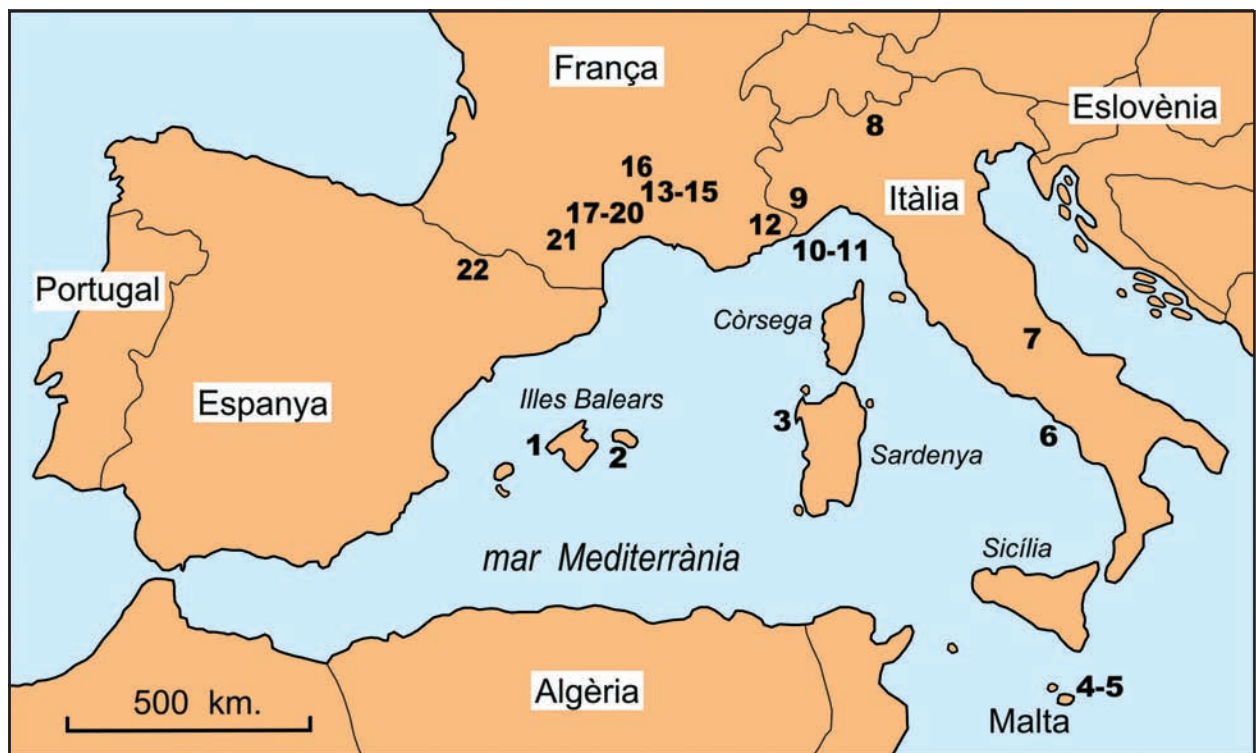


Figura 5: Topònims semblants a Dragonera distribuïts al voltant de la Mediterrània occidental (enumerats en sentit antihorari):  
 1- Illa de sa Dragonera (Illes Balears); 2- sa Dragonera (Barranc d’Algendar, Menorca); 3- Dasterru della Dragunara (Alguer, Sardenya); 4- Dragunara, Dragonara o Dragon’s cave (Dragunara Point, Malta); 5- Dragonara cave (Marfa Ridge, Malta); 6- Traconaria, Tragonaria, Traconara, Draconaria, Dragonaria o Dragonara (Miseno, Nàpols); 7- sorgenti Dragonaria (Bisegna, L’Aquila); 8- torrente Dragonera (Chiavenna, Llombardia); 9- fontana Dragonera (Cuneo, Piemont); 10- Garbu da Dragunaia (Savona, Ligúria); 11- sorgente Dragunaia (Imperia, Ligúria); 12- grotte-source La Dragonnière (Ilonse, Alpes-Maritimes); 13- la Dragonnière de Berrias (Ardèche); 14- la Dragonnière de Banne (Ardèche); 15- la Dragonnière de la Bastide (Ardèche); 16- La baüma de la Dragonhièira (Saint-Pierre-des-Tripiers, Lozère); 17- la Dragonnière de Versols (Aveyron); 18- grotte-source La Dragonnière (Verrières, Aveyron); 19- la Dragonnière de Gozon (Aveyron); 20- perte de les Dragonnières (Montbazens, Aveyron); 21- source temporaire de La Dragonnière (Penne, Tarn); 22- fuentes de las Traconeras (Biescas, Aragó).

Figure 5: Distribution of place-names similar to Dragonera all around the Western Mediterranean basin (enumerated in a counter clock-wise direction).





Figura 6: Una imatge dels "hidrofilacis" que connecten les aigües de la mar amb les coves i surgències càrstiques, segons KIRCHER (1678).

Figure 6: Ancient drawing of "hydrophilacia" which were described as conduits connecting the sea waters with caves and karstic springs, according to KIRCHER (1678).

xement. Emperò, confiem haver estat capaços d'arreglar tot un seguit d'arguments a bastament sòlids que suggereixen una inequívoca relació entre el topònim Dragonera i el mot llatí *traconaria*, en relació amb la presència d'una cova natural on era possible abastar-se d'aigua.

Si aquesta relació es confirma, algunes interpretacions anteriors quedarien anul·lades. Entre elles, la tendència (defensada ja a l'època medieval per Fra Pere Marsili) a associar Dragonera amb la paraula **dragó**, bé sigui en base a la suposada semblança del perfil de l'illa amb un dragó o bé com a zoònim relacionat amb roques on abunden els dragons (MOREU-REY, 1999). La cita textual de Fra Pere Marsili, transcrita per Josep Maria Quadrado (disponible a [www.lluisvives.com](http://www.lluisvives.com)) diu: "E la yla major ha encare de costa sí duas ylas, la una que s'encontra ab aquels qui de Cathalunya venen, la qual

ha nom la Dragonera, la qual es persó axí apeylada com ha forma de dragó quant al cap, dors e coha, segons la disposició de la terra e de las montanyas".

També resultaria massa artificial, al nostre parer, la interpretació del topònim que proposa textualment "que el nom mateix de la illeta, resulti d'una metàtesi de **Ladronquera** (> **La Dragonera**), derivat de **LATRONES** ja en data mossàrab", basant-se en el fet que "...encaixa molt bé amb la certitud històrica que l'illa Dragonera fou niu de pirates nord-africans i turcs, base logística de les seves incursions a les costes de Mallorca i del llevant peninsular", segons COROMINES i MASCARÓ-PASARIUS (1989). En canvi, els mateixos autors, es refereixen al veí topònim Pantaleu en termes que ens pareixen més versemblants: "El fet que aquest nom aparegui per primera vegada en la Crònica del rei En Jaume I, quan ni el rei ni la host havien desembarcat

a Mallorca, fa pensar si era un nom de gent de la mar. Això és el principal argument que podria cohonestar una etimologia grega. Un altre argument seria l'origen del nom d'una altra illa: Pantelleria prop de Sicília”.

Curiosament, en l'apartat d'hidrònims del llibre de MOREU-REY (1999), al paràgraf dedicat als topònims relacionats amb la paraula *gorg* es pot llegir la següent frase: “...A les terres valencianes, la influència mossaràbiga ha produït el dialectalisme Gorgos. Potser tenia un significat similar, antigament, **Tragó**, d'un mot llatí equivalent a 'engolidor'”. Pareix evident que aquesta referència ens torna a posar sobre la pista del que hem estat defensant en aquest article. Potser topònims com sa Taconera, que es troba a prop de la Font de sa Cala (Capdepera), també en una localització molt propera a la costa, podria estar relacionat amb **Traconaria**; així com el topònim menorquí sa Dragonera, que correspon al nom d'unes cases i una font del Barranc d'Algendar (vegeu-ne RETAMERO, 2005).

Aquestes incursions en els problemes etimològics que planteja el topònim Dragonera volen ser prudents i defugir d'interpretacions massa agosarades. Emperò ens sembla que l'acumulació d'evidències és ja prou consistent per a recolzar una hipòtesi espeleològica que, en base a la presència d'una cavitat càrstica que permet l'accés relativament fàcil a les aigües freàtiques –l'anomenada Cova de sa Font o Cova des Moro–, li atorgaria una identificació general al conjunt de l'illa. Es tracta d'una idea força versemblant, especialment si es considera des de la perspectiva dels interessos i prioritats dels antics navegants. Les dues principals proves en què se sustenta aquesta hipòtesi són: l'abundància d'hidrònims semblants a Dragonera al voltant de la Mediterrània occidental i la utilització del mot **tracones** al llatí medieval amb la significació de conductes subterranis. Així doncs, l'existència d'una valuosa **traconaria**, que permetia el proveïment d'aigua dolça per als vaixells, hauria estat a l'origen del **topònim Dragonera**. En el marc d'aquesta hipòtesi espeleològica, el mot **dragonera** constituiria un espeleohidrònim, bastant estès en temps remots a la Mediterrània, i conseqüentment seria la Cova de sa Font qui donaria nom a tota l'illa.

## Agraïments

El contingut del present treball és el resultat del seguiment d'unes informacions inicials que ens varen facilitar els companys del Grup Espeleològic Algerès. Els espeleòlegs Mauro Mucedda (Sàsser, Sardenya) i Jacques Choppy (Paris, França), finat fa alguns anys, ens facilitaren diversa documentació sobre topònims sards i occitans respectivament. El company Fernando Gómez, professor de llengües clàssiques de l'IES Bendinat, ens va assessorar sobre filologia llatina (ell mateix va introduir a Wikipedia en castellà una informació actualitzada sobre l'etimologia del topònim Dragonera, el dia 12 de febrer del 2008; vegeu-ne [http://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_Dragonera](http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_Dragonera)),. D'altra banda, aquest treball forma una part substancial del projecte de recerca que, amb el títol “Dades geogràfiques preliminars sobre els topònims

semblants a Dragonera existents a l'àrea mediterrània. És Dragonera un hidrònim relacionat amb la navegació antiga?”, va obtenir una de les Beques d'investigació sobre el Parc Natural de sa Dragonera del 2008.

## Bibliografia

- BIGOT, J.Y. (2000): Vocabulaire français et dialectal des cavités et phénomènes karstiques. *Mémoires du Spéleo-Club de Paris*, nº 25. 184 pàgs. Paris.
- BLÁNQUEZ-FRAILE, A. (1959): *Diccionario Latino-Español Español-Latino*. Editorial Ramón Sopena. pàg. 1603. Barcelona.
- BYNUM, C.W. i FREEDMAN, P. Eds. (1999): *Last Things: Death and the Apocalypse in the Middle Ages*. University of Pennsylvania. pàg. 323. Philadelphia.
- CAPEL, H. (1980): Organicismo, fuego interior y terremotos en la Ciencia española del XVIII. *GeoCrítica*, 27-28: 78 pàgs. Barcelona.
- CASALIS, G. (1840): *Dizionario Geografico Storico-Statistico-Commerciale degli stati di S.M. il Re di Sardegna*. Vol. VI. G. Maspero: pàg. 672. Torino.
- COROMINES, J. i MASCARÓ-PASARIUS, J. (1989): *Onomasticon Cataloniae. Toponímia antiga de les Illes Balears*. Curial Edicions. 315 pàgs. Barcelona.
- DARNE, F. (1997?): *Lexique des termes karstiques dialectaux de langue française*. 12 pàgs. (Disponible a <http://lofab.free.fr/Articles/Lexique.htm>).
- DU CANGE (1678): *Glossarium ad Scriptores mediae et infimae Latinitatis*. (Disponible a <http://www.uni-mannheim.de/mateo/camenaref/ducange.html>). Ex Officina Zunneriana apud Johannem Adamium Jungium (1710). pàgs. 1279-1280. Frankfurt a. Main.
- EGOZCUE, J.J. (1971): Estudio del cono de materiales alóctonos de la Cova de sa Font. *Speleon*, 18: 49-53. Barcelona.
- ELLEMBERGER, F. (1989): *Historia de la Geología. De la Antigüedad al siglo XVIII*. Editorial Labor-M.E.C. 282 pàgs. Barcelona.
- ENCINAS, J.A. (1971): Nota arqueológica sobre la Cova de sa Font. *Speleon*, 18: 61-68. Barcelona.
- FRÉRON, M. (1756): *Journal étranger: ou notice exacte et détaillée des ouvrages....* Michel Lambert Libr. pàg. 165. Paris.
- FURREDDU, A. i MAXIA, C. (1964). *Grotte della Sardegna*. Editrice Sarda Fossataro. 310 pàgs. Cagliari.
- GINÉS, A. (1971a): Cavidades de la Isla de Dragonera. *Speleon*, 18: 37-42. Barcelona.
- GINÉS, A. (1993): El conocimiento espeleo-topográfico de las cavidades baleares (1862-1992). *Endins*, 19: 55-70. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. (2002): La fauna anquihalina de las Baleares un siglo después del descubrimiento de *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905 / La fauna anquihalina de les Illes Balears un segle després del descobriment de *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905. *Boletín SEDECK*, 3: 124-127. Madrid.
- GINÉS, A. i GINÉS, J. (1977): Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la isla de Mallorca. 6è *Symposium d'Espeleologia*, Escola Catalana d'Espeleologia - S.I.S. del C. E. de Terrassa: 81-95. Terrassa.
- GINÉS, A. i GINÉS, J. (2002): Estado actual del conocimiento científico del karst y de las cuevas de las Islas Baleares / Estat actual del coneixement científic del carst i de les coves de les Illes Balears. *Boletín SEDECK*, 3: 26-45. Madrid.
- GINÉS, J. (1971b): Cova de sa Font (aspectos generales). *Speleon*, 18: 43-47. Barcelona.
- JAUME, D. (1990): Estigofauna de les petites illes del Sud de Mallorca: Cabrera i Dragonera. *Endins*, 16: 41-46. Palma de Mallorca.

- JAUME, D. i GRÀCIA, F. (2006): Coves amb hàbitats anquihalins de les Balears i coves amb hàbitats dolçaquïcoles no litorals: catàleg espeleològic i faunístic. *Endins*, 30: 71-82. Palma de Mallorca.
- KEYSLER, J.G. (1760): *Travels through Germany, Bohemia, Hungary, Switzerland, Italy and Lorrain. Giving a true and just description of the present state of those countries....* G. Keith, Third edition. vol III: pàg. 149. London.
- KIRCHER, A. (1678): *Mundus subterraneus. Tomus I.* Janssonio-Waesbergiana. 372 pàgs. Amsterdam. (Riproduzione facsimile Arnaldo Forni Editore, 2002).
- LARTIGAUT, J. (1993): *L'historien et les traditions locales. Quercy Médiéval.* 13 pàgs. (Disponible a [http://www.quercy.net/qmedieval/histoire/articles/trad\\_locales/trad\\_locales.html](http://www.quercy.net/qmedieval/histoire/articles/trad_locales/trad_locales.html)).
- MAGRI, D. i MAGRI, C. (1677): *Hierolexicon sive Sacrum Dictionarium, in quo Ecclesiasticae voces, earumque Etymologiae, Origines, Symbola, Caeremoniae; Dubia, Barbara Vocabula, atque Sac. Scripturae, & SS. PP. Phrases Obscurae elucidantur.* (Disponible a <http://www.uni-mannheim.de/mateo/camenaref/magri.html>). Pontii Bernardon. Roma.
- MARTELLI, V. (1930): *Vocabolario Logudorese-Campidanese Italiano.* Edizioni della Fondazione Il Nuraghe. 268 pàgs. Cagliari.
- MOREU-REY, E. (1999): *Els nostres noms de lloc.* Editorial Moll. 255 pàgs. Palma de Mallorca.
- MUCEDDA, M.; LORU, R. i MONTANARO, L. (1997): *Grotte di Capo Caccia.* La Celere Editrice. 134 pàgs. Alghero.
- ORGHIDAN, T.; DUMITRESCO, M. i GEORGESCO, M. (1975): Mission biospéologique 'Constantin Dragan' à Majorque (1970-1971). *Travaux de l'Institut de Spéologie 'Émile Racovitza'*, 14: 9-33. Bucaresti.
- PLA, V. i VICENS, D. (2000): 25 anys d'Endins, revista de la Federació Balear d'Espeleologia. *Endins*, 23: 155-186. Palma de Mallorca.
- QUICHERAT, L. (1862): *Addenda Lexicis Latinis: investigavit, collegit, digessit.* Hachette. pàg. 296. Paris.
- RETAMERO, F. (2005): Els sistemes hidràulics de la font des Molí i de la font de sa Dragonera. In: BARCELÓ, M. & RETAMERO, F. (eds.) *Els barrancs tancats. L'ordre pagès al sud de Menorca en època andalusina (segles X-XIII)*, Institut Menorquí d'Estudis, Col·lecció Recerca, 11: 80-88. Maó.
- SEAVER, K.A. (2004): *Maps, Myths, and Man. The story of the Vinland map.* Stanford University Press. pàg. 237. Stanford.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Isla\\_Dragonera](http://es.wikipedia.org/wiki/Isla_Dragonera): "Isla Dragonera".
- <http://www.archive.org/details/patrologiae83unknuoft>: "Patrologiae cursus completus: sive bibliotheca universalis, integra, uniformis, commoda, oeconomica, omnium SS. Patrum... Isidorus hispalensis. Differentiarum, sive de proprietate sermonum. Libri Duo".
- <http://www.crusades-encyclopedia.com/incipitlibersexusdecimus.html>: "Guillelmus Tyrensis [William of Tyre] Historia rerum gestarum in partibus transmarinis".
- [http://www.documentacatholicaomnia.eu/03d/1120-1178,\\_Comestor.\\_Petrus,\\_Historia\\_Scholastica\\_Theologiae\\_Disciplinae,\\_LT.doc](http://www.documentacatholicaomnia.eu/03d/1120-1178,_Comestor._Petrus,_Historia_Scholastica_Theologiae_Disciplinae,_LT.doc): "1120-1178- Comestor, Petrus - Historia Scholastica Theologiae Disciplinae".
- <http://www.luisvives.com/servlet/SirveObras/jlv/06926283155758251932268/p0000002.htm>: "Chronica o comentarios del gloriosissim e invictissim Rey en Jacme Primer, Rey d'Aragó, de Mallorques e de Valencia, compte de Barcelona e de Montpesler: dictada per aquell en sa llengua natural; de nou feyta estampar per Marian Aguiló y Fuster".
- <http://www.luisvives.com/servlet/SirveObras/jlv/12159289779090408532624/p0000001.htm>: "Historia de la conquista de Mallorca: crónicas inéditas de Marsili y de Desclot en su testo lemosín: vertida la primera al castellano y adicionada con notas y documentos por José María Quadrado".
- <http://www.monteualla.it/vocabolario/index.htm>: "La lingua sarda ad Asuni: vocabolario e storia. Vocabolario Italiano-Sardo Asunese".
- <http://www.nsula.edu/campaniafelix/text.asp?id=7>
- <http://www.sassarionline.net/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=47>: "Cavità naturali".
- <http://www.thelatinlibrary.com/williamtyre/16.html>: "William of Tyre. Historia Rerum in Partibus Transmarinis Gestarum. Liber Sextus Decimus".
- <http://www.toninorubattu.it/ita/DIZIONARIO%20UNIVERSALE%20-%20DULS.htm>: "Dizionario Universale della lingua di Sardegna. Sardo/Italiano".

# LA COVA DE SA TOSSA ALTA (Escorca, Mallorca): UNA ESTACIÓ PREHISTÒRICA REMOTA A LA SERRA DE TRAMUNTANA

per Alexandre VALENZUELA<sup>1</sup>, Moisés BONNIN<sup>2</sup>, Jordi BARTOLOMÉ<sup>3</sup>,  
Josep Antoni ALCOVER<sup>1,4</sup> i Miquel TRIAS<sup>4</sup>

## Summary

The results of the excavation of test pits in Cova de sa Tossa Alta (Escorca, Mallorca) are presented in this paper. A stratigraphic sequence spreading over the Bronze and Iron Ages has been obtained. The earliest documented level is associated to the <sup>14</sup>C date Wk 28753 (3421 ± 33 BP; 1880 – 1620 2σ cal BC). It has not been found any evidence for a previous occupation of the cave. The attribution by other scholars to the Chalcolithic Age of several sherd fragments obtained at the surface of the cave is not supported by the new evidence. The use of the cave and its preparation for stabling cows probably corresponds to late times of the prehistory of Mallorca. A lithic industry without known parallels in contemporary mainland Western Europe is briefly described.

## Resum

Presentam els resultats de l'excavació de diferents cales a la cova de sa Tossa Alta (Escorca, Mallorca). Hem obtingut un perfil estratigràfic que abasta l'Edat de Bronze i l'Edat de Ferro. El nivell d'ocupació més antic documentat està associat a la datació Wk 28753 (3421 ± 33 BP; 1880 – 1620 2σ cal BC). No s'hi ha obtingut cap evidència d'una ocupació anterior. L'atribució de materials ceràmics al Calcolític no es troba suportada per l'evidència disponible. L'ús de la cova i el seu condicionament per estabular vaques probablement correspon a moments tardans de la prehistòria de Mallorca. Es documenta una indústria lítica que no sembla tenir paral·lels coetanis al continent europeu.

## Introducció

La cova de sa Tossa Alta (Figura 1A i B) es troba situada al peu d'un penyal en forma de bec que es a la cara nord del Puig Caragoler de Femenia a uns 670 m s.n.m. en un paisatge esquerp de penyals i carritxeres que acaba vora mar en el corral den Figuera. Es troba per damunt de les voltes del camí que baixa a les cases abandonades dels Fornets. Aquesta cavitat fou introduïda a la literatura arqueològica per CALVO *et al.* (2000) amb el nom de "cova de sa Bassa" i fou situada "prop del Puig Roig". El 1986 un de nosaltres hi trobà dues peces ceràmiques en superfície d'aspecte arcaic. Aquestes peces van ser dipositades més tard al Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts de la Universitat de les Illes Balears a través de Jaume Guasp.

CALVO *et al.* (2000) atribuïren hipotèticament aquests materials a un horitzó Neolític tardà de la segona meitat del IV mil·lenni aC. Al seu treball, aquests autors indiquen (1) que la cova es podria haver abandonat en època neolítica i (2) que no s'hauria alterat substancialment amb posterioritat.

La cavitat va ser descrita per ALCOVER *et al.* (2001) al mateix treball que recuperava el topònim popular i que qüestionava l'atribució cronològica presentada pels citats autors. El nom de la cova ens va ser facilitat pels pagesos de Mossa. La cova de sa Tossa Alta (Figures 1 i 2) presenta una boca de 12 m d'amplada i té una planta arrodonida de 30 m de diàmetre. Des de l'entrada davallam per una rampa artificial, segurament una estructura realitzada a època prehistòrica fent servir pedres grans, algunes de les quals s'han col·locat com a ortostats. La part baixa de la cova, situada entre 8 i 9 metres per davall del llavi inferior de l'entrada, és plana, i constitueix un espai de devers 170 m<sup>2</sup>, on hem realitzat la major part de les troballes ceràmiques descrites al present treball.

També s'hi han trobat restes de fauna domèstica i autòctona. El 2002 es van recol·lectar alguns ossos de

1 Departament de Biodiversitat i Conservació, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), Cta de Valldemossa km 7,5, 07122 Palma de Mallorca

2 Grup Nord de Mallorca (GNM), Pollença.

3 Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Grup de Recerca en Remugants, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra.

4 Speleo Club Mallorca, Palma de Mallorca



Fig. 1: **A.** Voltants de la cova de sa Tossa Alta. **B.** Lloses de la rampa interior (al centre esquerra) i lloses ortostàtiques (centre a dalt).

Fig. 1: **A.** Surroundings of Cova de sa Tossa Alta. **B.** Interior descent ramp blocks (at the middle left) and orthostatic blocks (at the upper middle part of the photo).

bou en superfície. Posteriorment, BOVER & ALCOVER (2008) varen presentar una datació radiocarbònica obtinguda sobre col·lagen d'ossos d'*Hypnomys morpheus* procedents de la cova de sa Tossa Alta. Aquesta datació constitueix ara per ara l'evidència més recent coneguda de presència d'aquesta espècie a Mallorca.

Recentment PICORNELL *et al.* (2010) reivindiquen la possible antiguitat de les ceràmiques que s'hi troben, considerant que podria tractar-se de ceràmiques calcolítiques, que situen entre el 2800 i el 1800 aC.

L'aproximació d'ALCOVER (2008) sobre els primers colonitzadors humans de les Balears apunta, però no demostra, (1) a que l'arribada s'ha de situar entre el 2350 i el 2150 aC, i (2) a que aquests primers pobladors poden procedir de societats continentals que ja es podrien atribuir als inicis del Bronze Antic. Si poguéssim demostrar que les ceràmiques de la cova de sa Tossa Alta fossin anteriors a la cronologia establerta per als inicis del Bronze a les regions continentals properes (és a dir, si poguéssim demostrar que fossin anteriors a c.2300 aC), les hipòtesis presentades per ALCOVER (2008) s'haurien d'esmenar. Aquesta possibilitat confereix un gran interès a l'estudi de la cova de sa Tossa Alta.

El 2010 s'han realitzat unes cales de prospecció a la cova que han estat dirigides conjuntament, a tots els efectes, per A. Valenzuela i J.A. Alcover. En aquest

treball pretenem presentar els resultats de la campanya realitzada entre el 16 i el 18 de maig de 2010. Amb posterioritat a aquesta campanya, hem realitzat dues visites a la cova amb l'objecte de completar-la. A la primera (1 de juny de 2010) collírem una mostra del sediment de la unitat estratigràfica 10 (veure més endavant per la definició de les unitats estratigràfiques), i a la segona (15-16 de juliol de 2010) procedírem a completar la topografia realitzada per M. Trias i F. Comas el 1996.

L'objectiu central de l'excavació de les cales fetes ha consistit en tractar de trobar evidències del contacte entre la fauna autòctona de Mallorca i els primers pobladors humans. Paral·lelament hem tractat d'avaluar la hipòtesi sobre el primer poblament de Mallorca presentada per ALCOVER (2008) i les interpretacions de CALVO *et al.* (2000) i PICORNELL *et al.* (2010) sobre l'ocupació prehistòrica de la cova (cronologia i alteracions).

Ara per ara, l'evidència sòlida disponible més antiga de presència humana (és a dir, la basada en col·lagen d'herbívoros introduïts) documenta que cap al 2050 aC hi havia humans a Mallorca, mentre que l'evidència disponible més recent de presència de fauna autòctona de mamífers (basada en col·lagen de *Nesiotites*) documenta que el 3030 aC a Mallorca existia com a mínim una de les espècies de la fauna autòctona (BOVER & ALCOVER, 2008).

L'arribada dels humans a Mallorca s'ha situat entre el 2350 i el 2150 aC (ALCOVER, 2008). L'extinció de la fauna autòctona l'hem suposat relacionada amb l'arribada dels humans (BOVER & ALCOVER, 2003, 2008), i en conseqüència consideram que hauria hagut de ser posterior al 2350 aC. El repte actual consisteix en tractar d'obtenir evidències radiocarbòniques més recents de la presència de fauna autòctona i més antigues de la presència de fauna introduïda, per avaluar -i afinar, si fos pertinent- el model presentat. Amb l'excavació de la cova de sa Tossa Alta hem tractat d'obtenir aquestes evidències.

Inicialment obrírem tres cales de prospecció, que han estat anomenades "Cala 1", "Cala 2" i "Cala 3" (veure Figura 1). La primera, d'un metre quadrat, se situa al peu de la rampa d'entrada i inclou la cala clandestina, un forat de petites dimensions (aprox., 30 cm de diàmetre), que ja era present a la cova el 1998 (CALVO *et al.*, 2000, foto 4). La segona és una cala de menys de dos metres quadrats situada a ran de la paret de fons, i que fou excavada fins a -20 cm de la superfície original. Desistírem de continuar-ne l'excavació per problemes tècnics. La tercera, d'un metre quadrat, fou excavada a 2 m de l'anterior i es va aprofundir fins trobar el nivell per sota de l'ocupació humana de la cova. A més, hem fet una cala de 20 x 20 cm i 60 cm de fondària per sota d'uns grans blocs situats a la base de la cavitat ("Cala 4"), amb l'objecte d'entendre millor la gènesi del depòsit.

Per una altra banda, hem collit materials superficials i fragments ceràmics a tres bandes de la cova: (1) a una terrera indicada amb la lletra "A" a la topografia, (2) a una saleta que se situa per sota de la terrassa superior (veure Fig. 1, lletra "B" de la topografia), i (3) a la rampa de baixada (lletra "C" de la topografia), on hem trobat dos claus de ferro i restes d'un plat modern tradicional. Aquest plat és l'única ceràmica d'època històrica trobada a la cova.

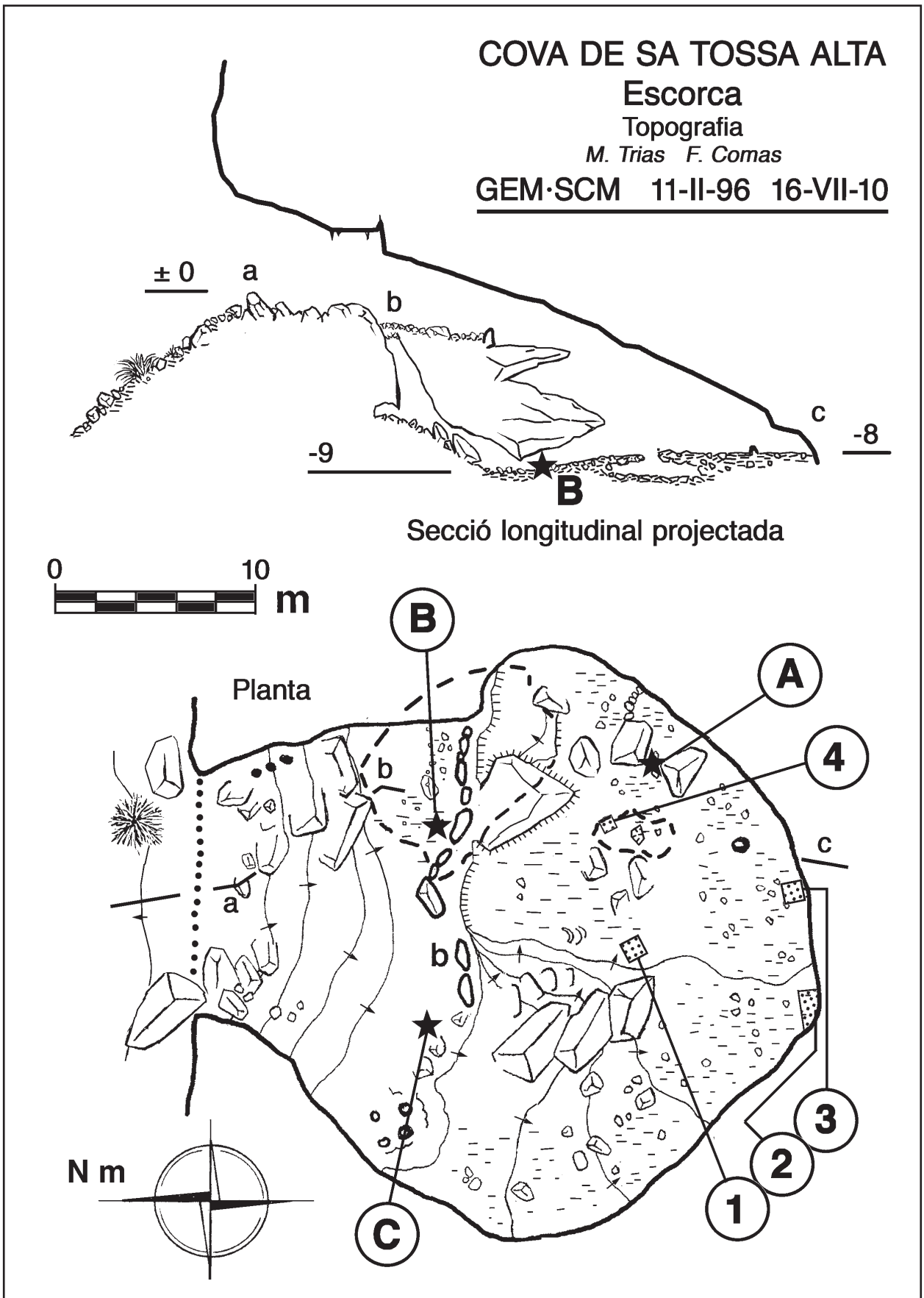


Fig. 2: Topografia de la cova de sa Tossa Alta. S'indica la situació de les cales 1-4, així com els indrets (A-C) on s'han realitzat troballes superficials.

Fig. 2: Topographical survey of Cova de sa Tossa Alta. Test pits (1-4) and surface collecting places (A-C) are indicated.

## Estratigrafia

L'excavació de la cala 1 ha permès definir les següents unitats estratigràfiques (UEs):

- UE 0:** Material superficial. Nivell blanc de carbonat càlcic resultat de la descomposició de les pedres calcàries. Estèril. De 1 a 5 cm de potència.
- UE1:** Sediment fosc de composició orgànica, amb carbons i moltes cendres. Fauna abundant (alguns ossos cremats) i ceràmica. Potència entre 5 i 6 cm.
- UE 2:** Sediment de color blanc, granulós. Estèril. Potència entre 2 i 6 cm.
- UE 3:** Sediment de color marró fosc a negre. No surten carbons. Restes òssies cremades i no cremades. Potència entre 10 i 15 cm.
- UE 4:** Darrer sediment cendrós amb inclusions blanquinoses i carbons. Es documenta material lític, però no hem trobat ossos. Té una potència que oscil·la entre els 10 i 18 cm.
- UE 5:** Sediment cendrós amb inclusions blanquinoses i carbons. Només hi hem recuperat una resta de caprí domèstic. Potència entre 14 i 15 cm.
- UE 6:** Sediment cendrós amb inclusions blanquinoses i carbons. No presenta materials. Té una potència de 6 a 9 cm.
- UE 7:** Estrat de sediment cendrós que presenta inclusions blanquinoses i carbons. Té una potència entre 8 i 12 cm.

**UE 8:** Nivell cendrós amb inclusions de sediment de color blanc. No hi hem recuperat restes materials. Té una potència entre 4 i 9 cm.

**UE 9:** Primer nivell cendrós amb inclusions de sediment blanc i carbons. Només hi hem recuperat dues restes òssies (datades). Té una potència de 6 a 11 cm.

**UE 10:** Sediment bru groguenc clar, sense restes de microcarbons. Consideram que és el pis original de la cova previ a l'ocupació pels humans.

El perfil estratigràfic obtingut rere la realització de la cala 1 és molt clar i es mostra a la Figura 3. La successió de capes cendroses (de la UE 4 a UE 9) es caracteritza per la composició de tipus *fumier* (BROCHIER, 2002: 469-470). Les capes negres i cendroses es disposen cíclicament en fins estrats intercalats configurant un perfil que s'ha denominat "*layer cake*" (BOSCHIAN & MIRACLE, 2007). Els estrats oscil·len entre els 3-4 i 14-16 cm i els seus límits són horitzontals o lleugerament ondulants. Els horitzons negrosos formen sempre la part inferior que delimita l'estrat; la seva granulació és molt fina i en alguns casos el dibuix és discontinu. En canvi, els horitzons grisos són més compactes i homogenis, tant en la textura com en el color i porositat.

Diferents estudis actuals han demostrat que aquests depòsits són originats per l'estabulació d'animals (COURTY *et al.*, 1992; BOSCHIAN, 1997; MACPHAIL *et al.*, 1997; BROCHIER *et al.*, 1999; BOSCHIAN & MONTAGNARI KOKELJ, 2000; IACONIS, 2002). Cada nivell conformat per una capa negra i cendrosa seria el resultat

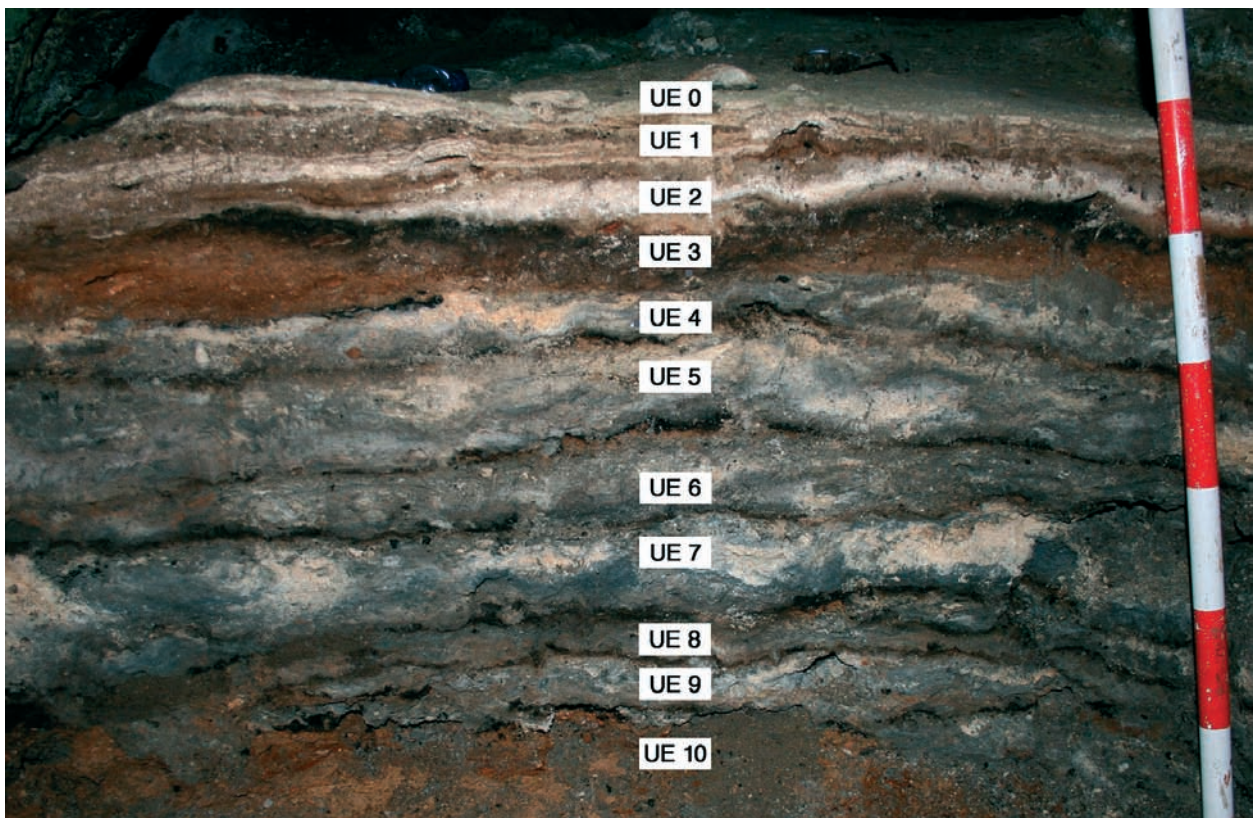


Fig. 3: Estratigrafia de la cala 1. Veure text per la descripció de les diferents unitats estratigràfiques.

Fig. 3: Stratigraphic section of Test Pit 1. See text for description of the stratigraphic unities (UEs)

de la crema d'un nivell d'excrements d'herbívor i algunes fulles i branques que haurien estat part del farratge donat als animals (ANGELUCCI *et al.*, 2009). A Mallorca, aquest tipus de seqüència estratigràfica també s'ha identificat a Son Matge (BERGADÀ *et al.*, 2005) i a Menorca a Mongofre Nou (BERGADÀ & DE NICOLÁS, 2005).

La superfície de la cala 3 a ran de la paret de la cova es troba a -94 cm de la cota  $\pm$  0. El nivell original (és a dir, immediatament per sota de l'ocupació humana de la cova) se situa a -289 cm de la cota  $\pm$  0. Els 60 cm superiors (i.e., entre -94 i -154 cm de la cota  $\pm$  0) es troben molt remenats. Al perfil d'aquesta cala hem localitzat cinc nivells cendrosos situats a -171 cm, -195 cm, -214 cm, -260 cm i -287 cm. Probablement tots o alguns d'aquests nivells cendrosos es corresponen als nivells cendrosos inferiors de la cala 1. És interessant destacar que a la cala 3 no hem trobat restes d'excrements de bovins (els quals es troben als nivells superficials de la cova, sent visibles entre pedres). Per contra, hem trobat petits excrements de caprins a diferents fondàries.

A partir de la situació del nivell original de la cova a les cales 1 i 3, del nivell superficial a les dites cales, i extrapolant a tota la superfície de deposició identificada a la sala de la cova, suposant que no hi hagi hagut alteracions catastròfiques, es pot fer una estima, tot i que molt general, del sediment que s'hi ha incorporat d'ençà que ha estat emprada pels humans. Una estima més precisa requeriria la realització de més cales a la cova, per tal de conèixer bé la topografia del nivell original. D'acord amb les dades disponibles, i suposant una densitat mitjana de 2 g/cm<sup>3</sup> per al sediment, la cova hauria incorporat no menys de 20 tones de sediment d'ençà que els humans són a Mallorca, una taxa de deposició que és relativament elevada.

## Ceràmica

Hem recuperat en total 148 fragments de ceràmica prehistòrica, incloent-hi 35 fragments típics i 113 d'amorfs. A l'annex 1 presentem els fragments típics, que són il·lustrats, llevat d'un parell de petits i massa deteriorats, a les làmines 1 i 2.

Hi són presents formes troncocòniques i globulars. Pel que podem veure, aquestes darreres són les que tindrien major presència dintre el conjunt dels materials.

A la cova de sa Tossa Alta hi ha una presència majoritària de peces de talla mitjana i petita. Tot i així hem pogut recuperar fragments pertanyents a peces globulars de gran mida (CTA- 001 i CTA -121), que podríem situar-se cronològicament en un horitzó del Bronze Antic. Dintre el conjunt ceràmic obtingut, hi són representats materials que anirien des del Bronze Antic fins als inicis del Ferro.

Hem de fer referència al fragment d'una vora (CTA-002), aparegut fora de context, a una terrera. Pertany a un vas de tendència troncocònica, que presenta un doble agafador horitzontal. La pasta és compacta i conté inclusions d'origen mineral, anguloses i de mida petita. No hem trobat paral·lels clars i presenta una difícil adscripció cronològica

Totes aquestes dades s'han d'agafar amb certa prudència, ja que la ceràmica presenta un alt grau de fragmentació i les possibilitats de remuntatge són molt baixes, per tant és impossible conèixer bona part de les característiques de moltes de les peces. Els materials obtinguts durant aquesta excavació no anirien més enllà de l'Edat del Bronze Antic (*sensu* HARDING, 2000). En la nostra opinió, les peces descrites per altres autors són compatibles amb la cronologia proposada en el present treball en base a la ceràmica i fauna estudiades i a la datació obtinguda.

## Fauna

La mostra faunística obtinguda està formada per 823 restes, que fan un total de 2082,7 g. Les restes provenen de les Cales 1, 2 i 3, mentre que no collirem mostres de fauna a la Cala 4. Donat que el 96,4% del total d'ossos provenen dels tres primers nivells de les Cales 1 i 2, i que les poques restes d'altres nivells casen bé amb aquest conjunt (amb l'excepció de dos ossos de porc trobats al nivell d'ocupació més antic de la cala 1 i de les restes superficials d'una rata cellarda) hem optat per presentar conjuntament totes les restes (Taula 1).

La determinació anatòmica i taxonòmica de cada resta s'ha fet en base a la col·lecció de referència disponible al Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA), així com amb l'ajuda de diversos atlas i articles especialitzats d'anatomia animal (BARONE, 1976; SCHMID, 1972; PALES & LAMBERT, 1972). Per a la diferenciació de les espècies morfològicament més properes, com són *Ovis aries* i *Capra hircus*, hem seguit els criteris de BOESSNECK (1980), PAYNE (1985), PRUMMEL & FRISCH (1987) i HALSTEAD (2002).

D'altra banda, per a la classificació d'aquelles restes que manquen de caràcters morfològics diagnòstics (degut a la seva mala preservació o al seu estat fragmentari) hem fet servir categories generals establertes en base a la talla dels animals. Aquest material no s'ha comptabilitzat a l'hora de calcular percentatges. Les categories emprades han estat les següents:

- **Mamífers de mida mitjana (MMND):** Aquesta categoria potencialment inclouria els caprins domèstics (tant ovelles com cabres), els suïds, les daines, així com exemplars molt juvenils o fetus de bovins. A la cova de sa Tossa Alta creim que bàsicament inclouria cabres i ovelles.
- **Mamífers de mida gran (MGND):** Aquesta categoria inclou potencialment els bovins, els cérvols i els èquids. A la cova de sa Tossa Alta creiem que només inclou bovins.

Les mesures de les restes òssies s'han pres seguint els criteris de VON DEN DRIESCH (1976), PAYNE & BULL (1988) i DAVIS (1996).

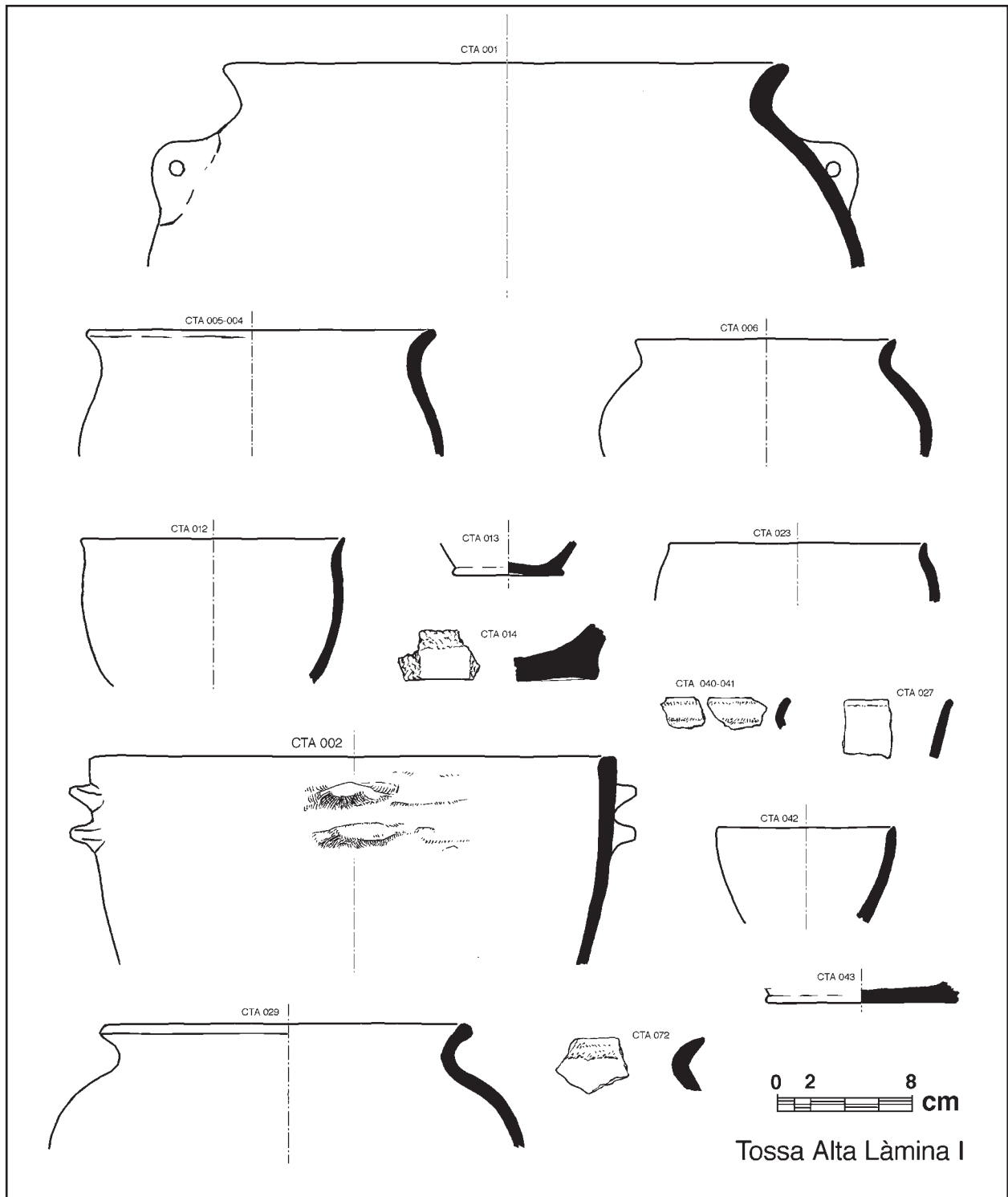
Les marques de tall són molt escasses ja que, a nivell macroscòpic, tan sols han estat observades a 23 ossos, quasi totes a restes de caprí domèstic (78,2%), però també a bovins (21,8%). Les marques s'evidencien, de manera molt concreta, en els ossos de les extremitats



tats anteriors i posteriors (52,1%), així com del tronc (47,8%). La majoria de traces són incisions de descarnament produïdes durant el procés de preparació i consum dels aliments (PÉREZ RIPOLL, 1992). Però, també hi ha una banya de cabra que presenta marques de tall a la zona basal que es pot relacionar amb activitats d'escorxament.

El nombre de termoalteracions registrada en el con-

junt és alt amb 324 (39,3%). Les restes que puguin evidenciar activitats culinàries tenen una presència molt limitada, documentant-se 61 restes com a possibles socarrats. La majoria de la mostra apunta a una exposició intensa a les fonts de calor, que es posa en relació amb els processos de neteja de la cova. Així, s'observen senyals de calcinació a 215 dels ossos, i de carbonització a altres 48. El grau d'intensitat és total, afectant tota la superfície de l'os.



Làmines 1 i 2: Fragments típics de ceràmica obtinguts a la cova de sa Tossa Alta.

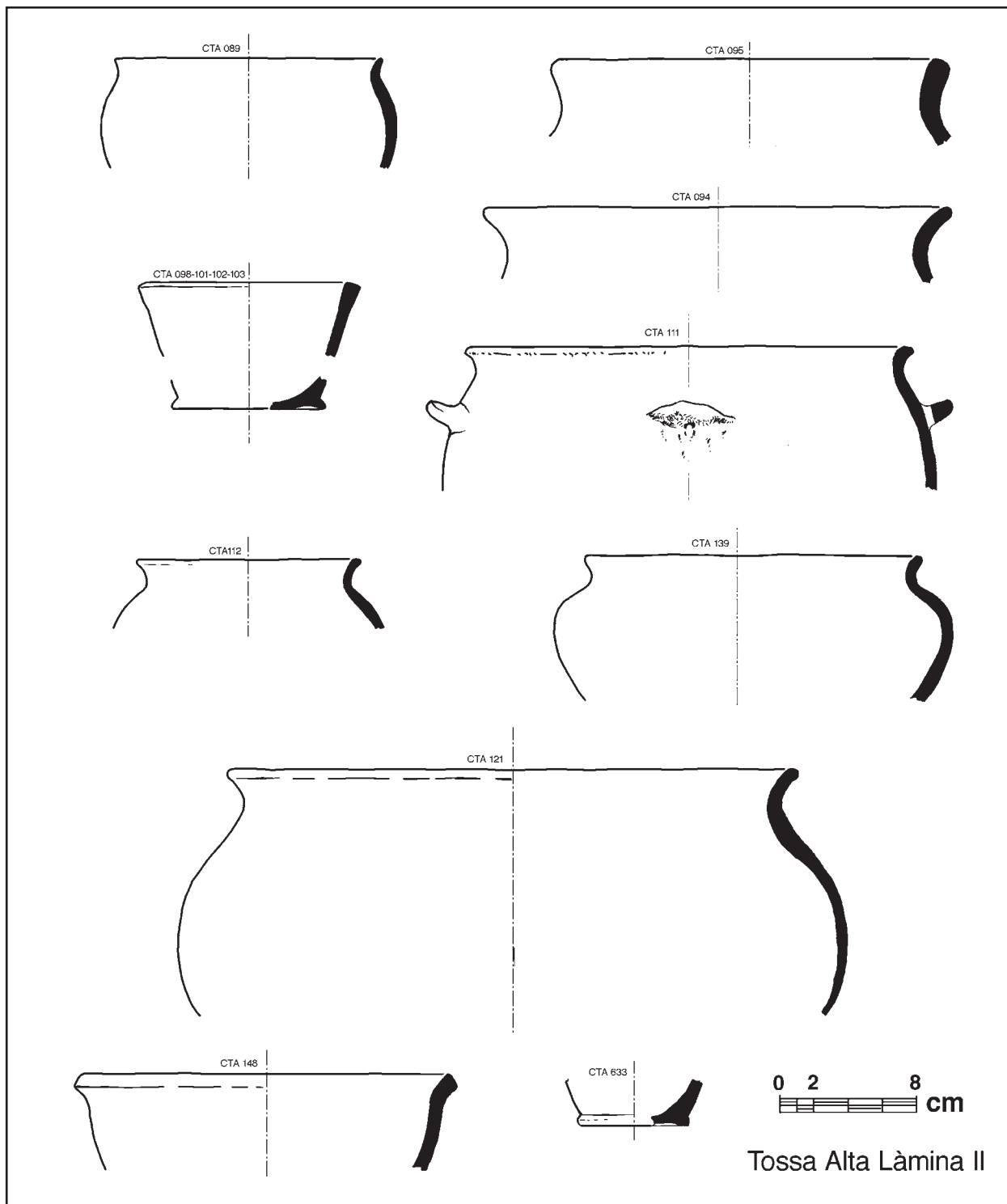
Plates 1 and 2: Pottery forms from cova de sa Tossa Alta.

**Caprins (*Capra hircus* i cf. *Ovis aries*)**

Amb un 91,1% de les restes determinades, els caprins domèstics representen la categoria taxonòmica més abundant del conjunt. En la discriminació entre ovella i cabra, només hem identificat sis restes com a possibles ovelles (cf. *Ovis aries*) i quaranta com a cabres (*Capra hircus*).

Els criteris d'edat emprats per a les restes de ca-

prins es basen (1) en la dentició (seguint PAYNE 1973) i (2) en la fusió de les epífisis (O'CONNOR (1989: 174). Emprant el primer criteri, cinc de les mandíbules (totes de *Capra hircus*) s'inclouen dins l'estadi A de PAYNE (1973; de 0 a 2 mesos). Les altres dues pertanyen a un individu entre 12 i 24 mesos (caprí indeterminat, cf. *Ovis aries*, estadi D) i a un altre a un exemplar entre 3 i 4 anys (*Capra hircus*, estadi F).



	Cala 1			Cala 2			Cala 3			Total		
	NR	%NRD	pes	NR	%NRD	pes	NR	%NRD	pes	NR	%NRD	pes
<i>Capra hircus</i>	23	7,5	185,49	16	7,1	43,6	1	11,1	0,13	40	7,3	229,22
cf. <i>Ovis aries</i>	6	1,9	37,19	-	-	-	-	-	-	6	1,1	37,19
Caprí domèstic	249	80,8	547,23	191	84,5	182,57	8	88,9	10,06	448	82,6	739,86
Total Caprinae	278	90,3	769,91	207	91,6	226,17	9	100	10,19	494	91,1	1006,27
<i>Bos taurus</i>	27	8,8	420,88	19	8,4	327,81	-	-	-	46	8,4	748,69
<i>Sus domesticus</i>	2	0,6	3,74	-	-	-	-	-	-	2	0,3	3,74
<i>Eliomys quercinus</i>	1	0,3	< 0,1	-	-	-	-	-	-	1 (6)	0,1	< 0,1
Mamífer de mida gran	9	-	47,61	36	-	86,82	-	-	-	45	-	189,48
Mamífer de mida mitjana	42	-	53,11	187	-	132,95	6	-	3,42	235	-	134,43
Total	359	100	1295,34	449	100	773,75	15	100	13,61	823	100	2082,7

NR= nombre de restes; %NRD= percentatge de restes determinades

Taula 1: Restes de fauna trobades a les cales 1-3 de la cova de sa Tossa Alta.

Table 1: Faunal remains obtained in test pits 1-3, cova de sa Tossa Alta.



Fig. 4: Húmer de bovins. A. Húmer de boví obtingut en superfície a la cova de sa Tossa Alta. B. Húmer de vaca actual, procedent de Menorca.

Fig. 4: Humeri of bovins. A. Humerus obtained in surface, cova de sa Tossa Alta. B. Humerus of a recent Menorcan cow.

Els estadis de fusió de l'esquelet apendicular es basen en que la fusió dels diferents elements anatòmics és seqüencial. En conseqüència, podem establir una sèrie d'estadis que identifiquen diferents classes d'edat. En la nostra anàlisi, els mamífers domèstics han estat classificats en cinc classes d'edat segons els criteris seguits per O'CONNOR (1989). La classe 1 inclou els exemplars amb una edat inferior als 4 mesos, i la mostra obtinguda a la cova de sa Tossa Alta apunta a un 66,7% d'exemplars que s'inclourien a aquesta classe, el que ens apunta que hi ha un gran nombre d'individus que es sacrificaven al poc de néixer (el que ens concorda totalment amb les mandíbules). D'altra banda, a la cova de sa Tossa Alta no han aparegut individus de la classe 5 d'O'CONNOR (1989), corresponents a una edat de més de 48 mesos.

Les dades disponibles sobre l'edat del conjunt caprí, tant les basades en la dentició com les basades en la fusió dels ossos de l'esquelet postcranial, indiquen una presència rellevant d'exemplars molt joves, en detriment dels exemplars vells. Els perfils d'edat de sacrifici dels caprins podrien indicar una orientació de la cria més enfocada cap a l'aprofitament de la llet i els seus productes derivats.

### Bovins (*Bos taurus*)

Hem trobat 46 restes de bovins. Predominen les parts de les extremitats i el tronc en front de les del cap. S'estableix la presència d'un mínim de dos individus a partir de la troballa de dos semilunars drets. Per l'estat de fusió de les epífisis es tractaria d'individus adults de més de tres anys, però menys de quatre. Aquesta edat representa l'òptim d'aprofitament càrnic (HIGHAM & MESSAGE, 1969). Estratigràficament, només apareixen bovins als nivells superiors, cosa que suggereix que la seva presència a la cova pugui estar lligada a les darreres fases de la seva ocupació prehistòrica.

Adicionalment, a la superfície de la cova hem recuperat ossos de boví que presenten marques antròpiques. Tot i no estar contextualitzats, el fet de que presentin una talla molt reduïda (Figura 4) ens fa pensar que podrien correspondre a vaques de l'Edat del Ferro, època talaiòtica final (darrer nivell estratigràfic documentat).

La reducció de la talla dels bovins al llarg de la Prehistòria és un tema recurrent en la literatura arqueozoològica. Aquest procés, que es va accentuar durant l'Edat del Ferro, no té unes causes clares. Hi ha autors que el lliguen a influències de canvi ambiental (e.g., VIGNE, 1991). D'altres suposen que es tracta d'un canvi antropogènic, produït per l'explotació intensiva dels ramats (FRANQUESA *et al.*, 2000). En el cas de Mallorca aquest canvi ja ha estat documentat anteriorment (e.g., ESTÉVEZ, 1984; RAMIS, 2006).

### Suids (*Sus domesticus*)

Només hem recuperat dos ossos de suïd provinents de la unitat estratigràfica 9 de la Cala 1. Es tracta d'una falange segona i un metatars tercer. Tots dos presenten les epífisis sense fusionar i segurament pertanyen a un mateix individu de menys de 12 mesos. Es de destacar que les úniques restes de porc del conjunt hagin aparegut al primer nivell d'ocupació, tal com també esdevé a la cova del Ninot (dades inèdites).

	nº fragments	%
<b>FRAGMENTS EPIDÈRMICS</b>		<b>46,5</b>
Cèl·lules arrodonides sense estomes	30	16,1
Cèl·lules arrodonides amb estomes	4	2,2
Cèl·lules rectangulars de paret gruixuda	36	19,4
Cèl·lules rectangulars de paret prima	17	9,1
Cèl·lules rectangulars amb estomes	2	1,1
Cèl·lules poligonals	9	4,8
Cèl·lules en puzzle	8	4,3
Tricomes pluricel·lulars ramificats	80	43,0
<i>Subtotal</i>	186	
<b>ALTRES FRAGMENTS VEGETALS</b>		<b>53,5</b>
Tiges i nervis	123	
Fragments no identificables	91	
<i>Total</i>	400	

*Nota: tots els fragments epidèrmics corresponen a espècies dicotiledònies. No hem trobat cap fragment de monocotiledònia*

Taula 2: Contingut de fragments vegetals en una mostra fecal de cabra/ovella (Tossa Alta, Cala 3, nivell de cendres).

Table 2: Vegetal fragments obtained from a goat/sheep dung (cova de sa Tossa Alta, test pit 3).

### Rata cellarda (*Eliomys quercinus*)

En el nivell superficial de la Cala 1 hem trobat 6 restes d'un mateix individu de rata cellarda. En estar associades, s'han quantificat com a una única resta per tal de no distorsionar el recompte estadístic.

## Dieta de la fauna domèstica

Hem analitzat quatre unitats fecals (*pellets*) de cabra/ovella i una de vaca mitjançant la tècnica microhistològica descrita per STEWART (1967) i BARTOLOMÉ *et al.* (1995). D'aquestes, només en una de cabra/ovella (Cala 3, nivell de cendres, aproximadament a -194 cm per sota de la cota  $\pm 0$ ) han aparegut fragments d'epidermis vegetals que permeten obtenir informació sobre la dieta d'aquests animals (Taula 2). Hem fet un recompte de 400 fragments vegetals i hem pogut diferenciar vuit tipus de fragments epidèrmics, que correspondrien a un mínim de 3 i un màxim de 8 espècies vegetals diferents. Destaca l'elevada presència de tricomes pluricel·lulars ramificats (43% dels fragments epidèrmics), comuns a les famílies de les labiades, escroful·lariàcies i solanàcies, si bé no exclusius d'aquestes. Els altres fragments són molt típics en les dicotiledònies, però la manca d'altres caràcters taxonòmics, com estomes i tricomes, no permet concretar a quina família botànica pertanyen. Cal destacar també l'absència de monocotiledònies (gramínies i similars), fet que potser es podria atribuir a la poca preferència que habitualment mostren les cabres per aquestes famílies (HOFFMANN, 1989). Es tracta doncs, d'una dieta molt poc diversificada, amb dominància d'una sola espècie. Això pot tenir diverses explicacions: la primera seria una gran preferència per part de l'animal, que seleccionaria activament aquesta espècie; la segona seria una oferta vegetal molt limitada, que forçaria als animals a alimentar-se només d'aquella espècie; i la tercera seria que els animals estiguessin en captivitat i fossin alimentats per l'home amb aquestes plantes en concret.

De les altres unitats fecals, una altra de cabra/ovella (Cala 3, a -269 cm de la cota  $\pm 0$ ) ha aparegut molt mineralitzada, sense gairebé restes vegetals, com si l'animal hagués menjat terra. Aquest no és un fet insòlit, alguns ungulats silvestres ho fan per tal de proveir-se d'alguns minerals i això fa que de tant en tant apareguin femtes de 'terra'.

En les altres dues unitats fecals de cabra/ovella i la de vaca els fragments vegetals no eren identificables, doncs no es corresponien ni a epidermis, ni a tiges ni a inflorescències. Això permet pensar que els animals encara fossin molt joves i pràcticament no pasturessin o bé que fossin alimentats amb gra (cereals i altres llavors) que amb aquest procediment d'anàlisi no acostumen a deixar rastre en les femtes.

Aquests resultats podrien reforçar la hipòtesi que la cova fos emprada per estabular-hi animals joves, com cabrits i vedelles.

## Metall

Els únics objectes metàl·lics obtinguts han estat tres claus de ferro, trobats a la rampa de baixada. Aquests claus fan 51-55 mm de llarg i són de secció quadrada. N'ignoram la cronologia i no descartam que puguin ser d'època moderna o contemporània. Hem de destacar que no gaire enfora dels claus varem trobar les restes d'un plat d'època moderna o contemporània.

## Indústria lítica

Com a altres jaciments prehistòrics mallorquins (e.g., ca na Cotxera, CANTARELLAS, 1972; cova de Moleta, WALDREN i ROSSELLÓ-BORDOY, 1975; cova des Moro, CALVO *et al.*, 2001; cova del Ninot, inèdit), a la cova de sa Tossa Alta han aparegut, en context arqueològic, diferents còdols de roca calcària, be sencers o be en forma de fragments, que han estat introduïts a la cova en temps prehistòrics. Un dels fragments és una llesca amb un fil tallant, trobat a la cala 1, UE 4, que hi ha pocs dubtes que s'hagi pogut emprar com a ganivet (veure Figura 5). Els altres còdols o be són sencers, o be es poden considerar com a nuclis a partir dels quals s'haurien estret diferents esquerdes.

Hem fet una recerca bibliogràfica sobre presència de còdols de roca calcària a jaciments prehistòrics de l'àrea continental més propera. Les referències que hem trobat són minses, i no ofereixen paral·lels amb el que es troba a Mallorca. CASTAÑO *et al.* (2000) varen obtenir dos còdols de calcària al jaciment paleolític de la cova del Moro, Benitatxell (la Marina Alta), que interpretaren com a un possible percutor i un possible matxucador. VILASECA (1946) esmenta un còdol de calcària als sepulcres de l'Eneolític inicial de Riudecols (Tarragona), que sembla haver estat emprat com a "polidor". QUEROL & SANTOJA (1983) recullen diferents còdols calcaris al jaciment paleolític del Aculadero (Càdis). No hem trobat referències de l'ús de còdols per a l'obtenció de llesques que es puguin haver emprat com a ganivets a cap jaciment prehistòric continental proper.

## Cronologia absoluta

Hem enviat a datar un os de porc procedent de la UE 9 de la Cala 1. Aquesta unitat estratigràfica correspon al nivell d'ocupació humana més antic que hem pogut documentar a la cova. Just per sota es troba un sediment bruguenc sense micropartícules de carbó, que interpretam com el nivell original de la cova que trobaren els primers humans que hi arribaren. L'interès d'aquesta datació rau en que és indicativa de la cronologia de l'ocupació més antiga de la cova documentada a la cala 1, i en principi es altament informativa en la discussió que ens ocupa.

El control de qualitat del col·làgen de l'os datat s'ha realitzat a partir dels isòtops de carboni i nitrogen. El

valor C:N de la mostra analitzada és de 3.1 ( $\delta^{15}\text{N}$  vs aire, 4,9‰; N total, 16,24%;  $\delta^{13}\text{C}$  vs PDB – referència estàndard internacional per expressar les taxes d'isòtops estables de carboni-, -20,9‰; C total, 43,62%; Precisió =  $\pm 0.2$  ‰). Tots aquests valors cauen dintre dels paràmetres acceptables.

La datació obtinguda, Wk 28753 ( $3421 \pm 33$  BP; 1880 – 1620  $2\sigma$  cal BC), indica que la presència humana més antiga documentada isotòpicament a la cova és anterior al 1660 aC, i que no hi ha, ara per ara, cap evidència radiocarbònica que documenti una presència anterior al 1880 aC.

## Discussió i conclusions

En primer lloc, cal dir que hem fracassat en la troballa d'evidències sòlides del contacte entre els humans prehistòrics que anaren per primera volta a la cova de sa Tossa Alta i la fauna autòctona. Aquest era el nostre objectiu principal, però dissortadament les cales 1 i 3 realitzades, en les quals hem arribat als nivells prehumans, no han lliurat cap fòssil de la fauna autòctona. La datació obtinguda al nivell d'ocupació més antic documentat és posterior a les datacions relacionades amb l'ocupació inicial de Mallorca.

CALVO *et al.* (2000) varen suggerir que la cova es va emprar com a lloc d'estabulació, suposadament al Neolític tardà. La situació estratigràfica dels ossos de bou que hem trobat i la mida dels exemplars apunten a que l'estabulació de bous i vaques es degué fer a l'època talaiòtica. Anteriorment, des de l'Edat del Bronze inicial, s'hi poden haver establert cabres i ovelles.

Els resultats de la nostra recerca sobre la cova de sa Tossa Alta lliguen perfectament amb una cronologia dels impactes humans a Mallorca posterior al 2350 aC, i no donen un suport definitiu a una cronologia anterior. La posició relativa dels materials descrita per altres autors sembla altament improbable, tant d'acord amb l'evidència disponible rere la realització de la campanya del 2010 com d'acord amb el que sabem d'un gran nombre de jaciments espeleològics de les Balears. La presència constatada a la cova d'abundants restes ceràmiques i faunístiques que corresponen a cultures prehistòriques post-calcolítiques torna inversemblant que s'hi puguin haver conservat en superfície sense greus alteracions restes suposadament anteriors a l'Edat del Bronze. La interpretació del jaciment com a un lloc d'estabulació emprat a l'Edat del Ferro (època talaiòtica) incrementa aquesta inversemblança.

La cronologia proposada per PICORNELL *et al.* (2010) per les ceràmiques que estudiaren inclou un lapse amb el que coincidim com a cronologia potencial (concretament, entre el 1800 i c.2300 aC), però inclou també un altre lapse (entre c.2300 i el 2800 aC) que creim que s'ha de descartar mentre no es demostrï d'una manera feaent la presència d'humans a Mallorca durant aquest període. De qualsevol forma, la datació que hem obtingut per al nivell d'ocupació més antiga de la cova no dóna gaire suport al lapse proposat per aquests autors per a les ceràmiques que estudiaren.

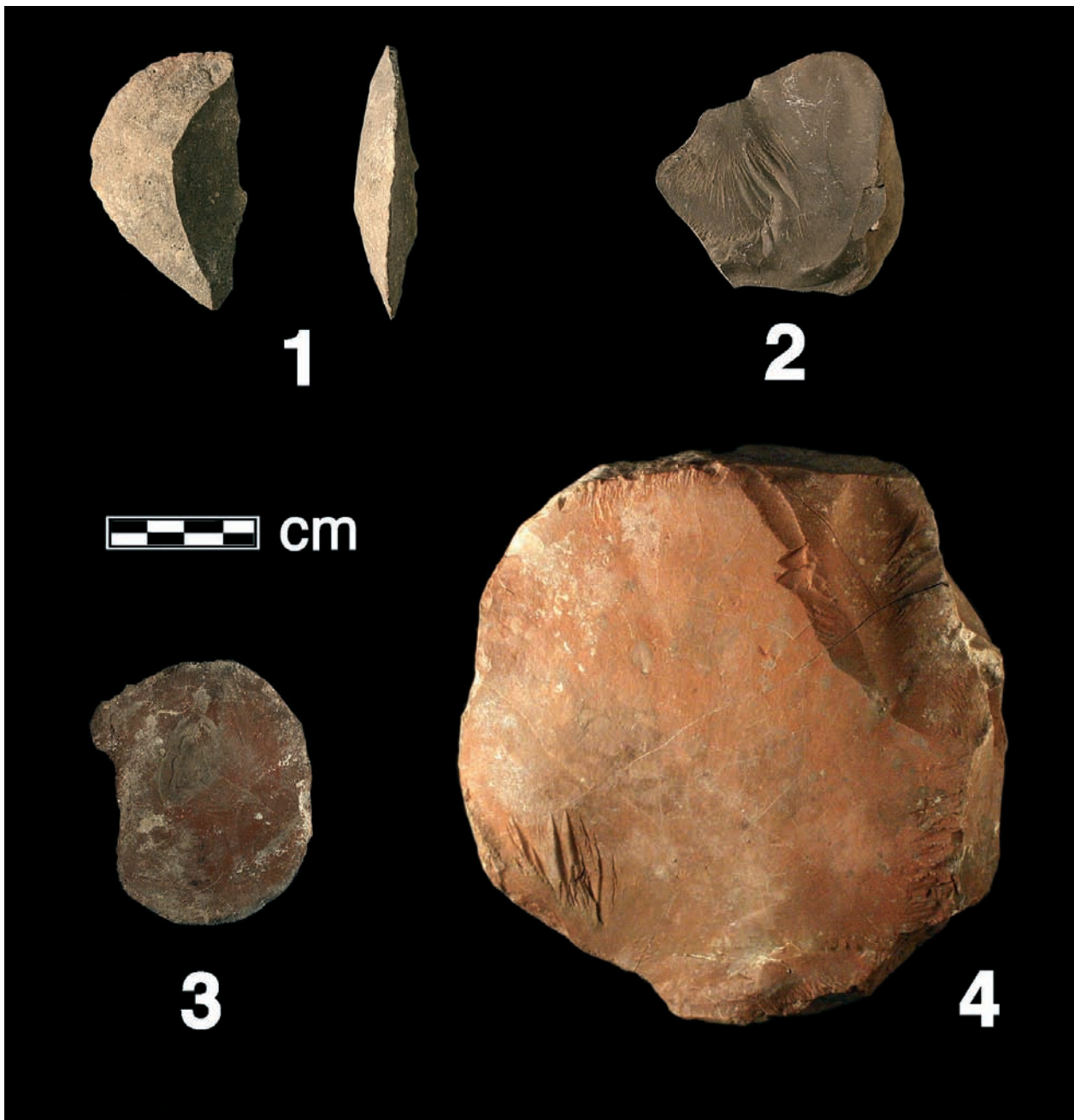


Fig. 5: Còdols trobats en context arqueològic a la cova de sa Tossa Alta. 1. Esquerda amb tall aparentment emprat, cala 1, UE 4. 2. Esquerda tallant, cala 3, nivell superficial remenat. 3. Esquerda tallant, cala 3, a -189cm de la cota  $\pm 0$ . 4. Nucli del que s'han estret esquerdes, cala 3 a uns -214cm de la cota  $\pm 0$ .

Fig. 5: Limestone pebbles obtained in archaeological context, cova de sa Tossa Alta. 1. Shear fragment, apparently used for cutting; test pit 1, UE 4. 2. Shear fragment, test pit 3, upper disturbed level. 3. Shear fragment, test pit 3, -189 cm from reference level. 4. Nucleus of a limestone pebble, test pit 3, -214 cm from reference level.

L'habilitació de la cova, amb grans moviments de roques destinats a la creació d'una plataforma superior i una rampa de descens, és interpretable en relació a la seva funció com a lloc per estabular vaques. Les obres de condicionament de la cavitat són de cronologia incerta, però no és agosarat suposar que poden haver estat realitzades a moments tardans de la prehistòria mallorquina, ja que els ossos de les vaques que s'hi troben són de mida petita, i s'adiuen bé amb les vaques de l'Edat del Ferro. Si la cronologia de la construcció de la rampa fos la que proposam, qualsevol resta superficial anterior s'hauria d'haver vist alterada substancialment. El punt 4

de la topografia es troba a una banda on es constata la caiguda d'un gran bloc per damunt de diferents nivells d'ocupació humana.

La seqüència estratigràfica trobada a la Cala 1 inclou dos ossos de porc al nivell inferior d'ocupació humana. Varem enviar a datar un d'aquests ossos i podem dir que la presència humana més antiga datada a la cova és posterior al 1880 cal aC. Tota la ceràmica que hem trobat es compatible amb dates posteriors a aquesta data. No hi ha cap evidència radiocarbònica que permeti mantenir que la ceràmica descrita per CALVO *et al.* (2000) sigui anterior.

La troballa de còdols calcaris i d'estris derivats (com són esquerdes de còdols amb fil tallant aprofitables com a ganivets) es pot considerar com a un tret que sembla caracteritzar alguns moments de la prehistòria de Mallorca. L'ús de esquerdes de còdols calcaris com a ganivets estaria en la línia de la hipòtesi que les societats prehistòriques de Mallorca haurien sofert una regressió cultural a l'illa rere el primer poblament, degut probablement a la manca o escassetat de metall i de sílex. L'ús d'aquestes esquerdes com a ganivets va ser constatada per primera volta a la cova des Moro, Manacor. El 1995 es va trobar una esquadra d'un còdol calcarí a un nivell prehistòric pretalaiòtic. Un fragment del mateix còdol del que provenia l'esquadra es va trobar uns metres més enfora. L'esquadra casava bé amb el fragment trobat, ajustant-se la superfície de fractura perfectament al fragment esmentat, llevat de la part del tall de l'esquadra, que se separava uns mil·límetres de la part corresponent del dit fragment. Això demostraria un desgast del tall de l'esquadra degut al seu ús per tallar. Aquesta esquadra de còdol i el fragment amb el que casava aparentment foren depositats pel Dr Guerrero al Museu de Mallorca (Dr CALVO, com. pers.), però no els hem pogut retrobar.

En definitiva, l'excavació de les cales de prospecció a la cova de sa Tossa Alta, l'estudi dels materials trobats i l'obtenció d'una data radiocarbònica associable amb el nivell d'ocupació més antic de la cova permeten concloure:

No hem demostrat una presència humana anterior al 1880 aC. Les propostes de cronologies anteriors semblen totalment descartables. La presència humana inicial a la cova de sa Tossa Alta és anterior al 1660 aC.

La ceràmica obtinguda és compatible amb una ocupació de la cova que s'hauria pogut estendre des del Bronze Antic fins moments indeterminats del Ferro.

Els materials depositats a èpoques antigues no es troben en superfície inalterats des de la seva deposició original. El depòsit s'ha vist alterat, degut a la construcció d'una rampa de baixada i a la caiguda de blocs, així com degut a efectes del trepitjat dels animals que s'hi ha estabulat. No es pot mantenir que el depòsit hagi romàs inalterat des del Neolític o del Calcolític.

La presència als nivells superiors i a la superfície d'ossos de bous de talla petita i d'excrements de bou, juntament amb la seva absència als nivells inferiors, suggereix que la seva estabulació a la cova es degué realitzar a l'Edat del Ferro (època talaiòtica). Se suggereix que la construcció de la rampa de baixada i l'amargenament d'una part de la cova poden estar relacionats amb l'estabulació dels bous i, per tant, es podria haver fet durant l'Edat del Ferro.

Encara es desconeix la seqüència d'activitats que s'hi varen fer a la cova. Les dades disponibles són compatibles amb una ocupació inicial que podria basar-se en el consum de cabres i una ocupació més tardana en la que els prehistòrics haurien emprat la cavitat per estabular bous. Tot i ésser compatibles amb aquesta seqüència d'usos, no la demostren. La cova hauria estat ocupada per grups marginals, pastors sense gaire recursos, que haurien transportat a l'interior de la cova còdols de pedra calcària que haurien emprat a la seva vida quotidiana.

## Agraïments

Els autors volen fer palès el seu agraïment al Dr Manel CALVO, que ens va facilitar l'accés a la ceràmica de la cova de sa Tossa Alta conservada al Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts de la Universitat de les Illes Balears. La Comissió de Patrimoni del Consell Insular de Mallorca va autoritzar la intervenció, la qual va comptar també amb l'autorització de la propietària dels terrenys, Sra Dona Leonor March Delgado, a la qual volem mostrar també el nostre agraïment. La campanya va comptar amb la col·laboració de diferents persones a les quals volem fer palès el nostre agraïment, i es va finançar a través del Projecte de Recerca CGL2007-62047 / BTE de la Direcció General de Investigació, Ministerio de Ciencia e Innovación. Aquest treball és una contribució a aquest Projecte.

## Bibliografia

- ALCOVER, J. A.; RAMIS, D.; COLL, J. i TRIAS, M. (2001): Bases per al coneixement del contacte entre els primers colonitzadors humans i la naturalesa de les Balears. *Endins*, 24: 5-57.
- ALCOVER, J. A. (2008): The first Mallorcans: prehistoric colonization in the western Mediterranean. *Journal of World Prehistory*, 21: 19-84.
- ANGELUCCI, D. E., BOSCHIAN, G., FONTANALS, M., PEDROTTI, A.LI. & VERGÈS, J.M. (2009): Shepherds and karst: the use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World Archaeology*, 41: 191 – 214.
- BARONE, R. (1976): *Anatomie compare des mammifères domestiques*. Tome I. Osteologie (2 fascicules). Vigot Freres Editeurs, Paris.
- BARTOLOMÉ, J.; FRANCH, J.; GUTMAN, M; & SELIGMAN, N. (1995): Physical factors that influence fecal analysis estimates of herbivore diets. *Journal of Range Management*, 48:267-270.
- BERGADÀ, M. GUERRERO, Víctor M. i ENSENYAT, J. (2005): Primeras evidencias de estabulación en el yacimiento de Son Matge (Serra de Tramuntana, Mallorca) a través del registro sedimentario. *Mayurqa*, 30: 153-180.
- BERGADÀ, M. i DE NICOLÁS, J. (2005): Aportación de la micromorfología al conocimiento de las prácticas pastoriles de finales de la edad de Bronce en el yacimiento de la Cova des Morts (Mongofre Nou, Maó, Menorca). *Mayurqa*, 30:181-202.
- BOESSNECK, J. (1980): Diferencias osteológicas entre las ovejas (*Ovis aries* Linné) y cabras (*Capra hircus* Linné). *Ciencia en Arqueología*: 331-358.
- BOSCHIAN, G. (1997): Sedimentology and soil micromorphology of the Late Pleistocene and Early Holocene deposits of Grotta dell'Edera (Trieste Karst, Northeastern Italy). *Geoarchaeology*, 12: 227-249.
- BOSCHIAN G. & MONTAGNARI-KOKELJ, E. (2000): Prehistoric shepherds and caves in the Trieste Karst (Northeastern Italy). *Geoarchaeology: an International Journal*, 15: 331-371.
- BOVER, P. & ALCOVER, J. A. (2003): Understanding Late Quaternary extinctions: the case of *Myotragus balearicus* Bate, 1909. *Journal of Biogeography*, 30, 771–781.
- BOVER, P. & ALCOVER, J. A. (2008): Extinction of the Autochthonous Small Mammals of Mallorca (Gymnesic Islands, Western Mediterranean Sea) and its ecological consequences. *Journal of Biogeography* 35: 1112-1122.

- BROCHIER, J. E. (2002): *Les sédiments anthropiques: méthodes d'étude et perspectives. a Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications*, 2a ed (ed. J.-C. Miskovswi). Paris: Geoprés, 453-77.
- BROCHIER J.-L.; BEECHING A.; SIDI MAAMAR H. & VITAL J. (1999): Les grottes bergeries des Préalpes et le pastoralisme alpin, durant la fin de la Préhistoire. In: BEECHING, A. (ed.), *Circulations et Identités Culturelles Alpines à la Fin de la Préhistoire - Matériaux pour un Étude. Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence*, 2: 77-114.
- CALVO, Manel; GARCÍA ROSSELLÓ, J.; FORNÉS, J.; GUERRERO, V. M.; RAMIS, D. & SALVÀ, B. (2000): La cova de sa Bassa (Escorca, Mallorca). In: GUERRERO, V. M. & GORNÉS, S. (coord.): *Colonització humana en ambients insulars. Interacció amb el medi i adaptació cultural*. Edit Universitat de les Illes Balears: 401-416.
- CALVO, M., GUERRERO, V. M. & SALVÀ, B. (2001): La Cova des Moro (Manacor, Mallorca). Campanyes d'excavació arqueològiques 1995-98. *Col·lecció Quaderns de Patrimoni Cultural*, 2, Consell Insular de Mallorca, Palma.
- CALVO, M. & SALVÀ, B. (1997): *El bronze final a les Balears. La transició cap a la cultura Talaiòtica*. Arca. Quaderns Arca, 14, Palma de Mallorca.
- CANTARELLAS, C. (1972): Excavaciones en Ca na Cotxera (Muro, Mallorca). *Noticiario Arqueológico Hispánico, Prehistoria*, 1, 179-226.
- CASTAÑO, A.; ROMAN, D. & SANCHÍS, A. (2008): El jaciment paleolític de la cova del Moro (Benitatxell, la Marina Alta). *Archivo de Prehistoria Levantina*, 27: 24-50.
- COURTY, M. A.; MACPHAIL, R.I. & WATTEZ, J. (1992): Soil micromorphological indicators of pastoralism; with Special Reference to Arene Candide, Finale Ligure, Italy., In: MAGGI R.; NISBET, R. & BARKER, G. (eds.): *Archeologia della pastorizia nell'Europa meridionale. Rivista Studi Liguri*, 8: 127-150.
- DAVIS, S. J.M. (1996): Measurements of a group of adult female Shetland sheep skeletons from a single flock: a baseline for zooarchaeologists. *Journal of Archaeological Science*, 23 : 593-612.
- ESTÉVEZ, J. (1984): La fauna. In : GASULL, P. et al., *Son Fornés I. La fase talaiòtica. Ensayo de reconstrucción socioeconómica de una comunidad prehistórica de la isla de Mallorca. B.A.R.*, 209, pp. 138-178.
- FRANQUESA, D.; OLTRA, J.; PIÑA, A.; PONS, E.; SAÑA, M. & VERDÚN, E. (2000): La ramaderia en les societats ibèriques del NE de la Península Ibèrica: Diversificació i especialització. In: MARA PARREÑO, C. & PÉREZ JORDÀ, G. (eds.), *Íbers. Agricultors, artesans i comerciants. III Reunió sobre Economia en el Món Ibèric*. València: Universitat de València, Departament de Prehistòria i d'Arqueologia. *Saguntum-PLAV, Extra* 3: 153-161.
- HALSTEAD, P.; COLLINS, P. & ISAAKIDOU, V. (2002): Sorting the Sheep from the Goat: Morphological Distinctions between the Mandibles and Mandibular Teeth of Adult *Ovis* and *Capra*. *Journal of Archaeological Science*, 29: 545-553.
- HARDING, A. F. (2000): *European societies in the Bronze Age*. Cambridge World Archaeology. Cambridge: Cambridge University Press.
- HIGHAM, C. & MESSAGE, M. (1969): An assessment of a prehistoric technique of bovine husbandry. In BROTHWELL, D. & Higgs, E. (eds): *Science in archaeology*. 2a ed, pp. 315-30, London.
- HOFFMANN, R.R. (1989): Evolutionary step of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
- IACONIS, M.A. (2002): I depositi di Grotta dei Piccioni (PE) e di Grotta S. Angelo (TE) - Studio Geoarcheologico. Unpublished Degree Thesis. Università di Pisa, Facoltà di Lettere e Filosofia, Pisa.
- MACPHAIL, R.I.; COURTY, M.A.; HATHER, J.; WATTEZ, J.; RYDER, M.; CAMERON, N. & BRANCH N.P. (1997): The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabling activities. In: MAGGI, R.; STARNINI, E. & VOYTEK, B. (eds.) *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (Excavations Bernabò Brea-Cardini 1940-50)*. *Memorie Istituto Italiano Paleontologia Umana*, 5: 53-88.
- O'CONNOR, T. P. (1989): Bones from Anglo-Scandinavian levels at 16-22 Coppergate *The Archaeology of York*. The Animal Bones AY 15/03. London Council for British Archaeology.
- PALES, L. & LAMBERT, C. (1972): *Atlas ostéologique des mammifères*. Paris. CNRS.
- PAYNE, S. (1973): Kill-off patterns in sheep and goats. The mandibles from Asvan Kale. *Anatolian Studies*, 23: 281-303.
- PAYNE, S. (1985): Morphological Distinctions between the mandibular Teeth of Young Sheep, *Ovis* and Goats, *Capra*. *Journal of Archaeological Science*, 14: 609-614.
- PAYNE, S. & BULL, G. (1988): Components of variation in measurements of pig bones and teeth, and the use of measurements to distinguish wild from domestic pig remains. *Archaeozoologia* II (1.2), 27-66.
- PÉREZ RIPOLL, M. (1992): *Marcas de carnicería, fracturas intencionadas y mordeduras de carnívoros en los huesos prehistóricos del mediterráneo español*. Instituto de cultura. J. Gil-Albert. Alacant.
- PICORNELL, LI.; GUERRERO, V. M. & CALVO, M. (2010): Anàlisis antracològiques a son Matge i son Gallard (Valldemossa, Mallorca). Algunes hipòtesis sobre la dinàmica de la vegetació i l'explotació forestal durant el Calcolític a Mallorca. *Mayurqa*, 33: 317-332.
- PRUMMEL, W. & FRISCH, H.-J. (1986): A guide for the distinction of species, sex and body side in bones of sheep and goat. *Journal of Archaeological Science*, 13: 567-577.
- QUEROL, M. A. & SANTOJA, M. (1983): El yacimiento de cantos trabajados de El Aculadero (Puerto de Santa María, Cádiz). *Excavaciones Arqueológicas en España*, 130. Ministerio de Cultura. Madrid.
- RAMIS, D. (2006): *Estudio faunístico de las fases iniciales de la Prehistoria de Mallorca*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- SCHMID, E. (1972): *Atlas of animal bones for prehistorians, archaeologists and Quaternary geologists*. Elsevier Publishing Company. Amsterdam, London, New York.
- STEWART, D.R.M. (1967): Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying the food preferences of grazing herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 4: 83-111
- VIGNE, J.-D. (1991) : La grande faune mammalienne, miroir du paysage anthropisé?. In GUILAINE, J. (dir.), *Pour une Archéologie Agricole. À la Croisée des Sciences de l'Homme et de la Nature*. Paris: Armand Colin: 441-463.
- VILASECA, S. (1946): Vestigios de un poblado y necrópolis prehistóricos en Riudecols (Tarragona). *Archivo de Prehistoria Levantina*, 2: 81-86. València.
- VON DEN DRIESCH, A. (1976): A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites. *Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*. Harvard.
- WALDREN, W. H. & ROSSELLÓ BORDOY, G. (1975): Excavaciones en la Cueva de Muleta (Sóller, Mallorca). Los niveles arqueológicos. *Noticiario Arqueológico Hispánico*, 3: 74-108.



## Annex 1.

### Cova de Sa Tossa Alta

- CTA-005:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Terrera.
- CTA-094:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Cala 3.
- CTA-112:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Cala 4.
- CTA-013:** Base quasi sencera, plana i atalonada. Pertany a un atuell de tendència troncocònica. Terrera.
- CTA-043:** Fragment de base plana. Cala 2.
- CTA-033:** Fragment de base plana atalonada. Terrera.
- CTA-014:** Fragment de base plana. Terrera.
- CTA-006:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi afinat. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-072:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi afinat. Cala 2.
- CTA-004:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-084:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Cala 3.
- CTA-041:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Cala 2.
- CTA-023:** Fragment de vora lleugerament exvasada amb llavi afinat. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-040:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Cala 2.
- CTA-001:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi afinat. Presenta agafador vertical amb perforació horitzontal. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-111:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Presenta agafador horitzontal amb perforació vertical. Pertany a un atuell de tendència globular. Cala 4.
- CTA-095:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Cala 3.
- CTA-021:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-027:** Fragment de vora lleugerament exvasada amb llavi arrodonit. Terrera.
- CTA-139:** Fragment de vora exvasada amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Punt B de la topografia.
- CTA-003 + CTA-012:**  
Fragment de vora lleugerament exvasada amb llavi afinat. Pertany a un atuell de tendència globular. Terrera.
- CTA-042:** Fragment de vora recta amb llavi afinat. Pertany a un atuell de tendència troncocònica. Cala 2.
- CTA-002:** Fragment de vora recta amb llavi pla. Presenta dos agafadors horitzontals i paral·lels. Les parets sofreixen un engruiximent a partir de l'agafador superior i fins el llavi. Pertany a un atuell de tendència troncocònica. Terrera.
- CTA-101 + CTA-103, CTA 102:**  
Fragment de base plana i atalonada. Pertany a un atuell troncocònic. Cala 1, UE 1\*.
- CTA-098 + CTA-099 + CTA-100:**  
Fragment de vora recta amb llavi pla. Pertany a un atuell troncocònic. Cala 1, UE 1\*.
- CTA-121:** Fragment de vora exvasada corba amb llavi arrodonit. Pertany a un atuell de tendència globular. Cala 4.
- CTA-149:** Fragment de vora exvasada amb llavi pla. Pertany a un atuell de tendència troncocònica. Cala 4.

\*Són fragments d'un mateix vas.

Annex 1: Fragments típics (bases i voreres) de ceràmica prehistòrica obtinguda a la cova de sa Tossa Alta.

Annex 1: Prehistoric pottery forms from cova de sa Tossa Alta.

## Annex 2.

Dades osteomètriques (mides en mm). Mesures seguint la terminologia i criteris de von den Driesch (1976). CPHI: *Capra hircus*. OVAR : *Ovis aries*. OC : *Ovis/Capra*.

### *Bos taurus*

<b>Falange I</b>	<b>Glpe</b>	<b>Bp</b>	<b>SD</b>	<b>Bd</b>
286	-	-	-	23,84

<b>Falange III</b>	<b>DLS</b>	<b>MBS</b>	<b>Ld</b>
85	55,27	17,29	41,82
86	56,63	17,05	43,6

<b>Húmer</b>	<b>Bd</b>	<b>BT</b>	<b>HTC</b>
57	70,78	66,62	28,57

<b>Metatars</b>	<b>Bp</b>
53	46,14

<b>Pelvis</b>	<b>SB</b>	<b>SH</b>	<b>LA</b>	<b>LAR</b>
189	23,66	43,07	64,35	48,77

<b>Radi</b>	<b>Dd</b>
58	37,98

### Caprinae

<b>Astràgal</b>	<b>GLI</b>	<b>GLm</b>	<b>DI</b>	<b>Dm</b>	<b>Bd</b>
75 CPHI	26,61	24,99	14,01	-	17,41
76 CPHI	28,21	26,88	14,71	15,81	18,11
74 OVAR	24,41	23,93	13,7	15,03	16,01
175 OVAR	25,11	24,36	14,01	14,11	16,53

<b>Calcani</b>	<b>GB</b>	<b>GL</b>
83 OC	17,12	-
192 OVAR	16,01	50,79

<b>Falange I</b>	<b>Glpe</b>	<b>Bp</b>	<b>SD</b>	<b>Bd</b>
61 OC	30,09	10,28	7,81	9,72
81 OC	30,98	10,68	9,13	11,15
265 OC	32,85	10,42	8,13	9,87
149 OVAR	33,58	11,18	8,64	11,35
79 CPHI	33,78	11,43	9,95	11,61
80 CPHI	37,45	11,61	10,07	12,38
284 CPHI	32,31	11,64	10,07	11,64

<b>Falange II</b>		<b>Gipe</b>	<b>Bp</b>	<b>SD</b>	<b>Bd</b>					
201	CPHI	26,89	11,88	8,85	9,51					

<b>Falange III</b>		<b>DLS</b>	<b>MBS</b>	<b>Ld</b>						
194	CPHI	28,48	5,46	22,59						

<b>Fèmur</b>		<b>Bd</b>	<b>SD</b>							
21	OC	-	13,21							
109	OC	36,66	-							

<b>Húmer</b>		<b>Bd</b>	<b>BT</b>	<b>HT</b>	<b>HTC</b>	<b>SD</b>				
48	OC	-	-	-	-	6,89				
49	OC	-	-	-	-	7,17				
93	OC	24,75	-	16,31	12,61	-				
144	OC	-	23,97	15,69	12,44	-				

<b>Metacarp</b>		<b>DEM</b>	<b>DIM</b>	<b>DVM</b>	<b>BatF</b>	<b>BFd</b>	<b>Bp</b>	<b>SD</b>	<b>GL</b>
7	OC	9,35	13,23	15,67	26,43	-	-	-	-
96	CPHI	10,94	14,23	17,72	30,11	-	-	-	-
190	CPHI	9,71	12,62	15,54	24,34	25,31	23,41	14,52	104,37

<b>Metatars</b>		<b>SD</b>	<b>Bp</b>							
99	OC	11,76	-							
101	OC	9,51	16,85							

<b>Pelvis</b>		<b>SB</b>	<b>SH</b>							
114	OC	7,85	14,52							
212	OC	8,76	13,81							

<b>Radi</b>		<b>SD</b>	<b>Bd</b>	<b>BFd</b>	<b>BFp</b>	<b>Bp</b>	<b>Dd</b>	<b>Dp</b>	<b>GL</b>
25	OC	14,58	-	-	-	-	-	-	-
214	OC	14,75	-	-	-	-	-	-	-
17	CPHI	15,77	26,81	23,23	26,08	28,06	17,49	15,22	147,83
26	CPHI	14,89	26,14	22,69	-	-	17,72	-	-
97	CPHI	-	-	-	27,49	30,14	-	15,2	-
215	CPHI	-	27,05	25,09	-	-	17,15	-	-

<b>Tibia</b>		<b>SD</b>	<b>Bd</b>	<b>Dd</b>					
56	OC	13,72	-	-					
147	OC	14,58	-	-					
146	OVAR	11,04	20,23	15,49					

<b>Ulna</b>		<b>LO</b>	<b>BPC</b>							
14	CPHI	36,39	15,09							

Annex 2: Mesures dels ossos obtinguts a la cova de sa Tossa Alta.

Annex 2: Bone measurements of cova de sa Tossa Alta goats, sheep and cows.

## EL SISTEMA DE CAVITATS GLEDA - CAMP DES POU (Manacor, Mallorca)

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

### Resum

La connexió entre la cova de sa Gleda i l'avenc des Camp de Pou ha permès afegir un nou sistema al llevant de Mallorca, el sistema Gleda-Camp des Pou, de 13.500 m de recorregut, que situa aquesta cavitat litoral com la de major recorregut subaquàtic d'Europa dins d'aquesta situació i espeleogènesi. Es comenten les principals fites de l'exploració del sistema i els aspectes tècnics per poder realitzar les tasques exploratòries a la cavitat. Es fa la descripció tant dels nous sectors descoberts com de les contribucions novedoses dels sectors ja coneguts. L'estudi de l'estructura de la cavitat, amb la superposició de la topografia a la superfície del terreny, les sales d'esfondrament i els condicionants litològics ajuden a comprendre millor la gènesi i evolució de la cavitat. Un aspecte a destacar és el contrast entre els sectors més occidentals, profusament decorats per espeleotemes, amb els sectors orientals a on són gairebé absents. Se citen un total de 12 espècies de crustacis a les aigües subterrànies de la cavitat, capturades especialment a les proximitats de la boca, ja que bona part del sistema presenta densitats poblacionals molt baixes per tractar-se d'un hàbitat molt oligotròfic.

### Abstract

The connection established between Cova de sa Gleda and Avenc des Camp des Pou has allowed to add a new extensive cave system to the great speleological potential of eastern Mallorca coastal karst area: with a development of 13,500 m, this system is the longest underwater littoral cave known up to now in Europe. The main benchmarks in its exploration are exposed, as well as the technical aspects of the diving tasks developed in the cave. The description of the recently discovered extensions is presented in this paper together with new observations on the previously known sectors of the system. The study of the cave pattern –using the superimposition of the survey on the map of the area– and the disposition of collapse chambers linked to clear lithological conditionings, contribute to a better understanding of its genesis and evolution. An aspect that must be highlighted is the sharp contrast existing between the western sectors, very well-decorated with speleothems, and the eastern ones where the speleothems are almost practically absent. A total of 12 crustacean species have been cited in the cave waters, collected especially near the cave entrance because the population densities are very low due to the oligotrophic character of this habitat.

## Introducció

Els treballs efectuats pel Grup Nord de Mallorca (GNM) a la cova de sa Gleda es varen iniciar l'any 1997 i fins el 2010 han suposat 14 anys de feines i 400 dies d'immersions espeleològiques; amb un temps total de busseig que supera les 2.000 hores dins la cavitat, sense tenir en compte les tasques de preparació dels equips ni del transport del material. La major part d'aquesta segona fase d'estudi de la cavitat que ara presentam de for-

ma preliminar (en l'actualitat la cavitat continua encara en fase d'exploració, topografia i estudi) s'ha pogut realitzar gràcies al projecte d'investigació sufragat per l'Obra Social de SA NOSTRA, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009.

La cova de sa Gleda ha generat fins a la data un cert nombre de publicacions (FORNÓS *et al.*, 1989; GRÀCIA & CLAMOR, 2001; GRÀCIA & CLAMOR, 2006; GRÀCIA *et al.*, 2007; GINÉS *et al.*, 2008). L'avenc des Camp des Pou apareix amb aquest nom a l'aplec recopilat per Estelric de les cavitats de la zona (VENY, 1968); a TRIAS & MIR (1977) es publica i descriu l'avenc, juntament

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

2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les Illes Balears (UIB). email: joan.fornos@uib.cat

amb les altres cavitats conegudes de Can Frasquet i cala Varques. La connexió efectuada pel GNM permet acostar el carst de Son Josep Nou a les coves de la zona de Can Frasquet i cala Varques.

Part de l'interès d'aquest sistema de cavitats està en la singularitat d'aquesta gran cavitat litoral de la zona



Figura 1: Llengua de Cero (*Asplenium sagittatum*) sota el bosquet de figueres (*Ficus carica*) a l'entrada de la cova de sa Gleda (Foto M. A. Amezcua).

Figure 1: The fern *Asplenium sagittatum* (popularly known as *Llengua de Cero*) under the fig-tree forest (*Ficus carica*) existing at the entrance to Cova de sa Gleda (Photo M. A. Amezcua).

de mescla, que de moment és la de major recorregut subaquàtic d'Europa amb aquesta gènesi, 13.500 m i ocupa a nivell mundial la catorzena posició, per darrera els grans sistemes inundats de Mèxic.

El resultat de la tasca efectuada fins ara pels espeleòlegs subaquàtics ha suposat un canvi important i continu en el plantejament espeleomètric mallorquí. S'ha passat dels pocs més de 1.700 m terrestres de l'any 1975 de les coves del Drac als 4.480 m de la cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 1997), als 7.020 m de la cova des Coll l'any 2005 (GRÀCIA *et al.*, 2005), als 10.500 m de la cova de sa Gleda (GRÀCIA & CLAMOR, 2001; GRÀCIA *et al.*, 2007), als 62.066 m de la cova des Pas de Vallgornera, dels quals 10.200 m s'han explorat i documentat pel GNM (GRÀCIA *et al.*, 2009) i als 13.500 m actuals del sistema Gleda-Camp des Pou. Aquestes són les cavitats capdavanteres dels carst del Migjorn i Llevant de Mallorca i també del conjunt de l'illa, seguides per cinc cavitats més que superen el quilòmetre de longitud totes elles disposades dins els materials calcaris del Miocè superior, i que presenten importants continuacions subaquàtiques.

Les tasques d'estudi desenvolupades fins ara a les cavitats del Llevant i Migjorn de Mallorca i l'increment de la seva coneixença que es preveu en el futur, ens fan pensar que encara s'obtidran novetats importants que permetran adquirir una visió més holística del carst litoral mallorquí.



Figura 2: Esponerosa vegetació de l'entrada de la cova de sa Gleda, a causa de les condicions microclimàtiques (Foto M. A. Amezcua).

Figure 2: Dense vegetation growing at the entrance to Cova de sa Gleda due to its particular microclimatic conditions (Photo M. A. Amezcua).



Figura 3: Llac d'entrada al sistema Gleda-Camp des Pou. Durant el període comprés entre els anys 1997-2010 el Grup Nord de Mallorca ha efectuat més de 400 dies d'immersions al sistema (Foto M. A. Amezcua).

Figure 3: Entrance pool to the cave system Gleda-Camp des Pou. During the time span comprised between 1997 and 2010, the Grup Nord de Mallorca has spent more than 400 diving days in the system (Photo M. A. Amezcua).

## Història resumida de les exploracions a la cavitat

**1974** - L'Speleo Club Mallorca (SCM) efectua la topografia terrestre de la sala d'Entrada de la cova de sa Gleda (FORNÓS *et al.*, 1989), cavitat situada a la finca de Son Josep Nou. Els espeleotopògrafs són G. Pulido, L. Roca i M. Trias. El mallorquí Francesc Ripoll, també de l'SCM, realitza la primera immersió al llac d'entrada i descobreix la sala que porta el seu nom i la cambra d'aire central.

**1976** - L'SCM explora i topografia l'avenc des Camp des Pou, localitzat a Can Llunes. Els espeleotopògrafs són F. Mir, T. Fortuny i M. Trias (TRIAS & MIR, 1977).

**1990-1996** - Un equip d'escafandristes gal·lesos del *Cwmbran Caving Club* (CCC), dirigits per Owen Clarke, explora a la cova de sa Gleda la sala Francesc Ripoll (CLARKE, 1991-92), sense aconseguir trobar continuacions importants. El llegendari espeleobussejador Martyn Farr realitza un croquis del que es coneix de la cova, uns 250 m de recorregut subaquàtic. La seva impressió és que el volum de la cavitat li ocasiona agorafòbia (FARR, 1997-98). També al llarg d'aquestes campanyes s'efectua una immersió a l'avenc des Camp des Pou. S'explora el llac de la cavitat, completament clos per blocs i pedres, sense poder davallar més que uns pocs metres. No s'aconsegueix trobar cap espai buit entre els blocs i el sostre per poder avançar.

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

**1998** - El GNM explora a la cova de sa Gleda algunes galeries laterals del circuit dels Pirates, com és la sala del Cendrar, amb sortida a una sala terrestre (sector Clàssic). 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** - Aquest any les exploracions i noves descobertes a la cova de sa Gleda s'incrementen de forma exponencial. Es descobreix la sala dels Dos Llacs, la galeria dels Degotissos, les galeries de les Haloclines (sector de Ponent) i la sala dels Paleonivells (sector de la Unió). 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'Apocal·lipsi, que possibilita accedir al sector de la Unió des del sector de Ponent. Exploració del sector de la Unió des del sector Cinc-cents. L'actual recorregut del sistema endocàrstic i les possibilitats que s'intueixen implica que faran falta molts d'anys de fei-

na per poder acabar les exploracions, la topografia i fer l'estudi i documentació fotogràfica de la cova.

**2000** - Troballa del sector de Gregal de la cova de sa Gleda, 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. El GNM es planteja un canvi d'estratègia, ja que les grans distàncies a recórrer per realitzar les tasques a la cova i la major fondària d'algunes zones fa que es comenci a emprar nítrix com a gas per reduir els temps de descompressió, que en molts de casos supera els 35 minuts. També per rendibilitzar el temps d'immersió es comencen a emprar propulsors.

**2001** - Al sector de Gregal de la cova de sa Gleda s'assoleix, a la punta més extrema d'exploració (distància màxima lineal), els 1700 m/-19 m, repartits entre 234 m/-19 m i 1466 m/-17 m. Al llarg dels anys 1997-2001, el GNM ha efectuat més de 160 dies d'immersions.

A l'avenc des Camp des Pou es procedeix per part del GNM a realitzar una revisió del llac més directe a l'entrada i queda confirmat el que ja dèien els bussos gal-lesos, no es pot avançar entre els blocs que barren el pas a poc metres de fondària.

**2002 - 2007** - Es realitza una primera fase de l'estudi interdisciplinari de la cova de sa Gleda gràcies al projecte d'investigació sufragat per l'Obra Social de SA NOSTRA, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007. El recorregut actual amb topografia 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 situada dins de la zona de mescla a nivell europeu. Es fa l'estudi del perfil hídric de la cavitat, l'estudi morfològic, l'estudi dels sediments i la recollida de mostres de paleonivells freàtics.

**2009** - Bernat Clamor descobreix al sector de Gregal de la cova de sa Gleda, poc després de passar el Laminador, a uns 1.000 m de l'entrada de la cavitat, una galeria que s'obre en direcció SE, per després anar a voltar amb una tendència general SW. Les dimensions es van fent de cada cop més grans fins assolir un volum considerable. El recorregut del sector descobert, sector del Fènix és de 500 m, 276 m lineals. L'extrem més llunyà de l'entrada de la cavitat se situa a 1.276 m. Al sector de la Unió, també s'afegeixen algunes galeries que avancen en direcció N, a una fondària de devers 24 m.

A l'avenc des Camp des Pou, Mateu Febrer (MF), acompanyat per Bernat Clamor (BC), ambdós del GNM, es dirigeixen de bell nou a la cavitat per revisar-la un pic més. Aquesta vegada inspeccionen els llacs més occidentals de la cavitat, es tracta d'unes petites franges d'aigua de gairebé un metre d'amplària i amb molt poca sensació de continuïtat. MF realitza la immersió, amb 2 tancs de 5 l i aconsegueix superar l'esfondrament de blocs i assoleix, astorat i emocionat, les galeries subaquàtiques horitzontals que permeten sospitar una connexió directa amb la cova de sa Gleda. Avança una cinquantena de metres, fins arribar a una galeria estreta. S'ha aconseguit penetrar dins la zona freàtica després dels intents fallits dels britànics de l'any 1996 i del propi GNM el 2001, a més a més d'altres visites d'escafandristes de cavitats que s'aturaven al llac més directe a la davallada del



Figura 4: Entrada de l'avenc des Camp des Pou amagada per la vegetació. La distància entre aquesta cavitat i l'entrada de la cova de sa Gleda és de 1.145 m en línia recta (Foto M. A. Amezcua).

Figure 4: Entrance to Avenc des Camp des Pou almost hidden by the vegetation. The straight line distance between this cave and Cova de sa Gleda is 1,145 m (Photo M. A. Amezcua).



Figura 5: Davallada per l'avenc des Camp des Pou. La cavitat és un gran esfondrament situat a la zona NE del sistema (Foto M. A. Amezcua).

Figure 5: Descending the Avenc des Camp des Pou. This cave consists in a big collapse located to the NE part of the cave system (Photo M. A. Amezcua).

rost i no revisaven, per quedar ocults o semblar infranquejables, els llacs més occidentals. Aquestes tasques constitueixen part de la segona fase d'estudi del projecte d'investigació sufragat per l'Obra Social de SA NOSTRA, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009.

**2010** - Enguany els avanços exploratoris són extraordinaris, realitzats majoritàriament per B.C. i topografiats per Pere Gamundí i Francesc Gràcia. A la cova de sa Gleda explora la galeria d'en Lluís Roca, que presenta un volum impressionant, ja que convergeixen diverses galeries. La galeria avança uns 400 m en direcció SE. A devers 200 m del seu inici, al costat E, la galeria emergeix en la sala del Tub, anomenada així per trobar un tub de perforació d'aigua que guaita pel sostre de la sala. La galeria d'en Lluís Roca prossegueix fins a la sala dels Homes Vells, també terrestre i amb un color vermellós intens, per després continuar de forma subaquàtica per una estretor del mateix esfondrament que ha format la sala i prosseguir amb volum considerable fins a una zona que es tanca. La punta més distant es troba a 1.700 m del llac d'entrada de la cavitat. S'explora també una altra galeria que s'inicia a la mateixa galeria d'en Lluís Roca i es dirigeix de cap al NE, és la galeria Això No És Vallgornera. Als 48 m de la galeria, una continuació en direcció SE permet comunicar amb una gran sala aèria i terrestre, la sala dels Templers, de gran bellesa. Aquesta sala constitueix un excel·lent lloc de refugi en cas de necessitat, pel gran volum de que consta i per tenir part de la superfície plana. La galeria Això No És



Figura 6: Llac de l'avenc des Camp des Pou, de menys d'un metre d'amplària, que ha permès connectar la cavitat amb la cova de sa Gleda. L'únic accés possible és pel petit forat que es veu sota l'aigua, a la dreta de la pedra encaixada (Foto M. A. Amezcua).

Figure 6: Pool at the bottom of Avenc des Camp des Pou, less than one metre wide, which has allowed the connection with Cova de sa Gleda. The only existing access is the narrow hole visible underwater, to the right of the wedged stone (Photo M. A. Amezcua).

Vallgornera prossegueix en la mateixa direcció NE fins als 1.625 m.

A l'avenc des Camp des Pou, B.C. en solitari efectua diverses immersions a on se n'adona del perill de caiguda dels blocs inestables que envolten el pas subaquàtic al propi llac d'entrada. Instal·la 130 m de fil·guia



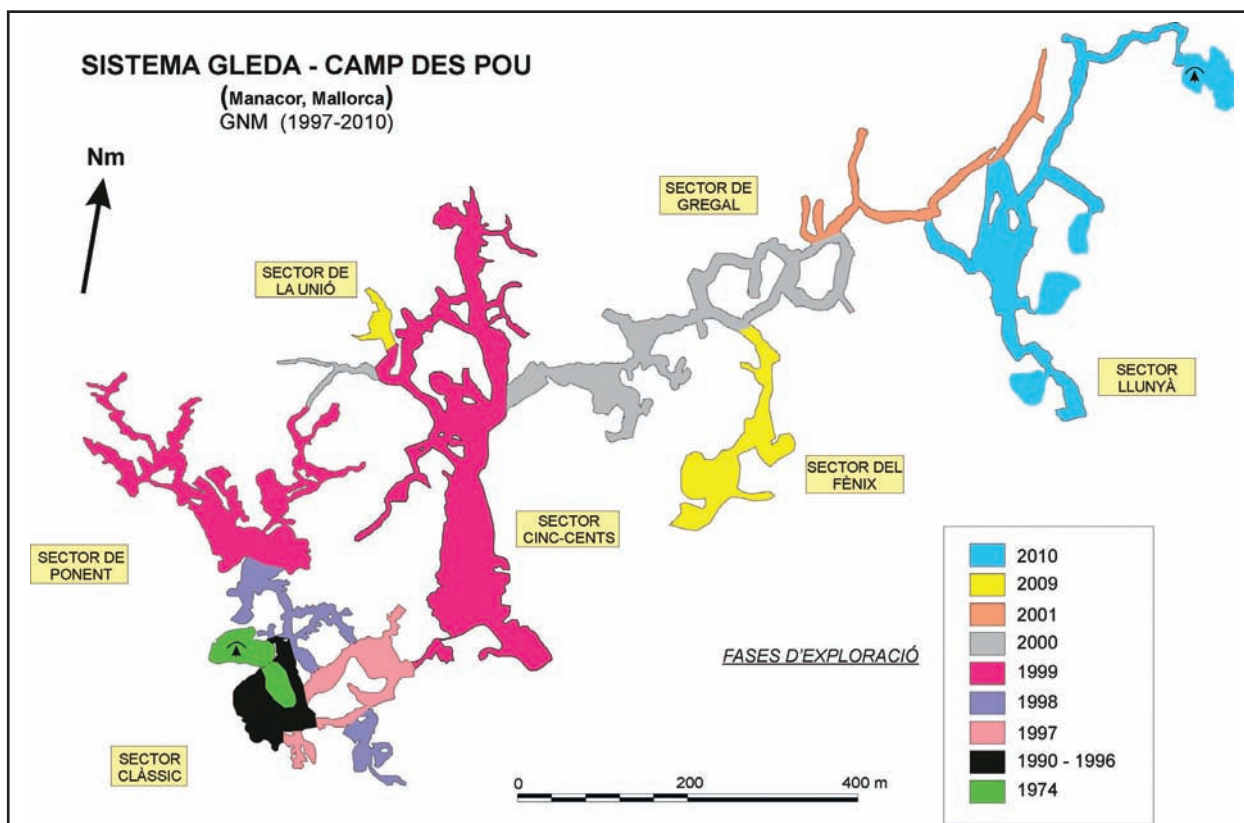


Figura 7: Fases d'exploració i topografia al llarg dels anys del sistema Gleda-Camp des Pou.

Figure 7: Exploration and survey phases developed in the Gleda-Camp des Pou cave system.

en direcció SW i connecta amb el fil-guia que prové de la cova de sa Gleda, de la galeria Això No És Vallgornera. La cavitat s'ha convertit en el sistema Gleda-Camp des Pou. La distància entre les dues boques és de 1.715 m. La llàstima és que la dificultat d'accés fins al llac amb material d'immersió i la perillositat i estretor d'alguns passos no fan viable emprar aquesta nova entrada, situada a l'altre extrem del sistema, per explorar o realitzar tasques a la cavitat.

En conclusió, a l'actualitat prossegueixen les feines exploratòries i topogràfiques i la cavitat assoleix actualment els 13.500 m topografiats. Hi ha galeries encara sense topografiar i a tot el sector Llunyà i a una part del sector de Gregal s'han de prendre dades de les amplàries, ja que les que apareixen a la topografia són només orientatives. Fa falta també realitzar els estudis geomorfològics dels sectors més allunyats, així com els anàlisi dels sediments presents i documentar fotogràficament moltes sales i galeries.

## Aspectes tècnics

### LA VESTIMENTA

La temperatura habitual de l'aigua de les cavitats del Migjorn i Llevant de Mallorca, és de devers 18°-19°C, llevat dels llacs d'entrada a les coves d'amples boques, que acusen les variacions estacionals. La cova de sa

Gleda és una d'aquestes cavitats a on la temperatura de l'aigua de l'entrada és variable entre l'estiu i l'hivern. Als mesos hivernals s'assoleixen valors inferiors als 12°C. Per a protegir a l'espeleòleg subaquàtic de la hipotèmia, l'equip personal de vestimenta que s'ha emprat a la cavitat ha estat dels tres tipus bàsics possibles. Com a primera opció el vestit humit de neoprè, a on entra l'aigua fins a formar-se una microcapa d'aigua que iguala la temperatura corporal. El gruix de la vestimenta ha estat generalment superior als 7 mm. També s'ha combinat amb una jaqueta curta de neoprè interior de 3 mm, que millora la capacitat de resistència aïllant. En algunes de les campanyes i casos concrets s'ha emprat vestimenta de neoprè microporosa, més delicada, però amb propietats isotèrmiques molt més efectives. El temps de vida de la vestimenta de neoprè, amb l'elevat ús i desgast de les immersions dins cavitats ha estat al voltant d'uns 2 anys.

En segon lloc, la vestimenta semiestanca, que no ha resultat molt eficient, tant pel poc efecte aïllant al llarg de diverses hores, com per espanyar-se molt sovint les cremalleres dorsals, encara que s'ha emprat al llarg d'alguns anys. La tercera opció ha estat la dels vestits estancs o vestits secs, connectats amb un tanc per inflar-se i provist de vàlvules de buidat. Són més eficients per aïllar del fred, ja que es porta roba eixuta davall, a més de la capa d'aire, però resulta més incòmode per bussejar i també és més voluminós. En el cas que es produís la perforació o ruptura del vestit, això provocaria la inundació de l'interior i l'entrada d'aigua freda i l'increment sobtat del pes del bus, fet que faria molt perillós i dificul-

tós el retorn, en ocasions a distàncies properes als dos quilòmetres de l'entrada. Tanmateix s'ha emprat habitualment per part d'alguns dels membres de l'equip a la cova de sa Gleda, ja que les fondàries que assoleixen valors de fins a 25 m, i el temps de busseig que supera en ocasions les 4 hores, ho fan recomanable. També, el fet d'inflar-se mitjançant vàlvules connectades a un tanc d'aire fa que serveixi d'armilla hidrostàtica, a més de la que ja es porta. L'aïllament es complementa a més de la caputxa de neoprè i escarpins pels peus, amb guants de poc gruix, per no perdre sensibilitat tàctil, molt important per seguir el fil-guia amb la mà, amb les tornades amb visibilitat zero.

## CASC

Les característiques de les immersions a les cavitats mallorquines, amb freqüents moments de nula visibilitat, l'aproximació fins a les zones inundades o la sortida a zones terrestres, fan del casc un element imprescindible, en comparació al busseig dins els cenotes de Yucatan o les cavitats de Florida, a on no se sol emprar. També n'és una causa la gran quantitat de formacions que solen presentar les galeries i sales, tant espeleotemes com morfologies de corrosió que sobresurten, que suposen un perill afegit de tornada amb visibilitat escassa.

## TANCS

És l'eina més feixuga de transportar, pel pes per unitat i per l'elevat nombre de tancs que és necessari emprar. Són els contenidors artificials d'aire, fabricats en diversos materials; nosaltres hem emprat d'acer i d'alumini. Els darrers tenen l'avantatge d'esser més lleugers pel transport fins a l'aigua, emperò s'han de compensar amb ploms per evitar tenir una flotabilitat positiva, especialment a la tornada cap a la sortida de la cova, una vegada que s'ha consumit una part important dels gasos amb la disminució pertinent del pes, que pot representar fins a 10 kg de diferència respecte al començament de la immersió, sobretot en casos de portar 4 o 5 tancs de gran capacitat. S'han emprat d'una variada gama de volums, segons el sector o lloc concret de la cavitat i del tipus de feina a realitzar. Habitualment s'han fet servir de 20 l, 18 l, 15 l, 12 l, 10 l i 5l. S'han portat per parelles, entre 2, 3, 4 i 5 tancs per persona. La pressió de càrrega ha estat de 200 atm, encara que en alguns casos s'ha arribat a unes 240 atm. La rosca dels tancs de la griferia és del tipus DIN, ja que es tracta d'un sistema pel qual la primera etapa dels reguladors va enroscat a la griferia i forma un bloc molt més compacte que no pas la connexió anomenada "internacional". En els casos d'emprar 4 o 5 bombones molt pesades i feixugues s'ha optat per subjectar al tanc, mitjançant elàstics, tires de material lleuger que sura dins l'aigua per tornar les bombones neutres. La incorporació paulatina d'aparells de circuit tancat disminueix a la meitat el nombre de bombones necessàries, i disminueix el nombre d'esgotadors viatges amb els tancs. També s'ha emprat la tècnica de portar 4 bombones i només emprar-ne 2, les quals es fan servir fins a la meitat de la capacitat,



Figura 8: Preparatiu d'immersió abans d'una jornada de feina a la cavitat. La utilització de propulsors és del tot imprescindible per poder efectuar tasques rendibles als sectors més llunyans (Foto P. Plomer).

*Figure 8: Diving preparations previous to a working day in the cave. The use of propellers is indispensable in order to work profitably in the farthest sectors of the system (Photo P. Plomer).*

per emprar la resta de tornada i únicament deixar les altres dues ampolles d'emergència.

## GASOS

S'ha emprat preferentment nítrox 38, 36 o 32, per disminuir la quantitat de nitrogen present als teixits de l'escafandrista i disminuir el risc de sofrir un accident descompressiu, especialment pel cansament previ de baixar tot l'equip fins al llac d'entrada i en acabar la immersió fer el mateix de tornada. Això s'aconsegueix incrementant el percentatge d'oxigen a la mescla. Algunes de les actuals immersions s'estan fent també mitjançant aparells de circuit tancat, que proporcionen un nítrox al bus, ideal per a cada fondària on es troba. Alguns dels membres del GNM que viuen a la part forana, han adquirit per raons econòmiques i pràctiques, compressors de la marca *Coltri* i *Bauer* per omplir els tancs amb nítrox o aire. La problemàtica més gran és la d'adquirir tancs d'oxigen per fer les mescles de nítrox o per emplenar les ampolles per fer servir els aparells de circuit tancat.

## APARELLS DE RESPIRACIÓ DE CIRCUIT TANCAT

El *rebreather* és un sistema de respiració en el qual s'aprofita l'oxigen que s'exhala tornant-lo a introduir en el circuit de respiració. En el sistema convencional d'escafandre autònom, aquest oxigen es perd ja que s'expulsa a l'exterior; és el sistema anomenat circuit obert. En el reciclador, els gasos que s'exhalen amb cada respiració, no es llancen a l'aigua, sinó que són reciclats per un filtre que elimina el  $\text{CO}_2$  abans de tornar a ser respirats novament. La barreja respirable és reciclada una vegada i una altra; per això es diu circuit tancat. En cada expiració hi ha un 4 o 5 % de  $\text{CO}_2$  que en passar per un cartutx depurador (calç sodada) ho absorbeix. El sistema automàticament substitueix aquest 4 o 5 % amb la barreja de gas oportuna que es disposa en una ampolla segons el model d'aparell. Degut al fet que

únicament s'ha de substituir un 5% en cada respiració, l'estalvi en consum és molt més elevat que en els sistemes de circuit obert convencionals. Amb el *rebreather* s'ofereix una millor optimització del gas que es respira, per tant, la grandària de les ampolles pot reduir-se considerablement i també permet una llarga autonomia. Un altre factor favorable és el fet de disminuir enormement les bombolles d'aire, que pràcticament no s'expulsen a l'aigua i així gairebé s'elimina l'impacte d'aquestes en tocar el sostre de la cova. Aquest fet pràcticament elimina la caiguda de sediment des del sostre i la visibilitat no es veu tan afectada.

El control de l'oxigen en el model Kiss, que és el que s'ha fet servir, és manual, amb un flux continu d'oxigen. Els dispositius de mesura de la pressió parcial d'oxigen (*displays*) vénen de forma independent uns dels altres i amb il·luminació; cada *display* té la seva carcassa, cèl·lula, bateria i fa que aquest sistema sigui completament redundat. El *càntister* és bàsicament de flux axial, i d'aquesta manera s'eviten les canalitzacions en el pas de l'aire. Amb uns contrapulmons totalment protegits, i situats en la part posterior, i un filtre que amb un simple gir en la clau de pas canvia de circuit obert a tancat en un gest, això fa que el Kiss sigui un *rebreather* de reduïda grandària, grans prestacions i molt versàtil.

El GNM ha començat a emprar els *rebreathers* als sectors més allunyats, especialment el sector de Gregal, el sector del Fènix i el sector Llunyà. S'han emprat els aparells de circuit tancat Kiss i també el *Joky*, que és un aparell pensat per emprar com a *rebreather* lateral. L'inconvenient és la falta de temps per agafar experiència a la mar abans d'aplicar-los dins cavitats, per la qual cosa només un dels bussos l'ha emprat de forma assídua. Tanmateix les zones de restricció i exploracions complexes per la mala visibilitat i característiques físiques de les galeries fan recomanable anar amb circuit obert i després en dates posteriors, anar amb els *rebreathers* per aixecar la topografia o realitzar fotografies. S'ha arribat a emprar més de 6 hores a la cavitat, fet que gairebé duplica el temps d'autonomia proporcionat pels aparells de circuit obert.

## ARMILLA HIDROSTÀTICA

És un altre element de l'equip personal molt important, ja que permet regular la flotabilitat del bus, i permet transportar fins a 6 tancs segons la configuració lateral o anglesa. Va connectada amb una bombona que permet inflar-la a voluntat segons les necessitats del moment fins al seu volum màxim. Al llarg d'aquests anys s'han hagut de baratar en diverses ocasions, ja que l'ús dins un ambient tan abrasiu suposa un elevat desgast.

## ARNESOS

S'han emprat en ocasions en alguns llocs molt concrets del sector de Ponent i sector Cinc-cents per forçar passos molt angosts. Es tracta d'arnesos que ens permeten fixar els tancs al nostre cos mitjançant anelles que amb els corresponents mosquetons permeten subjectar les botelles mitjançant el sistema lateral. No contenen

ales o zones que s'inflin amb aire. Generalment s'empra aquest sistema únicament per a 2 tancs i de volum no superior als 10 l. L'avantatge és el poc embalum que representa en comparació amb el fet de portar una armilla hidrostàtica. Es pot passar per passos molt estrets amb més facilitat. L'inconvenient ho suposa el fet que s'ha de tenir una flotabilitat molt controlada, ja que no es té cap element que permeti regular-la i que de tornada possiblement la flotabilitat sigui positiva, una vegada eliminada una part dels gasos de les bombones.

## REGULADORS I MANÒMETRES

Constitueixen la peça clau i més delicada per a la seguretat del busseig dins cavitats. Del seu bon funcionament dependrà la vida de l'espeleòleg. Sempre s'han portat com a mínim duplicats, amb manòmetre de pressió per unitat, aquests connectats amb la primera etapa del regulador mitjançant un tub curt, ja que és més còmode i està pensat per poder consultar la pressió a una distància més propera, que no pas si es du a l'esquena. Durant les tasques efectuades s'han hagut de substituir al llarg dels anys reguladors amb problemes de funcionament greus. La major part dels que s'han emprat, especialment els darrers anys, han estat el model *Titan* de la casa *Aqualung* i també *Poseidons*. Les immersions en aigua amb elevada quantitat de sediments fa que s'hagin espanyat en bastants ocasions. En els casos de que hi hagi entrat aigua a l'interior ha suposat el trencament del manòmetre de pressió, fet que es tradueix en que l'agulla indicadora de la pressió d'aire del tanc no funcioni i quedi en posició fixada, amb l'elevat risc que aquest fet suposa. Per cops o de forma sobtada, s'han espanyat diversos reguladors en algunes immersions, provocant fins i tot una pèrdua del gas del tanc gairebé total.

## LLANTERNES I FOCUS

Les primeres immersions efectuades a la cova des Coll, així com a altres cavitats explorades els anys 1994, 95 i 96 es van fer únicament amb llanternes col·locades al casc mitjançant brides o elàstics, i també alguna portada a la mà o fixada a l'avantbraç. La poca capacitat lumínica limitava considerablement la distància de visió, per la qual cosa moltes continuacions passaven desapercebudes a una certa distància de l'espeleòleg. Actualment és la part de l'equipament que més ha sofert l'evolució i millora. Els avanços positius han estat en relació a la capacitat lumínica, duració de les bateries i pes de les bateries. La il·luminació basada en focus amb bateries de plom, de liti, de níquel-cadmi o d'altres materials i llums halògens de 10 a 50 w i també bombetes amb leds ha modificat absolutament la visió que es tenia de la cavitat. A la pràctica, les llanternes han quedat relegades a la il·luminació d'emergència o per a petits sifons i cavitats a on el pes, embalum i fragilitat del focus desaconselli el seu ús. El nombre de llanternes ha d'esser com a mínim de tres, combinades amb un focus de llum principal, per la qual cosa les llanternes només s'empren com a llum auxiliar i d'emergència i, per im-

mersions perllongades, per posar en funcionament un pic acabada la bateria del focus. Tanmateix, les millores constants en la qualitat del llum i duració ha fet que algunes llanternes comencin a esser per elles mateixes suficients com a llums principals. El nombre de llanternes que al llarg d'aquests anys d'immersions espeleològiques s'ha hagut de substituir per inundacions, avaries o envelliment dels materials, ha suposat una autèntica fortuna. Passa el mateix amb el nombre de piles usades, abans de que s'empressin les bateries i piles recargables i els focus, també amb bateries. De tots els que s'han fet servir, el sistema d'engegar les llanternes més eficient per evitar la inundació ha estat el de rosca, amb l'inconvenient, en ocasions, d'haver d'emprar les dues mans per a l'operació i que cal vigilar no passar-se de rosca i provocar la inundació de la llanterna.

## PROPULSORS

La utilitat bàsica és poder salvar grans distàncies amb un mínim esforç i per tant, amb molt menys consum d'aire i de temps. També disminueixen la turbidesa de l'aigua en passar amb més rapidesa i delicadesa per les galeries. L'inconvenient és el tornar amb visibilitat zero o molt escassa al llarg de molts de metres, sense poder-ho fer servir i portant-lo aferrat a la mà, el que determinarà un major consum d'aire del bus. També s'han de tenir tancs de reserva per si de tornada s'espanyés el

propulsor, ja que no bastaria l'aire per arribar a l'entrada, en cas d'haver de tornar només amb l'esforç físic de les aletes. Els propulsors, un pic arribats a prop de les zones de feina, es deixen enganxats al fil-guia, per després recollir-los a la tornada.

La seva utilització ha estat, i és, fonamental per als sectors més allunyats de la cova de sa Gleda, excepte el sector de Ponent i el sector Antic. El model que s'ha fet servir és el UV-18 de la marca *Silent-submersion* d'origen canadenc. El seu pes és de 32 kg, que el fa bastant operatiu per transportar-lo fins a l'aigua. L'autonomia és de gairebé 3 Km, insuficient per arribar a les puntes més allunyades de la cova de sa Gleda i tornar. Només s'han començat a emprar d'ençà de l'any 2007, ja que abans no teníem capacitat econòmica per a poder adquirir-los i les prioritats de material per comprar eren unes altres. L'ideal seria poder emprar 2 propulsors per bus, però per raons econòmiques només es disposa d'1 i aquest fet condiona el portar més reserves d'aire per suplir un hipotètic malfuncionament del propulsor a la tornada i poder tornar aletejant.

## EQUIPS DE FOTOGRAFIA

D'ençà de 2005 s'han emprat màquines digitals que han replevat a les analògiques. Per descomptat, el factor limitant de la sessió deixa d'esser el nombre de diapositives per passar a convertir-se en l'autonomia dels



Figura 9: Superació d'una angostura al sector de Ponent. L'exploració d'aquests llocs representen tot un repte als sectors situats a molta distància de l'entrada (Foto A. Cirer).

Figure 9: Negotiating an underwater constriction at the Ponent sector. The exploration of this kind of passages represents a great challenge, especially when they are in sectors located far away from the entrance (Photo A. Cirer).

flashos i l'aire disponible als tancs dels escafandristes. A la cavitat, a causa de l'elevada quantitat de sediments presents, les zones per on s'ha passat d'entrada no són aptes per fotografiar a la tornada, per la qual cosa es fan sempre en sentit de la penetració dins la cavitat i de tornada es pleguen els braços dels flashos de la màquina. Si ja de per si és complicada la tornada i la progressió en condicions de visibilitat zero, anar provists d'una gran, delicada i cara càmera, encara ho fa molt més difícil. Documentar les cavitats subaquàtiques té un gran mèrit i permet compartir aquests espais, exclusius d'uns pocs espeleòlegs especialistes.

Els flashos esclaus són fonamentals en la fotografia espeleològica, especialment per a donar sensació de profunditat i de volum, per la qual cosa s'han de menester als llocs espaiosos flashos d'elevat número guia. Els que més s'han emprat els primers anys han estat els *IKELITE-400*, d'origen nord-americà, dels quals s'han arribat a tenir-ne 4 exemplars, encara que s'espanyen relativament sovint i el seu temps de vida útil és reduït. Actualment només ens en queda un de funcional, ja que la casa no repara els flashos analògics. Tenen tres possibles posicions d'intensitat, en funció de la proximitat de les parets i sostre, així com del color de la roca i espeleotemes, ja que colors blancs reflecteixen el llum i han de menester menys intensitat de flash, que no pas un color fosc a on s'absorbeix pràcticament tota la intensitat de llum emesa. Els que ara empram, d'ençà del 2009 són

els *Subtronic Gamma*, alemanys i de molt bona qualitat i prestacions. Tenen 6 possibles posicions d'intensitat de llum emesa i l'angle d'obertura és molt elevat. Van connectats amb cable a les cèl·lules esclau; aquestes són fonamentals, ja que de no tenir un bon funcionament o sensibilitat no provoquen el dispar del flash. S'han tingut molt de problemes fins que es van aconseguir tres de molt bona sensibilitat fabricades a Itàlia de forma casolana per un especialista. Actualment s'han fabricat per part d'un dels nostres fotògrafs altres 5 cèl·lules per assegurar les tasques fotogràfiques. Per fer fotografies de volum s'ha hagut de comptar amb dos models, provists de flashos esclaus i amb les cèl·lules dirigides de cap al fotògraf. El model ha d'estar molt sintonitzat amb el fotògraf, ja que la posició d'ambdós, cap a on apunti els flashos, regular la intensitat d'aquests i portar les cèl·lules de forma que estiguin dirigides en tot moment al fotògraf és bàsic per a poder realitzar bones fotografies.

## DURACIÓ DE LES IMMERSIONS

El temps d'immersió varia en funció de la distància recorreguda, de les tasques fetes a la cavitat, de la fondària de la zona de feina, així com de l'equipament i dels gasos emprats. Els sectors de la Unió i algunes zones del sector de Ponent assoleixen els 24 m de fondària i el temps de feina es redueix dràsticament pel major con-

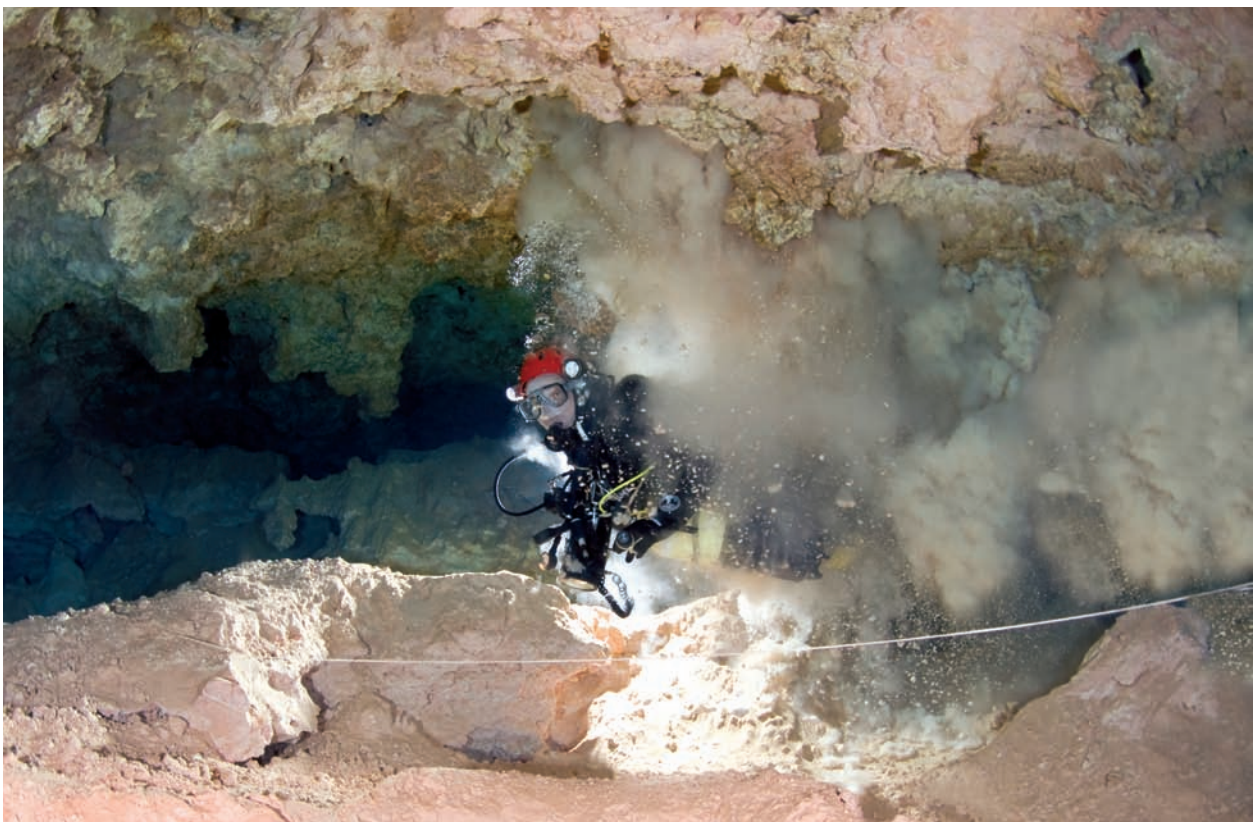


Figura 10: Difícils condicions de treball a la cavitat. Algunes galeries presenten la roca molt afectada per processos corrosius i les bombolles causen el desprendiment de molt de material poc cohesionat. La visibilitat de tornada és nul·la. Sector de Ponent (Foto A. Cirer).

Figure 10: Difficult working conditions inside the cave. Some passages show the rock very affected by solutional processes resulting in the detachment of abundant loose material because of the diver's bubbles. The visibility when exiting is almost null. Ponent sector (Photo A. Cirer).



Figura 11: Circuit dels Pirates (sector Clàssic), en direcció al pas d'en Judes que permet accedir al sector Cinc-cents (Foto A. Cirer).

Figure 11: The Circuit dels Pirates area (Clàssic sector) in the direction to Pas d'en Judas, spot that allows to enter the Cinc-cents sector (Photo A. Cirer).

sum dels gasos respirables i per la major incorporació de nitrogen als teixits. El fet d'emprar nítrix ha millorat molt aquest darrer aspecte, de forma que s'aconsegueix reduir la incorporació de nitrogen i el temps de descompressió. La duració habitual de les immersions ha estat d'entre 2,50 i 3,50 hores, encara que amb aparells de circuit tancat s'han superat les 6 hores d'immersió. Independentment del fet d'arribar a entrar en descompressió, l'elevat esforç de transport de material des dels cotxes fins a l'aigua fa més que aconsellable el emprar aire enriquit amb oxigen per disminuir el risc de patir accidents per les bombolles o microbombolles de  $N_2$ .

## Descripció general de la cavitat

Per tal de no ser repetitius en aquest treball es farà referència únicament a la descripció dels sectors a on han aparegut noves troballes, per la qual cosa per consultar informació del sector Clàssic, el sector de Ponent i del sector Cinc-cents remetem al lector a consultar el treball de GRÀCIA *et al.* (2007).

### 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 comuniquen la galeria Cinc-cents amb el sector de Ponent. 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 a -25 m, fet que suposa que sigui el que té més fondària 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 1.320 m sense repetir cap galeria.

Als 300 m i 350 m des de l'inici de la galeria Cinc-cents s'obren a l'W dues amplies galeries freàtiques de control estructural estratigràfic que s'entrellacen entre si. La dissolució de les aigües ha aprofitat els plans d'estratificació, i generat seccions horitzontals, en ocasions d'amplades importants i amb abundants columnes i massissos estalagmítics entremig. El terra d'aquesta zona es troba entre -16 i -18 m (gairebé sempre amb valors de -16 i -16,8 m), mentre que el sostre es troba als -12,1 i -14,6 m, encara que gairebé és constant al voltant de -14,2 i -14,6 m. L'alçària d'aquest tram és gairebé sempre d'uns 2 m (oscil·lant entre 4,6 i 1,5 m). D'ençà de la coalescència de les dues galeries, tota la galeria (en direcció primer SW, després S, per al final voltar a W) va a una fondària constant d'uns -16 i -17 m (oscil·lant entre -15,4 fins -17,2 m). El sostre està entre -13,8 i -15,7 m, habitualment a uns -14,2 i -14,8 m. L'altària del sostre d'aquest tram és d'uns 2 m (comprés entre 0,7 m i 2,5 m). Per la qual cosa aquests dos pri-

mers trams es poden unificar a efectes pràctics, ja que presenten les mateixes característiques. Aquest primer tram, de sostre extraordinàriament pla, presenta a més a més, abundants espeleotemes freàtics en forma de macrocristalls, que creixen a partir de les estalactites que caracteritzen aquest tram. Més endavant, al terra apareixen de tant en tant espeleotemes subaquàtics vadosos, això és, gours amb columnes i altres formacions envoltades d'espeleotemes subaquàtics en forma de palmatoris. Una capa de sediment groc i prim recobreix el terra. Algunes estalactites grans es troben escampades i com a forma de corrosió, alguns penjants de gran mida.

Finalment, el sector, després del darrer tram W, va agafant fondària al terra d'entre -18,1 m fins a -21,4 m. La fondària habitual és de 20 m. El sostre està comprès entre -14,7 i -19,6 m. L'alçària està compresa entre els 4,8 i 1,1 m, essent habitualment de prop de 3 m. La galeria, en el tram final W i després N-NW agafa més volum i fondària. La galeria presenta una continuació en direcció W, amb colades parietals i espeleotemes de degoteig sovint de bones mides, per prosseguir amb volum considerable fins a uns laminadors de roca descomposta que tanquen la continuació.

A mitjans galeria Cinc-cents, aquesta connecta amb el sector de la Unió mitjançant una galeria estructural estratigràfica que descendeix de forma acusada des de pocs metres de fondària (-8 m) fins a -19,5 m. A l'inici té un volum molt important, plena d'estalagmites curtes recobertes de cristalls freàtics. Més endavant, la paret de la dreta està plena de belles estalactites

amb cristallitzacions freàtiques que decoren la paret. L'amplària va d'uns 6,5 m al començament fins a uns 14 m, per fer-se d'uns 7 m a la zona a on connecta amb la galeria que prové del final de la Cinc-cents. L'altària de la galeria és normalment d'uns 1,5 m, amb un sostre totalment pla. Si seguim per aquesta galeria anam de cap al sector de Ponent. La major part del terra és de tendència clarament horitzontal, encara que amb irregularitats i espeleotemes freàtics que adquireixen forma de coixinet, amb cristalls molt fins. Una vegada superada la zona de creuament amb els conductes que procedeixen del final del sector Cinc-cents, la galeria, de principi estreta ja que supera una zona d'amplària reduïda, torna ampla i bellament decorada. Els espeleotemes freàtics són una constant i també les colades pavimentàries amb gours i algunes colades parietals a ambdós costats de la galeria. Els massissos estalagmítics estan en molt bon estat i són de gran bellesa.

## SECTOR DE GREGAL

Al costat E del sector Cinc-cents, a poc més de 300 m de l'inici de la galeria Cinc-cents (uns 600 m des del llac d'entrada), s'inicia el sector de Gregal, el qual en direcció NE arriba fins als 1.150 m a on enllaça amb el sector Llunyà. El sector comença amb la galeria de les Plomes, bella i voluminosa estança decorada profundament per espeleotemes freàtics que caracteritzen per complet l'àmbit. Es tracta d'una galeria de control estructural estratigràfic situada a una profunditat que



Figura 12: Espeleotemes freàtics del sector de Ponent (Foto A. Cirer).

Figure 12: Phreatic speleothems at the Ponent sector (Photo A. Cirer).

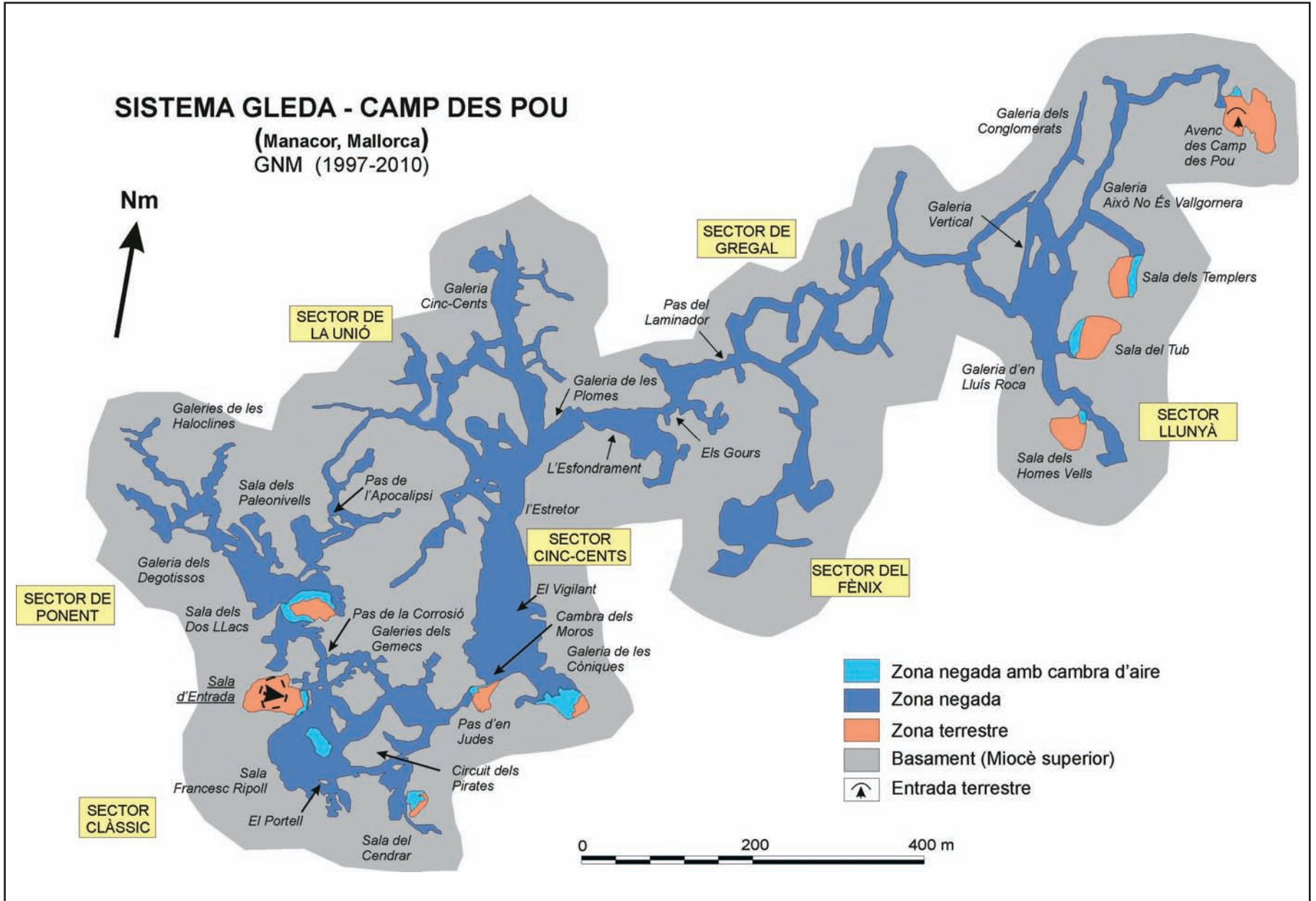






Figura 14: El sector de la Unió se caracteritza per la gran ornamentació que presenta (Foto A. Cirer).

Figure 14: The Unió sector is characterized by its extensive ornamentation of speleothems (Photo A. Cirer).



Figura 15: Massissos estalagmítics del sector de la Unió (Foto A. Cirer).

Figure 15: Stalagmitic massifs at the Unió sector (Photo A. Cirer).

supera els 18 m, per després d'uns 60 m, ascendir per un rost de blocs i pedres, l'Esfondrament, que remunta fins a valors propers als 10 m per tornar a davallar. A partir d'aquí, l'aspecte canvia, i pot seguir després de cap al SE en forma d'una àmplia galeria d'uns 112 m de longitud i uns 17 m de fondària, que es va reduint de dimensions i que es caracteritza per la decoració d'espeleotemes, molts d'ells subaquàtics vadosos, especialment gours i espeleotemes associats, gens afectats pels fenòmens corrosius. Si tornam enrere, des de la baixada de l'Esfondrament, la ruta principal segueix per una àmplia galeria que passa successivament per diversos gours de gran mida (els Gours), dels quals són especialment visibles les repeses que, a les èpoques de pulsacions climàtiques fredes contenien l'aigua dolça. Aquests espeleotemes caracteritzen la galeria en aquest tram. El sector de Gregal per aquesta zona té uns 15 m de fondària. A uns 100 m de distància s'arriba al Laminador, que constitueix l'única zona estreta, a 14 m de fondària, localitzada entre l'entrada de la cova de sa Gleda i les proximitats de l'avenc des Camp des Pou, llevat del Pas d'en Judes que és un esfondrament. El Laminador és un bon lloc de referència i es troba a uns 900 m des de l'entrada de la cova de sa Gleda. El seu fons pla, recobert de colada pavimentària, facilita el trànsit a través seu. Des d'aquí, el sector de Gregal presenta dos circuits successius que s'obrin primer al NW i després a l'E, i que confereixen, juntament amb les moltes petites galeries que s'acaben aturant, un aspecte laberíntic al sector. La galeria principal avança a una fondària compresa entre 11 i 14 m, similar a les que formen els circuits laterals. Als 1.150 m enllaça amb el sector Llunyà.

## SECTOR DEL FÈNIX

Ha estat una altra troballa important conseqüència de les tasques efectuades amb el darrer projecte d'estudi de la cavitat. És un nou sector important de la cova, que parteix d'uns 100 m passat el laminador del sector de Gregal, és a dir a uns 1.000 m de l'entrada de la cova. La seva direcció és SE al començament, per després passar a S i finalment acaba lleugerament SW. La distància lineal màxima, des del sector de Gregal a on comença, és d'uns 276 m, i la distància des del llac d'entrada fins a l'extrem del sector és de 1.276 m. La fondària del terra està comprés entre els 11 i 13 m. L'aspecte dels primers metres és d'una galeria baixa, sense espeleotemes i amb una abundant quantitat de sediment que recobreix per complet el terra de la galeria. L'acumulació de sediments adopta la forma de montícles d'entre 1 i 2 m que ofereixen un aspecte caòtic a l'àmbit. Les parets i el sostre estan afectats per la corrosió i l'ascensió de les bombolles provoca la caiguda d'un núvol de partícules. La galeria presenta poques bifurcacions i va prenent volum a mesura que s'avança, de forma que l'alçària i l'amplària es fan molt importants i superen àmpliament els 30 m. Es tracta de gairebé un únic àmbit que acaba en cul de sac. Els espeleotemes estan presents als costats de la galeria, especialment a la banda W. Les haloclines són molt marcades i afecten en gran mesura la visibilitat de tot el sector.

## SECTOR LLUNYÀ

Per raons pràctiques s'ha incorporat el darrer tram de l'antic sector de Gregal en aquest nou sector. És a on la cavitat ha canviat més de fisonomia per les importants continuacions trobades. Parteix del sector de Gregal, a 1.150 m, i enllaça fins a l'avenc des Camp des Pou situat a 1.715 m. El sector es pot definir com una sèrie d'àmplies galeries majoritàriament de direcció NE i 4 grans sales d'esfondrament que sobresurten del nivell freàtic i que ofereixen zones terrestres. Les sales aèries són de S a N, la sala dels Homes Vells, la sala del Tub, la sala dels Templers i l'avenc des Camp des Pou. La sala del Tub i la sala dels Templers es troben a molt poca distància entre elles i segurament pertanyen al mateix esfondrament. Algunes galeries convergeixen entre si a la galeria d'en Lluís Roca, a on s'assoleix un gran volum i un aspecte molt laberíntic, ja que hi ha moltes connexions. La profunditat mitjana de la galeria està compresa entre 9 i 14 m. La galeria d'en Lluís Roca avança en direcció S per emergir al costat E a la sala del Tub. Després segueix en direcció SE per remontar a la sala dels Homes Vells a 1.630 m. Un pas estret entre els blocs caiguts permet continuar fins a una galeria en cul de sac, d'uns 8 m de fondària, que finalitza a uns 1.700 m des del llac d'entrada. Si se segueix la galeria d'en Lluís Roca en direcció N, arranxa la galeria Això No És Vallgornera, d'uns 200 m lineals i d'uns 9 a 12 m de

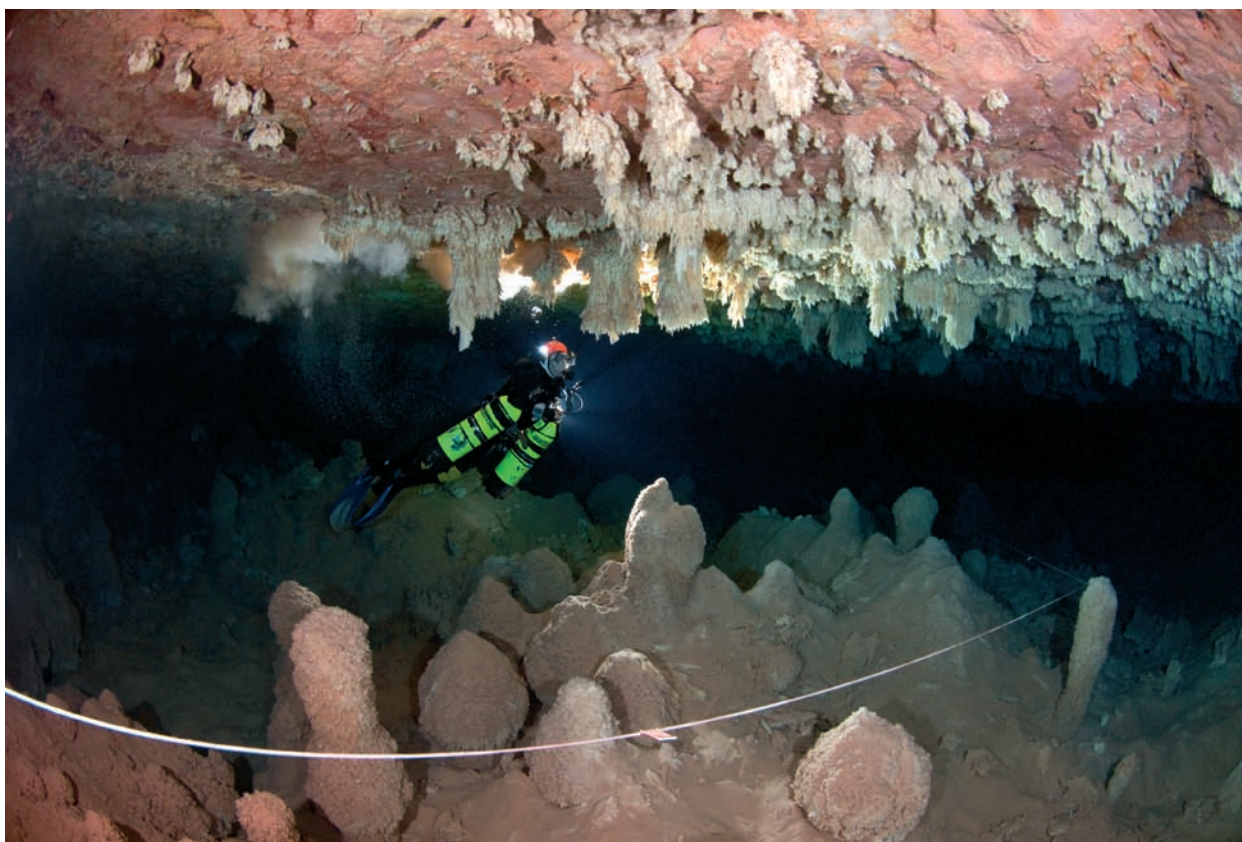


Figura 16: Galeria de les Plomes (sector de Gregal). Es tracta de paleonivells situats al sostre i al terra d'una galeria de clar control estructural estratigràfic (Foto A. Cirer).

Figure 16: Passage known as Galeria de les Plomes (Gregal sector). Its name is related to the presence of phreatic paleolevels, visible both at the ceiling and the floor of a bedding controlled gallery (Photo A. Cirer).



Figura 17: Avanç pel sector de Gregal (Foto A. Cirer).

Figure 17: Advancing through the Gregal sector (Photo A. Cirer).



Figura 18: Progressió a uns 1.100 m de l'entrada al sector de Gregal (Foto A. Cirer).

Figure 18: Exploring 1,100 m away from the entrance, at the Gregal sector (Photo A. Cirer).



Figura 19: Lateral del sector del Fènix. S'aprecia el gran volum de la galeria i la poca presència d'espeleotemes (Foto A. Cirer).

Figure 19: View of a lateral area at the Fènix sector. It is evident the great volume of the passage which is almost devoid of speleothems (Photo A. Cirer).

fondària. Als 189 m, al costat E, parteix la galeria que connecta amb l'avenc des Camp des Pou, a 1.715 m del llac de la cova de sa Gleda. La galeria Això No És Vallgornera té una galeria paral·lela més occidental que és la galeria dels Conglomerats, coneguda ja a la primera fase d'estudi de la cavitat. La fondària de tot el sector està comprès entre els 8 i 10 m generalment, llevat de zones molt puntuals. Aquest sector està encara en fase d'exploració i topografia.

### **Avenc des Camp des Pou**

Les recerques subaquàtiques han demostrat que es tracta d'un gran esfondrament que forma part de la mateixa cavitat que la cova de sa Gleda. A uns 10 m de l'entrada, en direcció E es localitza una depressió coberta de vegetació, especialment ullastres i mates, de diàmetre major que el que forma la pròpia entrada de la cavitat, que per molt poc no comunica directament amb la cova. La boca té unes dimensions d'uns 7 m d'amplària. L'avenc des Camp des Pou (TRIAS & MIR, 1977) és un rost de blocs, pedres i sediments, de 52 x 72 m, amb una alçària d'entre 1,3 i 4 m, encara que hi ha zones amb alçàries molt reduïdes, a on l'esfondrament està poc separat del sostre. El pis presenta un fort pendent, entre un 20° i 45°, encara que la zona més de cap a l'W, que ve directe de l'entrada, el pendent supera en alguns llocs els 70°. El costat E, per contra, és de menys inclinació. S'assoleix el nivell freàtic als 45,5 m de fondària,

en forma d'un petit llac, d'uns 2 a 3 m d'amplària i uns 12 m de longitud, a on es veu molt bé els blocs que es localitzen sota les aigües i que a pocs metres de fondària tanquen el pas. El llacs més interessants, són els que s'ubiquen a la part W, amagats pel mateix rost de blocs i terra. Per arribar-hi s'ha d'anar vorejant el costat del primer llac, uns metres per damunt de l'aigua, primer uns 15 m en ascensió, per després d'un pas estret, recórrer uns 11 m. En el primer llac, entre les làmines de calcita flotant, es veu una negror que es perllonga més enllà dels blocs que l'envolten. És a on l'avenc des Camp des Pou connecta amb les galeries horitzontals subaquàtiques de la cova de sa Gleda. Està envoltat al seu costat oposat a l'entrada per una franja de cristallització freàtica de color clar. Pareix increïble el poc que ha faltat perquè qualche bloc no hagi tancat per complet l'accés al segon llac. El llac, d'uns 1,5 m d'amplària, presenta una part vertical a on s'assoleix la zona no afectada per esfondraments a uns 10 m de fondària, entre blocs extremadament inestables.

Per raons òbvies, tot el pis són sediments, o bé grans blocs i pedres, o bé terra que entra per la boca arrossegada pel fort pendent. El sostre està recobert puntualment per taques de cianofícies d'un color groc intens que arriben fins al llac i que poden viure per l'entrada de llum i per la presència d'aigua. La zona W està gairebé desproveïda de recobriments litoquímics, llevats d'algunes petites estalactites al sostre molt localitzades. Els espeleotemes únicament es troben al sector E, a on el pendent és poc acusat; es tracta de co-

lades pavimentàries i estalagmites. Algunes columnes i colades pavimentàries es troben xapades i desplaçades per processos de sol·lifixió, el que demostra que l'esfondrament ha sofert reajustaments gravitatoris. Els sediments es troben en algun indret disposats en capes horitzontals, fet que fa pensar en fases de rebliment i posterior excavació (TRIAS & MIR, 1977). Aquestes observacions respecte dels sediments també reforcen la teoria de que hi hauria moments d'estabilitat del terra seguit d'èpoques de reajustament dels blocs del pis, en els quals es trencarien les espeleotemes i se separarien els sediments d'una de les parets, amb algunes fases de circulació hídrica que produiria l'excavació dels sediments acumulats. A les nostres visites durant el mes d'agost vàrem poder contrastar que el pis es trobava molt humit i llenegadís. Com a curiositat i per documentar que aquest tipus d'entrades actuen com a trampa de la fauna, vam localitzar i recuperar una tortuga viva a pocs metres del llac, que degué caure i rodolar fins gairebé el fons de la zona terrestre i que era incapaç de tornar a pujar el rost.

És interessant comentar aquí l'afirmació de DARDER (1930): "Esta sima ofrece la particularidad de que en su fondo corre un rio de agua perfectamente dulce", efectivament s'ha pogut constatar la presència de corrents de l'aigua dels llacs, però cal aclarir que no es tracta de cap riu ni d'aigua perfectament dolça.

En aquests tipus de cavitats l'aigua superficial és la que presenta menys salinitat i a l'avenc des Camp des Pou la gran distància a la mar fa més marcat aquest factor.

## L'estructura de la cavitat

### SUPERPOSICIÓ DE LA CAVITAT RESPECTE DE LA SUPERFÍCIE

La distància lineal del sistema Gleda-Camp des Pou a la mar és de 1.700 m. La cavitat es desenvolupa en general paral·lela a la línia de costa i la distància lineal entre els extrems més allunyats de l'aparell endocàrstic és de 1.332 m. La separació de la cavitat respecte del sistema Pirata-Pont-Piqueta és de 883 m, en direcció NE. Concretament entre l'avenc des Camp des Pou i la cova de sa Piqueta, que són els llocs més propers d'ambdós sistemes. Per altra banda la cova de Cala Varques B, situada al E-NE, només dista 850 m de la continuació subaquàtica que hi ha passada la sala dels Homes Vells del sistema Gleda-Camp des Pou. Mereix especial atenció que la distància que separa les coves del Pirata de les properes cova des Moro i cova de Cala Falcó és de menys de 200 m. Les cavitats esmentades són també sales d'esfondrament, segurament capturades per la mar en retrocedir els penya-segats litorals (GRÀCIA *et al.*, 2006a). Nosaltres pensam que el sistema Gleda-Camp des Pou i el sistema Pirata-Pont-Piqueta, així com la cova des Moro i la cova de Cala Falcó tenien una antiga connexió i que col·lapses actualment infranquejables, barren el pas entre elles, fet similar al que passa en relació a la cova des Xots, on s'aprecia una gran dolina al lloc ensorrat (GRÀCIA *et al.*, 2006a).



Figura 20: Galeria d'en Lluís Roca (sector Llunyà), a uns 1.400 m de l'entrada (Foto A. Cirer).

Figure 20: Passage known as Galeria d'en Lluís Roca (Llunyà sector), located 1,400 m away from the entrance (Photo A. Cirer).

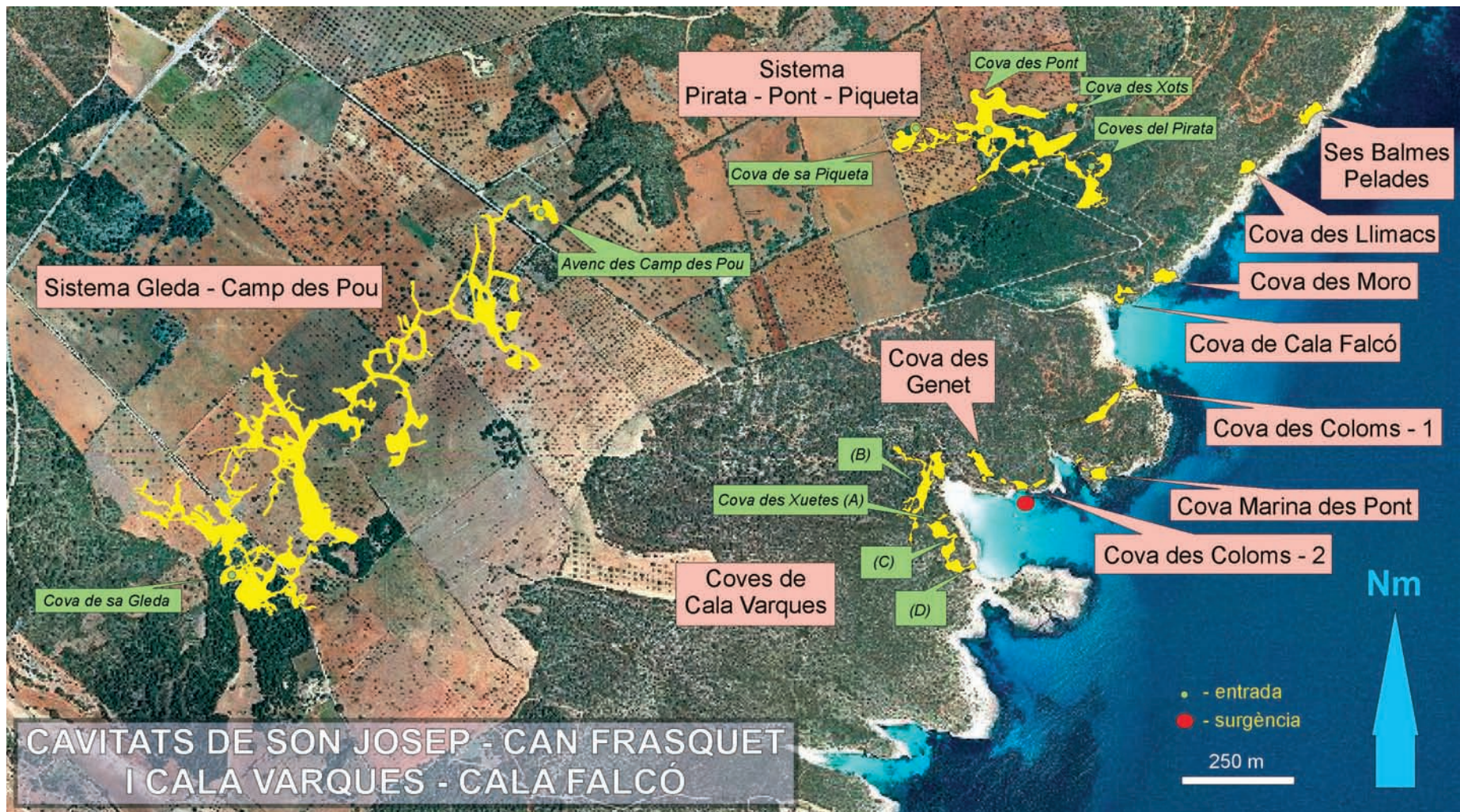


Figura 21: Fotografia aèria de la zona de Son Josep, Can Frasquet, Cala Varques i Cala Falcó, amb la planta del sistema Gleda-Camp des Pou i de les altres cavitats de la zona superposada.

Figure 21: Aerial photograph of the Son Josep, Can Frasquet, Cala Varques and Cala Falcó area, showing the plan survey of the Gleda-Camp des Pou system together with other neighbour caves.



Figura 22: L'Esfondrament (sector de Gregal). Els esfondraments són una de les morfologies que més caracteritzen àmplies zones de la cavitat (Foto A. Cirer).

Figure 22: Place named L'Esfondrament (Gregal sector). The collapses or breakdown piles are very characteristic morphologies in extensive sectors of the cave (Photo A. Cirer).

Si aquesta suposició fos certa, l'antic gran sistema de coves presentaria una clara orientació de drenatge cap a la mar i coincidiria amb el traçat d'altres importants cavitats del llevant mallorquí. És el cas de la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003a, 2003b) a la marina de Manacor; cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 1997, 2005), cova dets Ases (GRÀCIA *et al.*, 1997), cova d'en Bassol i cova de Cala Mitjana (GRÀCIA *et al.*, 1998a) a les marines de Felanitx, i la cova des Drac de Cala Santanyi (GRÀCIA *et al.*, 1998b).

La superfície exterior de la plataforma miocènica on es localitza el sistema de cavitats està a una alçària respecte al nivell de la mar de 45,5 m a on s'obre l'entrada a l'avenc des Camp de Pou i 35,5 m a prop de la boca de la cova de sa Gleda. La potència de roca existent per damunt les galeries i sales del sistema està compresa entre 33 m a la sala Francesc Ripoll (sector Clàssic), 53 m a la galeria Cinc-cents (sector Cinc-cents), 55 m a les galeries de les Haloclines (sector de Ponent), 58 m al sector de Gregal i 63 m al sector de la Unió. Al sistema Pirata-Pont-Piqueta, més proper a la mar, les potències de roca són molt menors, com per exemple els 25 m del Ilac Ras, els 16-18 m a la galeria Myotis i fins i tot els 10 m a la galeria des Terrat. Pensam que aquesta important diferència de gruix de roca en comparació amb el sistema Gleda-Camp de Pou ha fet que s'hagin obert més connexions amb la superfície al sistema Pirata-Pont-Piqueta. De fet, amb 3.091 m, el sistema Pirata-Pont-Piqueta presenta 3 entrades, en comparació de les 2 entrades actuals i 2 antigues entrades

impracticables (Cambra dels Moros i Sala de les Còniques al sector Cinc-cents) del sistema Gleda-Camp des Pou, amb 13.500 m de recorregut. Així, importants sales aèries d'esfondrament de la cavitat, com són la sala dels Dos Llacs (sector de Ponent), la sala del Cendrar (sector Clàssic), la sala dels Homes Vells, la sala dels Templers i la sala del Tub (sector Llunyà), no arriben a connectar amb l'exterior. En el cas de que la potència de roca fos la que presenta el sistema Pirata-Pont-Piqueta, alguna d'aquestes sales d'esfondrament podrien haver connectat amb l'exterior i convertir-se en altres accessos als buits interiors.

## LES SALES D'ESFONDRAMENT I ELS CONDICIONANTS LITOLÒGICS

El condicionant litològic de les grans sales i galeries voluminoses és determinant i corresponen en general a la fàcies d'escull del Miocè superior; fàcies molt porosa i permeable i que dona lloc a grans volums en dissoldre's, preferentment també afavorida per les mineralogies aragonítiques dels coralls. Les fàcies que pertanyen al nucli de l'escull, ja sigui a la cresta com a la paret progradant, presenten fàcies de front escullós i formen cossos massius de potència variable. Aquest fet li confereix una especial predisposició a l'espeleogènesi càrstica en raó de la seva elevada permeabilitat (FORNÓS & GELABERT, 1995) i, en la mateixa línia, afavoreix la posterior evolució morfològica de l'endocarst mitjançant successius pro-

cessos de col·lapse i dissolució dels materials resultants (GINÉS, 2000; GINÉS & GINÉS, 1992; GINÉS, 2000; GINÉS *et al.*, 2008).

Sembla que gran part de les galeries i sales voluminoses del sistema Gleda-Camp des Pou s'han generat aprofitant aquest tipus de litologia que determina la presència de grans buits al massís calcari. Aquests grans buits condicionen la major facilitat d'esfondrament de part de les galeries i sales i el creixement remuntant de la cavitat. En aquests casos es troben sales actualment en condicions vadoses que no són més que la part més culminant dels esfondraments, que parteixen de les zones sota les aigües. Les sales d'esfondrament són una característica molt notòria de la cavitat i determina una bona part de l'aspecte actual de moltes sales i galeries que es troben sota les aigües, com també de la totalitat de les sales vadoses (GRÀCIA *et al.*, 2007; GINÉS *et al.*, 2008). Aquestes sales d'esfondrament que han format sales actualment aèries a la cova són: la sala del Tub, la sala dels Templers i la sala dels Homes Vells, l'avenc des Camp des Pou (al sector Llunyà); la cambra dels Moros i la galeria de les Còniques (al sector Cinc-cents); la sala dels Dos Llacs (al sector de Ponent), la sala d'Entrada, la cambra aèria central de la sala Francesc Ripoll i la sala del Cendrar (al sector Clàssic). És a dir, 10 sales aèries repartides de forma desigual als extrems del sistema càrstic: per una banda 6 dels esfondraments que actualment es troben en condicions vadoses es troben a la part més occidental de la cavitat (la cambra dels Mo-

ros, la galeria de les Còniques, la sala dels Dos Llacs, la sala d'Entrada, la cambra aèria central de la sala Francesc Ripoll i la sala del Cendrar) i els altres 4 a la part més oriental (la sala dels Homes Vells, la sala del Tub, la sala dels Templers i l'avenc des Camp des Pou). Per la seva situació a la cavitat sembla possible que alguns d'aquests esfondraments tanquin possibles continuacions. Això és especialment evident en el casos de la pròpia sala d'Entrada de cap a ponent; la sala del Cendrar i la sala de les Còniques, de cap a Migjorn; i la sala del Tub, la sala dels Templers i l'avenc des Camp des Pou de cap a Llevant. Curiosament, els límits de la cavitat cap al N no es veuen aturats per les esbaldregades de blocs i pedres que obstrueixen el pas, sinó per galeries que es fan de cada cop més estretes fins fer-se impracticables o bé per galeries que s'aturen en sec en cul de sac. També és molt interessant el fet de que al N del sistema és on les galeries tenen un component més estructural de tipus tectònic. Aquest fet és especialment evident als extrems més septentrionals de les galeries de les Haloclines (sector de Ponent), galeries del sector de la Unió i tot el sector de Gregal i sector Llunyà.

Les litofàcies corresponents als subambients del complex escullós, que corresponen al *lagoon* (amb materials més fins i uniformes), en les seves parts més externes o obertes i les més internes o restringides determinen un altre tipus de galeries, de menys volum i més lineals. Aquestes fàcies de *lagoon extern* presenten baixa porositat primària però assoleixen una elevada permeabilitat



Figura 23: La presència de 10 sales aèries repartides pel sistema es deu a sales d'esfondrament que sobresurten per damunt del nivell freàtic actual. Sala dels Dos Llacs (sector de Ponent) (Foto A. Cirer).

Figure 23: The presence of 10 air-filled chambers distributed all along the cave system is related to breakdown domes rising above the present-day phreatic level. Sala dels Dos Llacs (Ponent sector) (Photo A. Cirer).





Figura 24: Fenòmens de reajustament gravitacional a l'avenc des Camp des Pou que produeixen esquerdes a les colades estalagmítics i trencament de columnes (Foto A. Cirer).

Figure 24: Gravitational adjustment phenomena in Avenc des Camp des Pou, which originated cracks affecting the flowstones as well as some broken columns (Photo A. Cirer).

mitjançant la fracturació (GINÉS *et al.*, 2008). Sembla, per les mostres estudiades del sector de Ponent, que les galeries de les Haloclines corresponen a aquesta litologia. En aquest cas la roca és més massiva i dura i fins i tot alguns aspectes de la corrosió que han sofert han quedat molt ben marcats a les galeries, com són les regates de corrosió que han afectat a parets i espeleotemes.

Al sector de Gregal i al sector Llunyà, un fet morfològicament destacat és la presència en situació vertical de zones de roca mare massiva i compacta i, més al sostre, de roca formada per l'acumulació de clasts cimentats de mides molt diverses. Aquests clasts, en ocasions semblen còdols de menys de 1 cm de diàmetre i a altres llocs superen els 20 cm.

### LES FORMACIONS PRIMÀRIES O DE CORROSIÓ

Encara falta fer un estudi detallat de les morfologies de corrosió dels nous sectors explorats. El condicionant estructural tectònic és ben evident a la galeria Vertical (sector Llunyà), encara que és més bé una excepció que confirma la regla. La major part de condicionants estructurals són de tipus estratigràfic, com és el cas del començament de les galeries del sector de la Unió, a la part més propera al sector Cinc-cents i també la sala dels Paleonivells i alguns laminadors que es troben al mateix sector. Alguns trams de galeries del sector de Ponent, especialment a les galeries de les Haloclines, també presenten aquestes peculiaritats. Un sostre completa-

ment pla i la galeria que, en secció, té forma rectangular és una característica molt definitiva. Com s'ha explicat abans, el condicionant litològic és el més habitual a la cavitat, fet que determina la presència de voluminoses galeries i sales. Encara que morfologies de corrosió es troben repartides per tot arreu, el sector Llunyà és a on es troben interessants formacions primàries, com són envans, penjants i pinacles.

### LES FORMACIONS SECUNDÀRIES O ESPELEOTEMES

Els espeleotemes al sector de la Unió són molt abundants i estan presents gairebé per tot arreu. Els més abundants són els de degoteig (estalactites, estalagmites, columnes i massissos estalagmítics) i els espeleotemes de flux (colades pavimentàries i parietals). Els espeleotemes d'origen subaquàtic, concretament els freàtics, són especialment abundants a redols del sector de la Unió, especialment a les zones més properes al sector Cinc-cents. Aquests espeleotemes formen al sostre de les galeries de control estructural estratigràfic una decoració excepcional, a partir d'estalactites que s'han recobert de cristalls precipitats en el seu moment en condicions epifreàtiques. A la sala dels Paleonivells (prop del sector de Ponent) formen recobriments cristal·lins a partir d'estalagmites.

Al sector de Gregal els espeleotemes freàtics caracteritzen amb diferència la galeria de les Plomes, en

forma de recobriments al sostre i al terra sobre estalactites i estalagmites. Els espeleotemes freàtics presents al sostre donen nom a la galeria, ja que semblen talment plomes esfilagarsades, a partir d'estalactites fistuloses. Al terra tenen aspecte molt més massiu i són de mides considerables, de fins a 1,5 m d'alçària del terra. En alguns trams, els espeleotemes subaquàtics vadousos, cas dels gours, són molt abundants, és el cas de la sala



Figura 25: A només 10 m de l'entrada de l'avenc des Camp des Pou es localitza aquest esfondrament a la superfície del terreny ocupat per vegetació i que per molt poc no comunica directament amb la cavitat situada al davall (Foto M. A. Amezcua).

*Figure 25: Very close to the Avenc des Camp des Pou entrance (less than 10 m away) a collapse sink-hole full of vegetation is observed on the surface, but without direct connection with the cave below (Photo M. A. Amezcua).*

que es troba passat l'Esfondrament en direcció S (sector de Gregal) i dels grans gours que es localitzen passat l'Esfondrament i la sala decorada mencionada abans. Diverses repeses de gours, de devers 0,6 i 1 m d'alçària se succeeixen de camí cap al Laminador. La part més distant del sector de Gregal i gairebé tot el sector Llunyà són molt pobres en la presència d'espeleotemes de tot tipus. Únicament zones molt puntuals presenten formacions secundàries destacades.

El sector del Fènix segueix la mateixa pauta de pobresa d'espeleotemes, llevat d'alguns casos concrets, en forma d'estalactites i estalagmites de bona mida.

## Fauna anquihalina

### HÀBITATS ANQUIHALINS

Utilitzarem aquí el terme coves anquihalines, en el sentit en què ha estat redefinit per SKET (1986), com a la fauna que habita "qualsevol tipus d'aigua dins roques costaneres caracteritzades per una considerable macroporositat i per la influència de la mar". Es tracta de les cavitats d'aigua salabrosa o totalment marina, coves costaneres per tant, però sense tenir necessàriament una connexió directa amb la mar oberta (GINÉS, 2002). Algunes d'aquestes coves, com és el cas del sistema Gleda-Camp des Pou, s'endinsen quilòmetres terra endins. El terme anquihalí deriva del grec *anchialos*, que



Figura 26: Galeria estructural estratigràfica del sector de la Unió (Foto A. Cirer).

*Figure 26: Bedding-plane controlled passage at the Unió sector (Photo A. Cirer).*

significa precisament "proper al mar". Aquests hàbitats són foscs, i hi ha la impossibilitat absoluta que cap alga hi realitzi la fotosíntesi, llevat dels llacs d'entrada d'alguna cavitat a on entra la llum, com és el cas de la cova que ens ocupa en aquest treball.

Les Balears, i concretament Mallorca presenta una gran riquesa d'aquests ambients anquihalins i de fauna estigobionta, de fet es localitzen la coves submergides anquihalines més grans conegudes en tot el continent europeu: el sistema Gleda-Camp des Pou i la cova des Pas de Vallgornera. A més a més de moltes altres cavitats litorals que constitueixen també hàbitats anquihalins extraordinaris. A JAUME & GRÀCIA (2006) se citaven 57 estacions anquihalines a les Balears (61 si es consideren per separat els sistemes formats per diverses coves). Les dimensions de les parts submergides oscil·larien entre els més de 10 km de la cova de sa Gleda fins a coves a les quals amb prou feines trobam basses de pocs centímetres de fondària. A ARNAU *et al.* (2008) s'incrementen en dues estacions més: la cova de na Megarè i la cova des Màrmol a Ciutadella de Menorca. A GRÀCIA *et al.* (2010) es podria afegir la cova des Coloms de Cala Varques o cova des Coloms 2. Per la qual cosa actualment el nombre d'estacions anquihalines seria de 59, ja que s'ha unificat la cova de sa Gleda i l'avenc des Camp des Pou en una única estació (sistema Gleda-Camp des Pou). El seu nombre seria 64 si es consideren per separat els sistemes formats per diverses entrades. Les darreres legislacions consideren aquests hàbitats com a zones humides i consten del mateix grau de protecció.

L'estabilitat ambiental, l'obscuritat permanent i l'oligotrófia són característiques d'aquestes coves, la qual cosa ha servit per establir paral·lelismes entre aquests ambients i els corresponents a les grans profunditats marines. Les condicions ambientals són d'una gran influència marina, manifesta per la composició iònica majoritària de l'aigua, amb preponderància del clorur i el sodi, i també en les oscil·lacions de la massa d'aigua

de les cavitats, d'acord amb les oscil·lacions del mar exterior, tot i que més apaivagades. No obstant això, i per aquest motiu es consideren anquihalines, aquestes coves i les masses d'aigua que contenen generalment sols poden rebre aigua de mar per infiltració a través de la roca. En el cas de coves amb connexió directa amb la mar, les aportacions d'aigua per infiltració pel sostre de la cavitat o per aports puntuals d'aigua dolça diferencien les coves submarines ordinàries de les coves litorals com a hàbitats anquihalins. Els casos concrets de la cova des Coll i la cova des Drac de Cala Santanyí en serien bons exemples de cavitats amb accés més o menys directe a la mar, ben diferenciats de les coves submarines.

A les cavitats s'estableix una columna d'aigua permanentment estratificada. Per tant, a la part superior, on la influència de les aportacions d'aigua dolça és més forta, es formarà una massa d'aigua més dolça. Per davall se situa una massa d'aigua més densa i salada. Ambdues estan separades per l'anomenada haloclina. Al sistema Gleda-Camp des Pou es presenta un perfil estratificat, que té fins a 5 capes de diferent salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2007). 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 picnoclines (4 molt clares al perfil hídric).

En referència a l'aport de matèria orgànica, aquests indrets poden presentar quatre fonts distintes: matèria orgànica que prové dels sòls exteriors i que s'infiltra, arrels d'arbres que guaiten pel sostre de les galeries, restes d'algues fotosintetitzadores si la cova té entrades il·luminades i una població bacteriana quimiolitotròfica. De vegades la degradació bacteriana de detritus a les capes més inferiors pot donar lloc a situacions d'anòxia, a més de producció de composts altament tòxics, la qual cosa converteix la fauna que habita aquests indrets en altament especialitzada per fer front a aquests reptes.



Figura 27: Penjant del sector de la Unió (Foto A. Cirer).

Figure 27: Rock projection hanging from the ceiling in the Unió sector (Photo A. Cirer).



Figura 28: Al sector de Gregal i al sector Llunyà, un fet morfològicament destacat és la presència de zones de roca mare massiva i compacta i, més al sostre, de roca formada per l'acumulació de clasts cimentats de mides molt diverses (Foto A. Cirer).

Figure 28: At the Gregal and Llunyà sectors, an outstanding morphological feature consists in the presence of massive limestone rock surfaces with overlying beds formed by the accumulation of heterometric cemented clasts (Photo A. Cirer).

Les illes Balears, Sardenya, les illes Canàries, el sud de França, el llevant i sud ibèric, l'Adriàtic nord, el Yucatán (Mèxic), la República Dominicana, les Bahames, les Bermudes, Nova Caledònia, Austràlia, les illes Kiu, les Filipines, etc., són alguns dels indrets on és comuna la presència de coves anquihalines.

Aquest petit univers fosc habitat per criatures apigmentades i cegues, apareix confinat a les latituds tropicals i subtropicals. En aquest cas, les localitats de l'Adriàtic nord són les més septentrionals i les de Nova Caledònia les més meridionals. A més a més, si hi ha alguna característica comuna quant a la fauna, és l'elevat nombre d'endemismes que es registren en aquests ambients. En la majoria dels casos, una espècie viu només en un sistema de coves o en una sola cova. L'estabilitat d'aquests ambients afavoreix els processos d'especiació, però la causa principal potser és l'aïllament de les poblacions troglòbies, situades en un marge tèrmic vital molt estret. Una característica encara més sorprenent dels ambients anquihalins és que els investigadors es troben amb espècies o gèneres vicariants, és a dir, espècies que tenen un ascendent comú i que en l'actualitat ocupen els mateixos nínxols ecològics però en llocs diferents, en aquest cas, en coves allunyades les unes de les altres per milers i milers de quilòmetres, separades per barreres infranquejables (oceans, continents). L'explicació per a aquesta distribució tan disjunta de tàxons filogenèticament tan emparentats es troba en l'anomenada vicariança per deriva continental:

els continents es mouen, han canviat de forma i composició al llarg de la història del planeta; es poden considerar en realitat com a illes flotants i en la seva deriva s'emporten la flora i la fauna. Dit d'una altra manera, la vicariança és un procés mitjançant el qual una espècie queda dividida en subpoblacions aïllades. Es posa en funcionament un procés d'especiació entre tàxons molt semblants que mai més coexistiran en un mateix territori. Això ens condueix a una de les hipòtesis més plausibles sobre l'origen de la fauna de les coves anquihalines. Pensem que fa milions d'anys una espècie ancestral presenta una àmplia distribució, i entre els seus membres es produeix intercanvi de gens sense que cap barrera ho impedeixi. Imaginem ara que molt lentament la distància entre les diferents poblacions d'aquesta espècie augmenti, s'hi estableixin barreres: parlem de milions d'anys, en els quals el moviment de les plaques continentals canvia la forma de l'escorça terrestre. En aquest procés, cada una de les poblacions queda "aïllada", i la principal conseqüència és que no es pot donar l'intercanvi genètic entre elles. La pregunta immediata és: quan formaven poblacions no aïllades aquestes espècies vicariants de les coves anquihalines que trobam en llocs tan allunyats com ara les Balears, les Bahames, i Austràlia? Quins eren els seus antecedents i quan començà el procés de deriva i especiació?

L'estranya distribució de les espècies vicariants termòfiles en coves tan allunyades entre si pren sentit si traslladam la seva distribució actual sobre un mapa de

paleolíniees de costa de fa cent milions d'anys, és a dir, sobre les costes de la primigènia mar de Tethys. Aleshores es comprova com totes les localitats on s'han trobat les espècies objecte de l'estudi se situen a les aigües somes de la mar de Tethys, una mar circumtropical avui extinta que s'estenia per l'Equador entre 120 i 20 milions d'anys enrere. Es tracta, per tant, dels exponents d'una fauna relict, típica d'aigües tropicals i somes. La primera conseqüència que se n'extreu és que aquestes espècies són molt "antigues", i en molts casos els representants més primitius dels seus grups corresponents podríem anomenar-los potser com a vertaders "fòssils vivents", la qual cosa és de gran importància de cara a reconstruir la filogènia de molts d'aquests grups. És el cas dels copèpodes i ordres sencers de crustacis que tenen en aquest tipus d'ambient els seus representants més antics. La hipòtesi més plausible indica que les espècies arrecerades ara als estrats inferiors de les coves anquihalines, on la temperatura és relativament alta i constant, tenien els seus antecedents a les aigües somes d'aquella primitiva mar de Tethys, que s'estenia com un cinturó tropical per tot el planeta. La mar Mediterrània ha mantingut una biota marina tropical fins al Pliocè, i d'aleshores ençà ha patit tot un seguit d'oscil·lacions climàtiques associades als cicles glacials que han portat a l'extinció la major part d'aquesta biota d'aigües càlides. La fauna marina termòfila present als estrats inferiors de les coves mediterrànies va trobar recer dels episodis freds en aquestes aigües estables i homeotermes.

Per descomptat, un dels principals objectius dels projectes del GNM és abordar de forma sistemàtica l'estudi

d'aquesta fauna a les cavitats estudiades i descriure i topografiar tots i cada un dels sistemes de coves localitzats. La concessió de diversos projectes d'estudi de *Conservació de la Biodiversitat per part de l'Obra Social de Sa Nostra* al GNM ha suposat un important impuls a l'increment de les recerques. S'han prospectat zones de les cavitats molt allunyades dels llacs d'entrada i a les màximes fondàries, llocs inabastables pels mitjans clàssics de prospecció dels llacs hipogeus.

El poblament l'integren animals marins, o d'origen directament marí –cas dels habitants de les capes d'aigua més salada–, que en molts casos representen relíquies de llinatges evolutius primigenis, ja desapareguts o extremadament rars a l'actualitat. Aquesta gran notorietat faunística, juntament amb la distribució extremadament restringida i aïllada que mostren aquests animals –alguns es coneixen en un únic sistema de coves d'una única illa–, els fa molt vulnerables a tot tipus de perturbacions ambientals, siguin antròpiques o naturals. En aquest sentit cal indicar que els nivells insostenibles de desenvolupament en la franja costanera del nostre litoral estan amenaçant la supervivència d'aquest tipus de caveres tan peculiars.

#### ELS AMBIENTS ANQUIHALINS: VISIÓ HISTÒRICA I ACTUAL

Fa poc més d'un segle (durant el mes de juliol de 1904) el naturalista romanès Emil G. Racovitza, en el decurs d'una expedició oceanogràfica francesa en la



Figura 29: Estalagmites recobertes de precipitats freàtics a la galeria dels Paleonivells (sector de la Unió) (Foto A. Cirer).

Figure 29: Stalagmites covered with phreatic precipitates in the passage known as Galeria dels Paleonivells (Unió sector) (Photo A. Cirer).



Figura 30: Zona de columnes al sector de la Unió (Foto A. Cirer).

Figure 30: Zone with columns at the Unió sector (Photo A. Cirer).

qual el vaixell Roland visitava Mallorca, va tenir l'ocasió de dedicar tres dies a l'exploració de les coves del Drac (Manacor). Acompanyat del professor George Pruvôt i del naturalista mallorquí Fernando Moragues, propietari de la cova, Racovitza va fer una prospecció zoològica que li va permetre descobrir diversos crustacis, insectes, miriàpodes i aràcnids. El 26 d'abril de 1905 un equip oceanogràfic va tornar a Mallorca i, sota la presidència del biòleg aragonès Odón de Buen, es va celebrar una sessió extraordinària de la Société Zoologique de France a la seu de l'Institut Balear. En aquella sessió Emil G. Racovitza va presentar la descripció d'una nova espècie de crustaci isòpode, el troglobi *Typhlocirolana moraguesi*, que havia capturat l'any anterior als llacs de les coves del Drac (RACOVITZA, 1905). Avui es considera que la troballa d'aquest estigobi (troglobi aquàtic) constitueix el punt d'inflexió dels interessos científics de Racovitza cap a l'estudi de la fauna cavernícola. El seu "*Essai sur les problèmes biospéologiques*", publicat pocs anys després (RACOVITZA, 1907), és encara reconegut com un dels documents principals de la bioespeleologia moderna. L'estudi de les coves anquihalines es pot dir que inicià la ciència que hom ha anomenat bioespeleologia.

Durant molt de temps els llacs de les coves costaneres de les Illes Balears varen romandre sense prospeccionar fins a la campanya bioespeleològica francesa de 1960 a Menorca que va permetre l'estudi d'alguns crustacis de la cova de s'Aigo. Així, a finals de la dècada dels 60 només es coneixien tres espècies de crustacis aquàtics (*Typhlocirolana moraguesi*, *Metacrangonyx longipes* i *Salentinella angelieri*) i només es disposava

de dades faunístiques dels llacs salabrosos de quatre coves de Mallorca i Menorca (coves del Drac, coves dels Hams, cova de sa Sínia i cova de s'Aigo de Ciutadella). Les campanyes de la Mission Biospéologique C. Dragan els anys 1970 i 1971 varen afegir algunes noves dades carcinològiques, així com el descobriment de *Bogidiella balearica*.

L'important desenvolupament de l'espeleologia mallorquina a la dècada següent va permetre millorar molt el coneixement biogeogràfic i ecològic d'aquests ambients cavernícoles, tan ben representats a les Balears, tot i ampliant les recerques a trenta cavitats (GINÉS & GINÉS, 1977) i descrivint les característiques físiques i ecològiques dels llacs. Es varen obtenir perfils verticals de salinitat i es va introduir el concepte de llac glacio-eustàtic per tal d'explicar l'origen d'aquestes masses d'aigua hipogees des d'un punt de vista geomorfològic.

El següent salt qualitatiu en el coneixement de la fauna aquàtica de les coves costaneres de les Illes Balears es pot fixar en els avenços taxonòmics que portaran a terme durant la dècada dels 90 dos zoòlegs illencs: Damià Jaume i Joan Lluís Pretus. Aquest renovat interès per la taxonomia dels crustacis aquàtics balears té un destacable precedent en la redescrípció de *Bogidiella balearica* realitzada per STOCK & ILIFFE (1987), dos dels més prestigiosos especialistes en fauna anquihalina. Els darrers temps han estat particularment rics en descobriments, sobretot a partir de dos treballs que inicien una trajectòria que ha permès ampliar molt els coneixements existents (PRETUS & STOCK, 1990 i JAUME, 1993). La descripció de nombroses espècies endèmiques, in-

cloent-hi organismes talassoestigobis (troglolis aquàtics marins), ha experimentat un espectacular creixement —més d'una vintena de noves espècies— des de la descripció de *Psammogammarus burri*, una de les primeres troballes que es varen començar a efectuar a les aigües subterrànies del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera (JAUME & GARCIA, 1992 i JAUME, 1993).

Les convocatòries d'ajuts per a projectes de *Conservació de la Biodiversitat de l'Obra Social de "SA NOSTRA"*, que s'han atorgat al Grup Nord de Mallorca d'ençà de 2001 i que s'han prolongat al llarg de tota una sèrie d'anys, han suposat el veritable motor de les recerques efectuades pels espeleòlegs escafandristes amb la col·laboració taxonòmica del Dr. Damià Jaume. D'aquesta manera s'han prospectat no només els llacs de les cavitats, sinó també les galeries sotaiguades fins a fondàries superiors als 30 m i a distàncies quilomètriques de les entrades. La principal aportació ha estat la d'explorar i fer la topografia d'aquests hàbitats. També s'han fet els estudis morfològics i sedimentològics de les cavitats, així com la realització de perfils hídrics des de la superfície dels llacs fins als llocs més pregons de les columnes d'aigua. S'han localitzat i explorat més de 40 km de galeries sotaiguades d'ençà de 1994 que han fet canviar l'apreciació que es tenia de les coves litorals de Mallorca i les situen com a referent a nivell mundial. Les aportacions efectuades pel GNM al llarg d'aquests anys de prospeccions i d'estudi de les cavitats han permès descobrir 1 gènere nou i 3 espècies noves. *Racovella birramea* de la cova des Coll (JAUME *et al.*, 2007); *Bermudacaris* sp. de la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003b; JAUME & GRÀCIA, 2006); *Stephos vivesi* de la cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 2005; JAUME *et al.*, 2008), així com la localització d'abundants noves cites, entre les quals s'ha de destacar *Stephos margalefi*, de la que exemplars capturats per nosaltres vam permetre descriure de nou l'espècie (cova de la Catedral, Capdepera, cova des Coll i cova Genovesa). La prospecció sistemàtica d'aquests ambients ha permès veure la diferent localització d'aquesta fauna en funció de les cavitats i les característiques pròpies de cadascuna. A GRÀCIA *et al.* (2003b) i GRÀCIA *et al.* (2005) s'estudia la distribució de les espècies de crustacis i de fauna sèssil al llarg de les coves i en funció de la profunditat. La distribució de la fauna en funció de la distància a la mar es veu a GRÀCIA *et al.* (2005). A GRÀCIA *et al.* (2003b) es tracta de l'efecte d'alteració de la distribució de la fauna carcinològica a causa de la contaminació per un pou negre. Un recull de les cavitats com a hàbitats anquihalins de les Balears i del llistat de les espècies estigobionts es va publicar a JAUME & GRÀCIA (2006) a on es fa referència també a alguns aspectes destacats de les cavitats i una avaluació de l'estat de conservació. A GRÀCIA *et al.* (2009) destaca des del punt de vista faunístic la pobresa de fauna anquihalina de la cova des Pas de Vallgornera, a on únicament s'han pogut localitzar 3 espècies a una cavitat que constitueix un hàbitat anquihalí amb un recorregut subaquàtic similar a la cova de sa Gleda. És notori remarcar que mentre al sistema Gleda-Camp des Pou són 12 les espècies de crustacis citats, a la cova des Pas de Vallgornera només s'han citat 3 espècies malgrat emprar la mateixa metodologia de captures faunístiques.

Actualment el panorama disponible sobre els organismes aquàtics, especialment crustacis, de les coves costaneres de les Illes Balears és prou satisfactori, si bé encara ens oferirà, probablement, algunes sorpreses força interessants.

Segons GINÉS (2002) sens dubte és necessari documentar millor els aspectes ecològics dels llacs on s'està mostrejant la fauna aquàtica, ja que malgrat els cavernícoles de la cova de na Mitjana, de la cova de na Barxa, de les coves del Drac o de la cova des Moro de Sa Dragonera habiten ambients anquihalins, les seves característiques ecològiques són remarcablement diferents. Amb les feines efectuades pel GNM es veu que dins els ambients anquihalins es produeixen marcades diferències. Cavitats com la cova des Coll, que presenta un important hidrodinamisme contrasten amb coves com el sistema Gleda-Camp des Pou, amb aigües típicament estàtiques. A més a més, l'entrada d'aliment marí que suposa l'hidrodinamisme representa una important font d'alimentació pels organismes anquihalins en comparació amb les zones llunyanes a les entrades del sistema Gleda-Camp des Pou que constitueix un autèntic desert de crustacis, amb una baixíssima densitat poblacional, llevat de l'entrada a on l'aport d'aliment és molt important.

L'entrada de matèria orgànica al sistema Gleda-Camp des Pou es fa en forma d'excrements de coloms, abundants a la sala d'entrada, aigües del torrent en entrar-hi arrossegant matèria orgànica, i la caiguda de restes vegetals de la comunitat de figueres i del pinar situat a l'exterior. Altres entrades, avui dia impracticables per a l'home, suposen entrades suplementàries de matèria orgànica, com és el cas de la Cambra dels Moros i la galeria de les Còniques al sector Cinc-cents i de l'avenc des Camp des Pou al sector Llunyà.

## FAUNA AQUÀTICA CITADA A LA CAVITAT

### Phylum CRUSTACEA

#### Classe MAXILLOPODA

#### Ordre CALANOIDA G.O. Sars, 1903

#### Família Arietellidae G.O. Sars, 1902

#### *Paramisophria cf. ammophila* Fosshagen, 1968

Aquesta espècie, pròpia del suprabentos marí de les illes Bahames, a l'Atlàntic tropical, ha estat citada a una cova submarina de Menorca i posteriorment a nombroses cavitats del litoral SE de Mallorca i Cabrera. Un únic exemplar assignable a aquest taxó ha estat capturat a les capes fondes de la cova de sa Gleda. Com la resta de representants del seu gènere, mostra un cos característicament asimètric, comprimit al costat esquerre, el que fa que l'animal es desplaci sobre el fons tombat en aquest sentit. Les espècies més modificades viuen a fons arenosos litorals, i es suposa que aquesta morfologia tan especial permet als animals no veure's separats del fons per les turbulències provocades per l'onatge. *P. cf. ammophila* és un depredador voraç d'altres copèpodes. A Mallorca es coneix una segona espècie, *P.*

*mediterranea*, coneguda fins ara sols de la cova de na Mitjana, a la costa de Capdepera.

**Família Pseudocyclopiidae** T. Scott, 1892  
***Stygocyclopia balearica*** Jaume & Boxshall, 1995

Espècie distribuïda pel medi cavernícola de les Balears, Sardenya i Lanzarote (Canàries) (JAUME & BOXSHALL, 1995). Es coneixen vicariants al Pacífic SW, a coves de Filipines, Austràlia i Nova Caledònia. A la cova Genovesa (Manacor) està citada a salinitats compreses entre 29 i 37 ‰ que correspon a fondàries compreses entre 8 i 12 m (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Al sistema de coves Pirata-Pont-Piqueta s'ha capturat a les pesques efectuades al fons del llac Victòria, entre 5 i 6 m de profunditat sota l'aigua (GRÀCIA *et al.*, 2006a). La salinitat mesurada a la cavitat per aquesta fondària està compresa entre els 17 i 26 ‰, en la zona que correspon a la segona haloclina.

Aquesta espècie es manté sempre a dins salinitats marines, i sembla patir d'algun tipus de limitació fisiològica per a penetrar en les aigües més dessalades de les cavitats costaneres, si bé es manté a les aigües subterrànies marines permanentment. Malgrat la gran riquesa faunística d'espècies estigobionts de la cova des Coll, no ha estat citada a aqueixa cavitat.

**Ordre CYCLOPOIDA** Burmeister, 1834

**Família Cyclopidae** Dana, 1853

***Halicyclops troglodytes*** Kiefer, 1954

Espècie d'aigües subterrànies salabroses. És un dels copèpodes més freqüents a les coves anquihalines mallorquines. S'ha citat del sud de França, Sardenya, Grècia i costes del Sàhara, a banda de les Balears. A la cova des Coll ha estat capturada només a la sala Tancada (sector del Patatús), a salinitats de l'ordre d'entre 8 i 23 ‰ que a la cavitat corresponen a fondàries d'entre 0 i 1 m (GRÀCIA *et al.*, 2005). A la cova Genovesa únicament s'ha trobat al llac d'entrada, a salinitats que van de 4 a 13 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2003b) i que corresponen a fondàries d'entre 0 i 5 m. En referència al ciclopid *Halicyclops* sp. del sistema Pirata-Pont-Piqueta, no ha pogut ésser determinat a nivell específic ja que els exemplars capturats no eren adults; això no obstant, l'espècie d'aquest gènere habitual al medi anquihalí del litoral SE de Mallorca és *H. troglodytes*. Els valors de salinitat a on es trobava són de l'ordre d'entre 14 i 34 ‰, que corresponen a fondàries d'entre 5 i 10 m (GRÀCIA *et al.*, 2006a). A la cova de s'Abisament (GRÀCIA *et al.*, 2006b) s'ha capturat entre 2 i 9 ‰ de salinitat.

***Thermocyclops dybowskii*** (Landé, 1890)

Copèpode ciclopid epigeu d'aigua dolça de petita mida de distribució paleàrtica. Sol ocupar petits cosos d'aigua permanents així com el litoral dels llacs. A Europa és una forma típicament estival i dicíclica (desenvolupa dues generacions a l'any). Morfològicament es

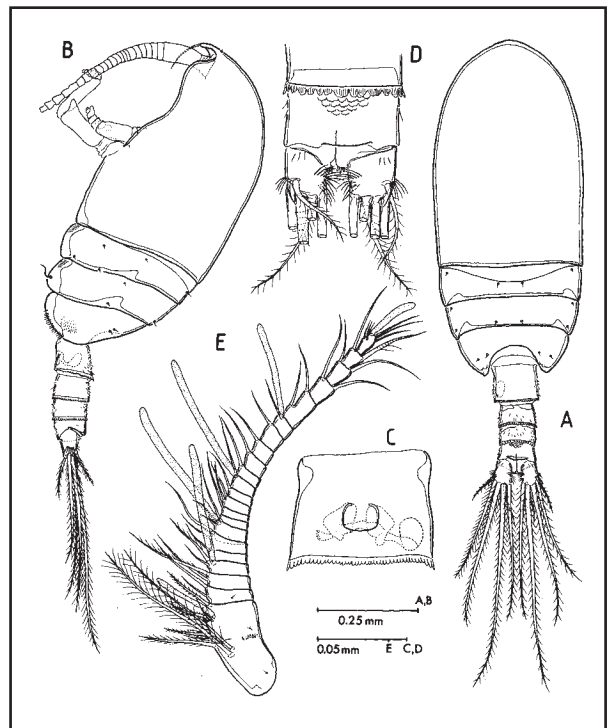


Figura 31: *Stygocyclopia balearica* Jaume & Boxshall, 1995. Vista dorsal i lateral. Espècie de copèpode calanoide estigobiont de les Balears i de Canàries.

Figure 31: *Stygocyclopia balearica* Jaume & Boxshall, 1995. Dorsal and lateral views. Stygobiontic calanoide copepoda from the Balearics and Canary islands.

distingeix per tenir les dues sedes de la cinquena cama de similar llargària, a la vegada que la seda interna terminal de la furca ateny menys del doble de la longitud de la externa. FORNÓS *et al.* (1989) citen la espècie al llac d'entrada de la cova de sa Gleda, mentre que LESCHER-MOUTOUÉ (1978-79) la troba a diversos pous de l'illa.

**Família Cyclopinidae** G.O. Sars, 1913

***Troglocyclopina balearica*** Jaume & Boxshall, 1996

És un dels cinc gèneres de crustacis endèmics de les Balears, tots ells estigobionts. Es tracta d'un copèpode de mida petita (ateny sols 0,3 mm de mida corporal), essent l'únic representant de la seva família (Cyclopinidae) del que es conegui que hagi colonitzat les aigües continentals; tota la resta de ciclopinids coneguts són marins. Pertany al grup d'espècies que es mantenen sempre a dins salinitats marines i que semblen patir d'algun tipus de limitació fisiològica per a penetrar a les aigües més dessalades de les cavitats costaneres, si bé es mantenen a les aigües subterrànies marines permanentment.

Es coneix de coves anquihalines de la costa SE de Mallorca, des de Capdepera fins a Felanitx, així com a dues coves de Cabrera (JAUME & BOXSHALL, 1996). Ha estat citada al sistema Pirata-Pont-Piqueta a profunditats compreses entre 3,5 m i 7 m, que corresponen a salinitats que van de 17 a 26 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2006a).



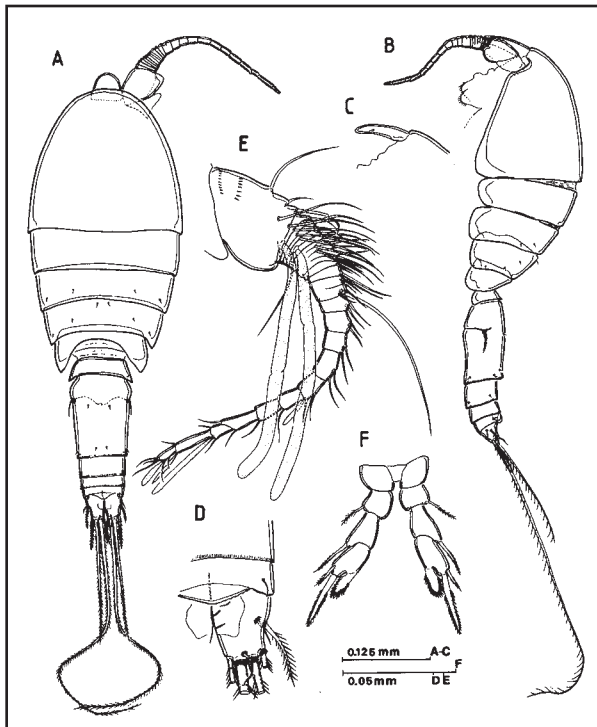


Figura 32: *Speleophria gymnesica* Jaume & Boxshall, 1996. Vista dorsal i lateral. Espècie de copèpode misofrioid estigobiont i endèmica de les Gimnèsies.

Figure 32: *Speleophria gymnesica* Jaume & Boxshall, 1996. Dorsal and lateral views. Stygobiontic misofrioid copepoda endemic from the Gymnesian islands.

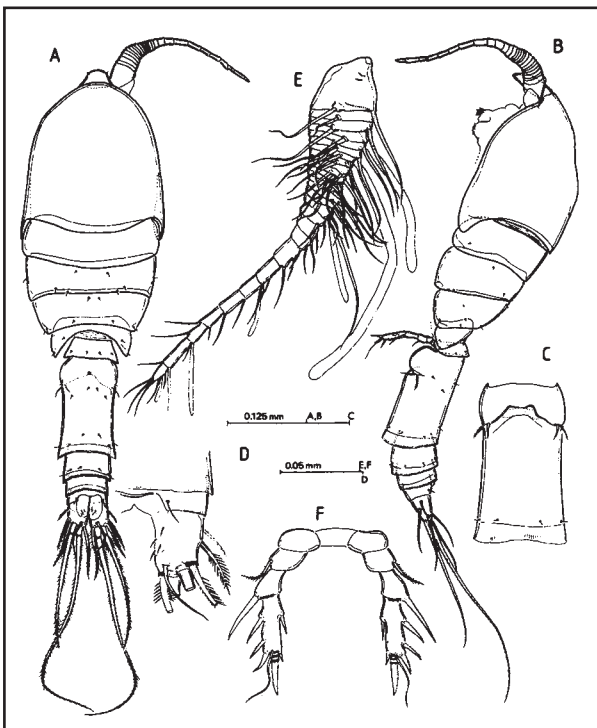


Figura 33: *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996. Vista dorsal i lateral. Espècie de copèpode misofrioid estigobiont i endèmica de les Gimnèsies.

Figure 33: *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996. Dorsal and lateral views. Stygobiontic misofrioid copepoda endemic from the Gymnesian islands.

A la cova Genovesa ha estat localitzada a la columna d'aigua a salinitats d'entre 29 a 36 ‰ que correspon a fondàries entre 8 i 12 m (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Malgrat la gran riquesa faunística d'espècies estigobionts de la cova des Coll, no ha estat citada a l'esmentada cavitat.

### Ordre MISOPHRIODA Gurney, 1933

#### Família Speleophriidae Boxshall & Jaume, 2000

#### *Speleophria gymnesica* Jaume & Boxshall, 1996

Destaca la troballa a la cavitat d'aquest copèpode misofrioid, conegut fins a les hores únicament de les coves ACD de Cala Varques (Manacor), també de la cova des Coll, a Portocolom (Felanitx) (GRÀCIA *et al.*, 2005) i d'una altra cova de Menorca. L'espècie compta amb altres dos congèneres, un a Bermuda i l'altre a Austràlia nordoccidental, així com poblacions innominades a coves de Gibraltar, República Dominicana i el Yucatán (Mèxic). Ocupa les parts més profundes de salinitat marina de les cavitats. A la cova des Coll ha estat capturada únicament a la galeria de les Esponges a salinitat superior al 34 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2005). Al sistema Pirata-Pont-Piqueta s'han capturat molts d'exemplars (incloent-hi mascles, copepodits i nauplis) a profunditats compreses entre 3,5 m i 7 m, que corresponen a salinitats que van de 28 a 34 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2006a).

#### *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996

S'ha citat a Mallorca, Menorca i Cabrera, a vegades en simpatria amb l'espècie *Speleophria gymnesica*. Compta amb congèneres a coves de Bermuda, Lanzarote i les illes Palau (Pacífic NW), així com amb una població innominada a Gibraltar. Tant *Speleophria* com *Speleophriopsis* es capturen rarament en tot el seu àmbit de distribució. A la cova des Coll ha estat capturada a la sala Tancada (sector del Patatús) en aigües superficials i entre 8 i 23 ‰ de salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2005).

### Classe MALACOSTRACA

#### Ordre Amphipoda Latreille, 1816

#### Família Bogidiellidae Hertzog, 1936

#### *Bogidiella balearica* Dancau, 1973

Amfípode endèmic de Mallorca i Cabrera (DANCAU, 1973; JAUME, 1993), que pertany a una família exclusivament estigobiont, Bogidiellidae, amb representants a les aigües dolces i intersticials marines de tots els continents, llevat de l'Antàrtida. A Mallorca ocupa únicament cavitats anquihalines de la costa de Manacor (coves del Drac, coves dets Hams, sistema Pirata-Pont-Piqueta, cova de sa Gleda, coves de Cala Varques), i es troba preferentment sobre la fusta submergida en descomposició. Al sistema Pirata-Pont-Piqueta s'ha trobat a salinitats compreses entre 17 i 26 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2006a). Al sistema Gleda-Camp des Pou es localitza abundantment damunt les restes de branques de figueres i pins caigudes dins el llac.

**Família Salentinellidae** Bousfield, 1977  
**Salentinella angelieri** Ruffo & Delamare, 1952

Amfípode estigobiont, únic representant a les illes dels Salentinellidae, família estrictament estigobiont i circummediterrània. L'espècie viu en aigües moderadament salabroses o fins i tot totalment dolces de pous

i coves; es coneix també de sediments no consolidats de rius. Presenta una àmplia distribució per zones litorals de la regió mediterrània, on és l'habitant més comú de les coves anquihalines; és present a totes les illes de l'arxipèlag Balear. Relativament freqüent a les capes superiors de la columna d'aigua de la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Ateny a la cova des Coll densi-



Figura 34: Per estudiar la fauna carcinològica s'han utilitzat nanses que se situaven a diferents indrets de la cavitat per espai de diversos dies (Foto C. Bodi).

*Figure 34: In order to study the carcinological fauna, traps have been used that were placed several days in different spots of the cave (Photo C. Bodi).*



Figura 35: La fauna aquàtica també s'ha mostrejat mitjançant xarxes de plàncton (Foto C. Bodi).

*Figure 35: The aquatic fauna has been also sampled using plankton networks (Photo C. Bodi).*



Figura 36: La cavitat constitueix un hàbitat anquihalí declarat LIC per la Comunitat Europea (sector Llunyà) (Foto A. Cirer).

*Figure 36: This cave constitutes an anchialine habitat designated as LIC (Site of Community Importance) by the European Commission (Llunyà sector) (Photo A. Cirer).*

tats poblacionals importants localment i estacional, depenent de les zones on flueix aigua de menor salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2005). Al sistema Pirata-Pont-Piqueta es va localitzar a les zones superiors, excepte a la franja de més salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2006a). A la cova des Pas de Vallgornera s'ha pescat i observat preferentment a les pesques efectuades entre 1,5 i 3 m de fondària, zona habitual de la picnoclina, que correspon a salinitats d'entre 12 mS/cm fins als 35 mS/cm (GRÀCIA *et al.*, 2009). És una de les tres úniques espècies de fauna anquihalina estigobiont capturada a la cova des Pas de Vallgornera. Al sistema Gleda-Camp des Pou es localitza preferentment a les capes de menor salinitat.

## Ordre Isopoda Latreille, 1817

### Família Janiridae Sars, 1897

#### *Jaera italica* Kesselyak, 1938

És un isòpode litoral marí epigeu, amb ulls i pigmentació corporal, que mostra preferència per les aigües menys salades de les desembocadures de torrents i fonts, on viu sota les pedres. De distribució mediterrània, colonitza amb freqüència el medi cavernícola, especialment al carst dels Balcans. A Mallorca, viu entre els còdols de la desembocadura del torrent de Pareis (Escorca; LESCHER-MOUTOUÉ, 1979), i també al llac d'entrada de la cova de sa Gleda (FORNÓS *et al.*,

Espècies	Estigobiont	Epigeu	Endemisme
<b>Classe MAXILLOPODA</b>			
<b>Ordre CALANOIDA G.O. Sars, 1903</b>			
Família Arietellidae G.O. Sars, 1902			
<i>Paramisophria cf. ammophila</i>	X		X
Família Pseudocyclopiidae T. Scott, 1892			
<i>Stygocyclopia balearica</i> Jaume & Boxshall, 1995	X		
<b>Ordre CYCLOPOIDA Burmeister, 1834</b>			
Família Cyclopidae Dana, 1853			
<i>Halicyclops troglodytes</i> Kiefer, 1954	X		
<i>Thermocyclops dybowskii</i> (Landé, 1890)		X	
Família Cyclopinidae G.O. Sars, 1913			
<i>Troglocyclopina balearica</i> Jaume & Boxshall, 1996	X		X
<b>Ordre MISOPHRIODA Gurney, 1933</b>			
Família Speleophriidae Boxshall & Jaume, 2000			
<i>Speleophria gymnesica</i> Jaume & Boxshall, 1996	X		X
<i>Speleophriopsis balearicus</i> Jaume & Boxshall, 1996	X		X
<b>Classe MALACOSTRACA</b>			
<b>Ordre Amphipoda Latreille, 1816</b>			
Família Bogidiellidae Hertzog, 1936			
<i>Bogidiella balearica</i> Dancau, 1973	X		X
Família Salentinellidae Bousfield, 1977			
<i>Salentinella angelieri</i> Ruffo & Delamare, 1952	X		
<b>Ordre Isopoda Latreille, 1817</b>			
Família Janiridae G.O. Sars, 1899			
<i>Jaera italica</i>		X	
Família Cirolanidae Dana, 1852			
<i>Typhlocirolana moraguesi</i> Racovitza, 1905	X		X
<b>Ordre Thermosbaenacea Monod, 1927</b>			
Família Monodellidae Taramelli, 1954			
<i>Tethysbaena scabra</i> (Pretus, 1991)	X		X

Taula 1: Llistat de les espècies de crustacis aquàtics citats del sistema Gleda-Camp des Pou.

Table 1: List of the aquatic crustacean species cited from the cave system Gleda-Camp des Pou.

1989), a on viu una nombrosa població entre pedres i molses, i també al rost de sediments del llac, que cau en un pendent accentuat fins als -17 m. Recentment l'hem trobada a la cova de na Barxa, a Capdepera.

**Família Cirolanidae** Dana, 1852

***Typhlocirolana moraguesi*** Racovitza, 1905

Isòpode cirolànid estigobiont endèmic balear (citat únicament a Mallorca, Menorca, Cabrera i sa Dragonera). L'espècie va esser descrita a principis del segle passat a partir de material capturat a les coves del Drac de Portocristo (RACOVITZA, 1905). Comú a la galeria dels Myotragus de la cova Genovesa, on sovint se l'ha observat nedant (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Ha estat vist freqüentment a la cova des Coll, a totes les profunditats, entre 8 i 37 ‰ de salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2005). Al sistema Pirata-Pont-Piqueta es va localitzar a tots els nivells d'aigua amb diferent rang salí (GRÀCIA *et al.*, 2006a). A la cova des Pas de Vallgornera s'ha localitzat a qualsevol fondària (GRÀCIA *et al.*, 2009). És una de les tres úniques espècies de fauna anquihalina estigobiont capturada a la cova des Pas de Vallgornera. La seva mida considerable, en comparació amb altres espècies de crustacis estigobionts fa que sigui fàcilment visible. Al sistema Gleda-Camp des Pou s'ha localitzat fins als sectors més allunyats de l'entrada (sector de Gregal i sector Llunyà).

#### **Ordre Thermosbaenacea Monod, 1927**

**Família Monodellidae** Taramelli, 1954

***Tethysbaena scabra*** (Pretus, 1991)

Espècie estigobiont, únic representant d'aquest petit ordre de crustacis peracàrids a les Balears. Endemisme gimnèsic, s'ha citat a Mallorca i illots pròxims (Cabrera, sa Dragonera), així com també a Menorca. Es coneix una altra espècie ibèrica del gènere a la península. A Mallorca únicament es localitza a les aigües subterrànies de les regions costaneres influenciades per la mar. És típica de les picnoclines dels llacs anquihalins, on neda activament. S'ha trobat a la cova Genovesa on es concentra en abundància a la picnoclina d'una sala a on probablement s'alimenta dels flocs de bacteris en suspensió que enllà es desenvolupen per aportacions d'aigües residuals d'un pou negre (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Pot resistir concentracions molt baixes d'oxigen dissolt. A la cova des Coll ha aparegut als sectors més interiors, amb salinitats compreses entre el 8 i el 34 ‰ (GRÀCIA *et al.*, 2005). Al sistema Pirata-Pont-Piqueta es va localitzar també preferentment a les zones de la columna d'aigua properes a la picnoclina (GRÀCIA *et al.*, 2006a). A la cova des Pas de Vallgornera (GRÀCIA *et al.*, 2009) s'ha pescat preferentment entre 1,5 i 3 m de fondària, zona habitual de la picnoclina, que correspon a salinitats d'entre 12 mS/cm fins als 35 mS/cm. És una de les úniques tres espècies citades a les aigües anquihalines de la cova des Pas de Vallgornera. També s'ha capturat per nosaltres (inèdit) a la sala Fonda de la cova de Cala Varques B, i al sífo des Somnis de la cova d'en Bassol. És relativament abundant al sistema Gleda-

Camp des Pou, a on ha estat localitzat fins als sectors més allunyats de l'entrada, al voltant de la picnoclina.

## **Agraïments**

Aquest treball s'ha pogut dur a terme en estar finançat parcialment gràcies al projecte de l'Obra Social de SA NOSTRA, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009 i és la continuació del projecte de la convocatòria de Conservació de la Biodiversitat 2007. Volem agrair al Sr. Andreu Ramis, al Sr. Antoni Sorà, al Sr. Tomeu Tomàs i a la Sra. Eva Villalonga de l'Obra Social Sa Nostra les seves atencions i bones disposicions.

Cal consignar que bona part de les tasques desenvolupades s'emmarquen dins del projecte d'investigació del *Ministerio de Ciencia e Innovación* - FEDER CGL2009-07392.

A Mateu Febrer, Jaume Pocoví i Gian Ameri, amics i companys del GNM, per la seva ajuda amb les tasques de topografia i fotografia de la cavitat i pel seu inestimable afecte.

A Antoni Cirer, per haver documentat fotogràficament les galeries subaquàtiques de la cavitat i per la seva extraordinària valentia en portar la màquina fotogràfica a qualsevol lloc per enfora que es trobi de l'entrada. Ha superat qualsevol obstacle per dures que siguin les condicions de busseig, amb tornades amb visibilitat zero per laminadors i passos angostos i emprant propulsors per arribar als sectors més llunyans.

A Maria Antònia Amezcua i Pere Plomer, del GNM, per realitzar les fotografies de la sala d'Entrada i de l'avenc des Camp des Pou. Sempre han estat disposats a col·laborar i a fer les tasques més agradables amb la seva companyia.

Al Dr. Damià Jaume, especialista en fauna anquihalina de l'IMEDEA, per la determinació de la fauna i per deixar-nos publicar els dibuixos de les espècies estigobionts i per revisar el llistat de fauna carcinològica de la cavitat.

A Georgina Gamundí, Lluç Gràcia, Rafel Pons, Miquel Vives i Gaspar Miró, per acompanyar-nos en algunes sortides a la cavitat.

A Rafel Pons i Tomeu Plomer, president i secretari respectivament del GNM per la seva inestimable col·laboració i comprensió.

A Joaquín Ginés, a qui volem agrair la revisió atenta de l'article i la traducció a l'anglès del resum i dels peus de figures.

A Alfredo Barón, cap del Servei d'Estudis i Planificació de la Direcció General de Recursos Hídrics. Ell ha estat l'artífex de molts dels documents tècnics que han servit per presentar decrets de protecció d'aquests hàbitats subterranis parcialment o total inundats.

Volem agrair a la propietària de la finca de Son Josep Nou, la Sra. Margalida Puigserver, al seu fill Sr. Guillem Bonet i als amos de la finca, Jaume i Margalida, la seva amabilitat i les facilitats que ens han ofert sempre.

A la gran quantitat de persones de Mallorca i de tot el món que s'han interessat per aquesta extraordinària i singular cavitat i per les tasques que el GNM ha efectuat al llarg d'aquests 14 anys.

## Bibliografia

- ARNAU, P.; LAÍNEZ, N.; ZUBILLAGA, M. & GÓMEZ, D. (2008): Les coves de cala Blanca (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 32: 105-139.
- CLARKE, O. (1991-1992): Report of the Cwmbran Caving Club diving expedition to Son Josep. Mallorca in October 1990. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 18: 28-30.
- DANCAU, D. (1973) : Observations sur les Amphipodes souterrains de l'île de Majorque. Genre *Bogidiella* Hertzog. *Trav. Inst. Spéol. Emile Racovitza*, 12: 113-119.
- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársticos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33 (818): 154-156.
- FARR, M. (1997-1998): Dragon cave diving expedition to Mallorca - 1996. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 24: 89-97. U.K.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca. *Endins*, 20: 27-43.
- FORNÓS, J.J.; PRETUS, J.L. & TRIAS, M. (1989): La Cova de sa Gleda (Manacor, Mallorca), aspectes geològics i biològics. *Endins*, 14-15: 53-59.
- GINÉS, A. (2000): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Carsologica*, 29/2. 9: 139-148. Ljubljana.
- GINÉS, A. (2002): La fauna anquihalina de las Baleares un siglo después del descubrimiento de *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905 / La fauna anquihalina de les Illes Balears un segle després del descobriment de *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905. *Boletín SEDECK*, 3: 124-127.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1977): Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la isla de Mallorca. *6è Simposium d'Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - S.I.S. del C. E. de Terrassa. 81-95. Terrassa, Barcelona.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Les coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 595 pp. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F. & MERINO, A. (2008): Noves observacions sobre l'espeleogènesi en el migjorn de Mallorca: els condicionants litològics en alguns grans sistemes subterranis litorals. *Endins*, 32: 49-79.
- GRÀCIA, F. & CLAMOR, B. (2001): La Cova de sa Gleda. *Subterrànea*, 16: 24-34.
- GRÀCIA, F. & CLAMOR, B. (2006): Cova de sa Gleda. In: MAYORAL, D. & MATEU, T. (eds.). *Mallorca, bellezas en la oscuridad. Guía práctica y visual de la espeleología en Mallorca*. Espeleo Mallorca S.C. 239 - 248. Sant Llorenç des Cardassar, Mallorca.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; AGUILÓ, C. & WATKINSON, P. (1998b): La cova des Drac de cala Santanyí (Santanyí, Mallorca). *Endins*, 22: 55-66.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FEBRER, M.; JAUME, D. & VICENS, D. (2006b): La cova de s'Abisament (Sant Llorenç de Cardassar, Mallorca). *Endins*, 30: 101-106.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME, D. & FEBRER, M. (2006a): El sistema Pirata - Pont - Piqueta (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME, D. i 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.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A.; WATKINSON, P. & DOT, M.A. (2003a): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). I: Descripció de les cavitats i història de les exploracions. *Endins*, 25: 23-42. GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & WATKINSON, P. (1998a): La cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 22: 5-18.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; FEBRER, M. & 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. *Endins*, 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J. J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; POCOVÍ, J. & PERELLÓ, M. A. (2009): Les descobertes subaquàtiques a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72.
- GRÀCIA, F.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; TRIAS, M.; FORNÓS, J. J.; FEBRER, M. & POCOVÍ, J. (2010): Noves aportacions a l'estudi de les cavitats de cala Falcó-cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 141-154.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D. RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. & 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. *Endins*, 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; MONSERRAT, T.; CLARKE, O. & LANDRETH, R. (1997): Les coves de la zona de ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- JAUME, D. (1993): Fauna carcinològica de les aigües continentals. In: ALCOVER, J. A.; BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J. J. (Eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit. *Moll. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 309-322.
- JAUME, D. & BOXSHALL, G.A. (1995): *Stygocyclopia balearica*, a new genus and species of calanoid copepod (Pseudocyclopiidae) from anchihaline caves in the Balearic Islands (Mediterranean). *Sarsia*, 80: 213-222.
- JAUME, D. & BOXSHALL, G. A. (1996): Two new genera of cyclopinid copepods (Crustacea) from anchihaline caves on western Mediterranean and eastern Atlantic islands. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 117: 283-304.
- JAUME, D. & GARCIA, L. (1992): *Burrinymys palmeri*, a new genus and species of calanoid copepod (Pseudocyclopiidae) from anchihaline caves in the Balearic Islands (Mediterranean). *Sarsia*, 80: 213-222.
- JAUME, D. & GRÀCIA, F. (2006): Coves amb hàbitats anquihalins de les Balears i coves amb hàbitats dolçaquícules no litorals: catàleg espeleològic i faunístic. *Endins*, 30: 71 - 82.
- JAUME, D.; BOXSHALL, G.A. & GRÀCIA, F. (2008): *Stephos* (Copepoda: Calanoida: Stephidae) from Balearic caves (W Mediterranean). *Systematics and Biodiversity*, 6: 503-520. Cambridge University Press.
- JAUME, D.; GRÀCIA, F. & BOXSHALL, G.A. (2007): New genera of Bogidiellidae (Amphipoda: Gammaridea) from SW Pacific and Mediterranean marine caves. *Journal of Natural History*, 41 (5-8): 419-444.
- LESCHER-MOUTOUÉ, F. (1978-79): Cyclopidae des eaux souterraines de l'île de Majorque (Espagne). *Vie Milieu*, 28/29: 83-100.
- PETRUS, J. L. & STOCK, J. H. (1990): A new hyporheic Bogidiella (crustacea, Amphipoda) from Mallorca. *Endins*, 16: 47-51.
- RACOVITZA, E. G. (1905): *Typhlocirolana moraguesi* n.g., n. sp. *Isopode aquaticus cavernicole des Grottes du Drach (Balears)*. Bulletin Société Zoologique de France, 30 (4): 72-80. Paris.
- RACOVITZA, E. (1907): Essai sur les problèmes biospéologiques Biospeologica I. *Arch. Zool. exp. gén.*, 6: 371-488.
- SKET, B. (1986): Ecology of the mixohaline hypogean fauna along the Yugoslav coasts. *Stygologia*, 2 (4): 317-338.
- STOCK, J.H. & ILISSE, T.M. (1987): The status of *Bogidiella balearica* Dancau, 1973, a stygobiont amphipod from Mallorca. *Endins*, 13: 39-46.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- VENY, C. (1968): *Las cuevas sepulcrales del Bronce antiguo de Mallorca*. C.S.I.C. 429 pàgs. Madrid.

# PTERIDÒFITS I BRIÒFITS DE LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA (Serra de Tramuntana, Mallorca)

per Antelm GINARD<sup>1,2</sup>, Damià VICENS<sup>1,2,5</sup>, Josep A. ROSSELLÓ<sup>3</sup>, Guillem X. PONS<sup>2,5</sup>, Miquel MIR-GUAL<sup>5</sup>, Vicenç PLA<sup>1,2,4</sup>, Damià CRESPI<sup>1,2,4</sup>, Miquel Àngel BARCELÓ<sup>1</sup> i Pere BOVER<sup>1,6</sup>.

## Resum

Se citen els pteridòfits i els briòfits que s'han observat tant a les cavitats naturals com a les mines i pedreres de la serra de na Burguesa. En comparació amb la zona central de la serra de Tramuntana, no hi ha una flora briofítica i pteridofítica relictual, exceptuant *Homalia lusitanica* i *Asplenium scolopendrium* que s'han trobat a una única cavitat, el Clot des Sero. *Asplenium sagittatum* s'ha observat a 15 cavitats i en una d'aquestes ha desaparegut una població, per causes desconegudes, en un període d'uns sis anys. *Anogramma leptophylla*, *Asplenium petrarchae* i *Asplenium trichomanes* subsp. *inexpectans* és la primera vegada que se citen en aquesta serra.

## Abstract

We have studied the pteridophytes and bryophytes observed in natural cavities as well as in mines and quarries of Na Burguesa mountain range. Compared with the central area of the Tramuntana mountains, it is not present a relictual bryophyte and pteridophyte flora, except *Homalia lusitanica* and *Asplenium scolopendrium* found at a single cavity, the Clot des Sero. *Asplenium sagittatum* was observed in 15 of these cavities and in one of them it was noticed its decline for unknown reasons, during the last six years. *Anogramma leptophylla*, *Asplenium petrarchae* and *Asplenium trichomanes* subsp. *inexpectans* are recorded for the first time in this area.

## Introducció

A la conca mediterrània, i especialment a les Balears, les entrades de les cavitats constitueixen, juntament amb les zones culminals muntanyoses i els enyorjats i barrancs càrstics, àrees de refugi per espècies d'ambients mesòfils, que difícilment poden actualment trobar a l'exterior les condicions climàtiques adients pel seu desenvolupament, com a conseqüència de la desforestació i pèrdua edàfica lligades al canvi climàtic iniciat a la primera meitat de l'Holocè i a les pertorbacions antròpiques (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980; GINÉS, 2000; PÉREZ-OBOL *et al.*, 2003).

La flora específica de les entrades dels avencs i esquerdes de la serra de Tramuntana (Mallorca) destaca

per l'abundància i diversitat de briòfits i per la presència de diverses espècies de pteridòfits no gens freqüents a l'exterior, o fins i tot restringits a aquests ambients, com ara *Dryopteris tyrrhena*, *Polystichum setiferum*, *P. aculeatum*, *P. x bicknellii*, *Asplenium sagittatum* (Fotos 1 i 2) i *A. scolopendrium* (Fotos 3 i 4). Així mateix, les entrades de coves i balmes que s'obrin cap al NO presenten algunes espècies d'angiospermes de distribució restringida (endemismes balearics i tirrènics) molt lligades a aquests ambients com ara *Pimpinella bicknellii*, *Urtica atrovirens* subsp. *bianorii*, *Cymbalaria aequitriloba*, *Sibthorpia africana* i *Soleirolia soleirolii* (GINÉS, 2000).

Malgrat l'interès intrínsec d'aquests ambients hi ha relativament poques dades relatives a l'estudi de la flora d'entrada de cavitats de les Balears, i bona part de la informació consolidada que es té es concentra en pocs grups taxonòmics (MAHEU, 1912; ROSSELLÓ i GINÉS, 1980; GINÉS, 1983; GRUP ESPELEOLÒGIC EST, 1986; GINÉS i GINÉS, 1992; FIOL, 1995). A més, bona part de les exploracions fetes fins ara s'han concentrat en les cavitats situades en llocs amb altituds superiors als 500 m snm i amb pluviometries locals força abundants.

La serra de na Burguesa, situada al SO de la serra de Tramuntana de Mallorca, es correspon amb dues alineacions muntanyoses de direcció NE-SO que culmina

- 1 Speleo Club Mallorca. Palma. Email: speleo.club.mallorca@gmail.com.
- 2 Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma.
- 3 Jardí Botànic, Universitat de València. C/Quart 80, E-46008 València & Jardí Botànic Marimurtra Fundació Carl Faust, Apartat 112, E-17300 Blanes. E-mail: rossello@uv.es
- 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.
- 6 Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marquès, 21. E-07190. Esporles.



Foto 1: *Asplenium sagittatum*, a la cova des Pastors (Foto Antelm Ginard).

Photo 1: *Asplenium sagittatum*, at the Cova des Pastors (Photo Antelm Ginard).



Foto 2: *Asplenium sagittatum*, a l'avencova de na Picacento (Foto Damià Vicens).

Photo 2: *Asplenium sagittatum*, at the Avenc-Cova de na Picacento (Photo Damià Vicens).

amb el puig Gros de Bendinat (485 m) en el S i amb la serra de son Camps al N. La sèrie estratigràfica presenta materials del Retià, Lias, Dogger, Malm, Cretaci i Oligocè (GELABERT, 1998). Les cavitats d'aquesta serra es troben majoritàriament en materials del Lias i del Retià (veure ITGE, 1991).

Es pot dir que la majoria de les cavitats de la serra de na Burguesa són cavitats clàstiques amb un fort control estructural. Es caracteritzen per tenir plantes amb morfologies corbades, generalment en forma de mitja lluna i perfils que mostren una tendència a la verticalització progressiva (BOVER *et al.*, 2004). La dissolució dels guixos subjacents, fenomen ja exposat per CAÑIGUE-RAL (1949), i reafirmat per VICENS *et al.*, (2005), ha estat motiu perquè GINÉS i GINÉS (2009) hagin afegit una

nova modalitat a la tipologia de coves d'esfondrament mallorquines, relacionada amb la dissolució dels guixos localitzats a la zona vadosa d'aquestes muntanyes.

La vegetació que cobreix la serra de na Burguesa correspon, en la major part del territori, a l'associació *Ampelodesmo mauritanicae-Arbutetum unedonis*, caracteritzada per espècies de faneròfits escleròfils, propis del pis termo (-meso) mediterrani amb ombroclima subhúmit (LLORENS *et al.*, 2007). Les espècies diagnòstiques més representatives d'aquesta associació a na Burguesa són *Pinus halepensis* Mill., l'espècie arbòria més abundant de la serra, *Arbutus unedo* L., *Calycotome spinosa* (L.) Link, *Phillyrea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Erica multiflora* L., *Cistus salvifolius* L., *Cistus albidus* L., *Ampelodesmos mauritani-*

Foto 3: *Asplenium scolopendrium*, al clot des Sero (Foto Antelm Ginard).

Photo 3: *Asplenium scolopendrium*, at the Clot des Sero (Photo Antelm Ginard).



Foto 4: Detall de *Asplenium scolopendrium*, al clot des Sero (Foto Antelm Ginard).

Photo 4: Details of *Asplenium scolopendrium*, at the Clot des Sero (Photo Antelm Ginard).



ca (Poiret) T. Durand & Schinz, *Rhamnus alaternus* L., i *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv., entre les més representatives.

Al llarg del temps, aquesta serra ha patit freqüents incendis forestals, molts d'ells intencionats; l'any 1993 es va cremar una superfície aproximada de 800 ha (GINART i MASCARÓ, 1996). Això ha propiciat l'aparició, dintre de l'estadi inicial de recuperació natural de la zona, de matollars de l'*Anthyllido-Teucrietum majorici* i de fenassars de l'*Hypochoerido-Brachypodietum retusi*, amb espècies com ara *Anthyllis cytisoides* L., *Teucrium capitatum* L. s.l., *Globularia alypum* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Fumana thymifolia* (L.) Spach, *F. laevipes* (L.) Spach, etc.

Les referències a la flora d'entrada de cavitats de la serra de na Burguesa són escadusseres i bàsicament

es refereixen a pteridòfits observats a mines i pedreres (BOVER *et al.*, 2004; GINARD *et al.*, 2004), així com a algunes cavitats verticals (GINÉS i GINÉS, 1992; GINARD *et al.*, 2006). Aquest territori presenta una elevada densitat de fenòmens càrstics, i en algunes cavitats el microclima regnant és prou diferent del de l'exterior, per la qual cosa es pot establir una flora més mesòfila sensiblement diferent (GINÉS i GINÉS, 1992). Aquests autors ja observaren la presència d'*Asplenium scolopendrium* en el Clot des Sero, cavitat situada a dita serra, i que constituïa la població més meridional detectada a Mallorca.

En aquest treball es presenten les dades referents a la distribució de briòfits i pteridòfits detectats en un mostreig representatiu de la serra de na Burguesa, amb



l'objectiu d'inferir la singularitat del seu poblament vegetal respecte a les dades conegudes sobre flora d'entrada de cavitats de Balears.

Finalment, s'han afegit dos annexos, en el primer hi ha un estudi del sòl de dues cavitats representatives de la serra de na Burguesa i en el segon hi ha dades sobre l'etimologia dels noms dels pteridòfits i els noms amb els quals són coneguts a Mallorca.

## Material i mètodes

S'ha procedit a inventariar les espècies de pteridòfits i briòfits d'algunes de les cavitats de la serra de na Burguesa. Aquest inventari s'ha realitzat mitjançant prospeccions de camp, per alguns dels autors d'aquest article, durant els darrers set anys. De cadascuna de les espècies de pteridòfits s'ha anotat en tots els casos l'índex de sociabilitat, en quin ambient (ombrívol o exposat) es troba, lloc on es troba (paret o en terra), direcció de l'entrada de la cavitat i tipus de cavitat. Quant als briòfits, s'ha anotat la presència o l'absència de cada espècie a la cavitat.

Per realitzar l'estimació de la sociabilitat que presenten els pteridòfits, índex de sociabilitat, s'ha seguit

l'escala de valors de Braun-Blanquet i que presenta els següents valors:

- 1: individus aïllats
- 2: petits grups
- 3: taques o grups mitjans
- 4: poblament continu important
- 5: poblament gairebé pur o continu

Per aquest treball s'han estudiat dues mostres de sòls, una de la cova des Pastors i l'altre de la cova des Ribellet. D'aquestes mostres s'han realitzat anàlisis físiques (textura, fracció fina i gruixada, taula de colors) i químiques (pH, matèria orgànica, carbonats i conductivitat). Els resultats es poden consultar a l'annex I. Les anàlisis s'han realitzat en base a distints manuals clàssics d'estudis de sòls (LÓPEZ RITAS i LÓPEZ MELIDA, 1990; MARAÑÉS *et al.*, 1994; PLASTER, 2000; PORTA *et al.*, 1994).

## Les cavitats

Les topografies detallades de les cavitats mostrejades poden trobar-se a BARCELÓ (1992), GINÉS i GINÉS (1992), 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.*,



Foto 5: *Adiantum capillus-veneris*, a la galeria de sa Trinxera de les coves del Pilar (Foto Damià Vicens).

Photo 5: *Adiantum capillus-veneris*, at the Galeria de sa Trinxera, Coves del Pilar (Photo Damià Vicens).

(2005), GINARD *et al.*, (2006), CRESPI *et al.*, (2007), GINARD *et al.*, (2009) i DOT i SÁNCHEZ, (2004).

Seguidament es proposa una classificació de les cavitats segons la tipologia de l'entrada; s'ha de tenir en compte que a vegades l'entrada d'una cavitat pot donar pas a un tipus de cavitat molt diferent, com ara un avenc amb una entrada horitzontal, o bé una cova amb un gran desenvolupament horitzontal però amb una entrada en forma d'avenc. Les possibilitats són nombroses, s'ha intentat simplificar-ho amb la dificultat que això comporta. Aquesta classificació és basa en la tipologia de les entrades de les cavitats i en els elements antròpics de la serra de na Burguesa.

#### A- Enfonsaments naturals amb parets verticals o escarpades.

Malauradament d'aquesta tipologia n'hi ha pocs exemples a la serra na Burguesa. El clot des Sero presenta aquesta morfologia i sens dubte conté una vegetació de les més interessants de la zona. Aquesta cova està formada per una única sala, de planta gairebé circular, la cúpula de la qual s'obre a l'exterior mitjançant un esfondrament. La profunditat màxima que s'assoleix en el fons és de tan sols 13 metres i la llum, encara que més o manco atenuada, arriba pràcticament a tots els racons. Llevat d'alguns espeleotemes a les parets i al terra de la cova, les morfologies són típiques d'esfondrament, però no s'observen acumulacions de blocs en el centre de la sala. És probable que el terra, sorprenentment pla, i la volta ben regularitzada indiquin el llarg temps transcorregut des de l'etapa d'esfondraments que donaren a la cova la seva actual configuració (GINÉS i GINÉS, 1992).

Segons GINÉS i GINÉS (1992) es Clot des Sero actua com una trampa d'aire fred i l'establiment de comunitats vegetals singulars no és més que la conseqüència d'aquest microclima fred i humit, que serveix de refugi a espècies la presència de les quals a l'exterior (àrid i especialment sec i calorós durant l'estiu) seria impossible. A més de l'esmentat *Asplenium scolopendrium* (que reb una il·luminació compresa entre 3000 i 100 lux) s'hi troben exemplars dels pteridòfits *Asplenium sagittata*, *Adiantum capillus-veneris* (Foto 5) i *Polypodium cambricum* (Foto 11). També són interessants i significatius els briòfits com *Homalia lusitanica* (entre 200 i 60 lux), *Pellia endiviifolia* (entre 80 i 20 lux, juntament amb protal·lus de *Asplenium*) i *Lophocolea bidentata* (L.) Dum., així com els que ocupen altres llocs més dispersos i localitzats, com *Eucladium verticillatum* (With.) Bruch & Schimp., *Fissidens* sp. i *Rhynchostegiella tenella*; tots són pobladors habituals de coves i avencs. En canvi, a la part més seca del fons de la cavitat predominen les fanerògames *Ficus carica* L., *Parietaria judaica* L., *Rubus ulmifolius* Schott i *Rubia peregrina* L. entre altres.

#### B- Enfonsaments naturals amb parets verticals o escarpades i un costat inclinat.

La cova des Pastors, la cova des Ribellet, la covota des Puig Gros de Bendinat i es Clot des Batzers són uns bons exemples d'aquesta tipologia. La part superior de

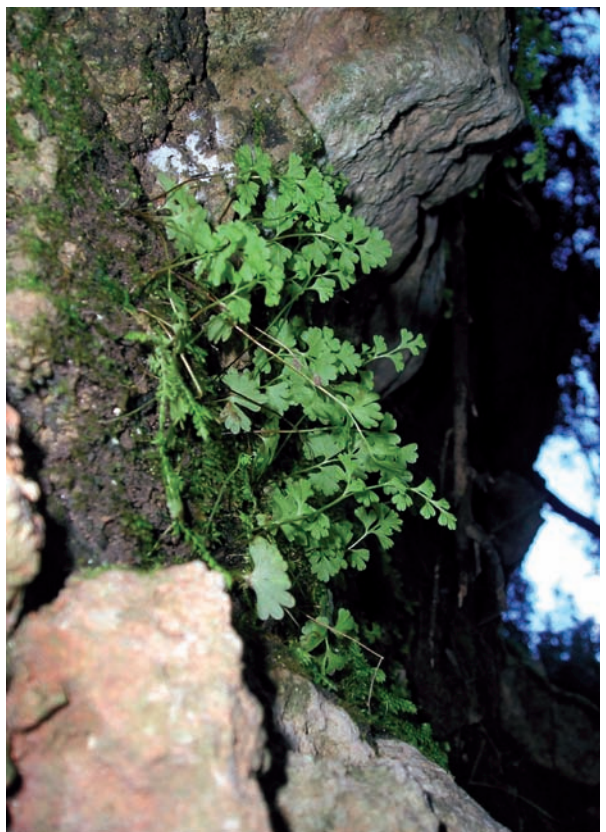


Foto 6: *Anogramma leptophylla*, a la trinxera de la cova des Coloms (Foto Damià Vicens).

Photo 6: *Anogramma leptophylla*, at the cutting of Cova des Coloms (Photo Damià Vicens.)

l'avenc des Mort, una de les entrades de la cova-avenc de na Picacento i l'avenc d'en Pau també es troben dins aquesta tipologia.

La cova des Pastors consta d'una sala de gran mida i ben il·luminada. És una mostra de l'interès etnològic d'aquestes cavitats, ja que s'hi han trobat restes d'ocupacions humanes, parets d'època no determinada, i abundants condicionaments per a la seva utilització. Aquestes obres consisteixen en escalonaments per accedir a l'interior i replans amb habitacions molt desmantellades. Després dels incendis dels anys 70, els llenyaters vinguts de la península van fer servir aquestes cavitats per tenir-hi els cavalls, la qual cosa va provocar una destrucció de l'antic sòl i de les diferents estructures. La gènesi és d'esfondrament i assolix els 17 m de fondària màxima (BARCELÓ *et al.*, 1998). La boca de la cova es troba orientada cap el N. La major part dels pteridòfits i briòfits es troben just abans del paladar, entre els enderocs d'aquest.

La cova des Ribellet és una cova amb una boca d'esfondrament de dimensions considerables orientada cap al SEE i ocupada per la vegetació que creix afavorida per les peculiars condicions microclimàtiques (BARCELÓ *et al.*, 1998).

La covota des Puig Gros de Bendinat presenta la típica boca d'esfondrament de dimensions considerables, amb un desnivell d'uns 22 m, ocupada per la vegetació que aprofita el microclima existent i presenta una semblança morfològica amb altres entrades de cavitats de la



Foto 7: *Asplenium ceterach*, a l'interior de la mina de s'Olla (Foto Damià Vicens).

Photo 7: *Asplenium ceterach*, inside the Mina de s'Olla (Photo Damià Vicens).

serra de na Burguesa, com ara la cova des Pastors o la cova des Ribellet, situades relativament a prop de la covota del Puig Gros. Hi ha una petita marjada i es nota el condicionament de la part baixa, la qual cosa demostra que es va fer servir com a refugi tant en èpoques històriques com possiblement prehistòriques (VICENS *et al.*, 2000). La boca es troba orientada al S.

El clot des Batzers és una depressió ubicada al costat O de la coma S de l'Infern, a uns pocs metres per damunt del seu llit. El límit N té forma de cràter, mentre que el S és adossat al penya-segat. El clot es troba recobert d'una vegetació força densa, especialment formada per esbarzers, que impedeix observar les característiques dels fons. Les dimensions són de 28 m de longitud i 13'5 m d'amplària, arribant a tenir -17'7 m de desnivell respecte al penya-segat i -12 m en relació a la vorera N del clot. Només hi ha dues parts cobertes, una, la de més al S, ben il·luminada i plana, constitueix un bon lloc de refugi, com així ho demostren les obres de condicionament que hi presenta (GRÀCIA *et al.*, 1997).

L'avenc des Mort es localitza no molt lluny de la cova des Ribellet. Aquesta interessant cavitat presenta dues boques: una de vertical petita i una altra de dimensions considerables orientada cap el S i que dona a una dolina d'esfondrament ocupada per la vegetació. L'avenc prossegueix per un pendent que acaba en una vertical que porta a una sala. El desnivell màxim és de 30'5 m (BARCELÓ *et al.*, 1998).

Una de les tres entrades de l'avenc-cova de na Picacento, anomenada entrada principal per GINARD *et al.* (2009) i orientada cap el NNE, presenta aquesta morfologia.

La boca de l'avenc d'en Pau s'obre cap el NO a una dolina d'esfondrament de forma gairebé circular, de 8 m de diàmetre. La cova consta d'una única sala de dimensions aproximades de 16 x 9 m en planta, direcció NE-SO i desnivell de 14,8 m (CRESPÍ *et al.*, 2001).

### C- Enfonsaments associats a mines o pedreres.

La mineria ha estat freqüent a la serra de na Burguesa, sobretot la relacionada amb l'extracció de guix (BOVER *et al.*, 2004). Mines que comuniquen amb cavitats clàstiques naturals es troben amb freqüència a la serra de na Burguesa, com ara la cova des Coloms (DARDER 1914; MONTORIOL, 1963; BARCELÓ *et al.*, 2003) o les coves del Pilar (MONTORIOL, 1963; VICENS *et al.*, 2005). Segons CRESPÍ *et al.* (2004) hi ha enfonsaments dels que no es pot afirmar que tinguin un origen natural (mina de s'Arbocera, mina de s'Olla, mina des Foradí, mina des Tres Pinets, mina des Pont) ja que es podrien haver format per l'enfonsament de galeries de mines, encara que les seves grans dimensions fan pensar que sí podrien tenir un origen natural. En altres casos d'enfonsament s'hi ha vist la mà de l'home, que hi

ha extret materials utilitzant pics o barrobins, encara que no es pot descartar que hi pogués haver hagut prèviament un enfonsament natural. Aquest és el cas de la pedrera Grossa, de la mina des Camí Vell de Puigpunyent i de la pedrera des Forn.

Hi ha uns quants indrets interessants, que presenten aquesta morfologia, com ara el clot de ses Falgues, la mina de s'Arbocera, la mina de s'Olla o la mina des Coll des Cocons.

El clot de ses Falgues està format per un enfonsament natural d'un sistema càrstic desaparegut gairebé del tot, amb restes de cavitats naturals. Les mines es troben per sota de l'enfonsament, i anaven a cercar els nivells amb guixos. La zona del Clot és la part més extensa de la cavitat, té una planta irregular i el terra completament cobert de blocs de diverses mides. La meitat més occidental del clot forma una balma de grans dimensions, amb una alçada en voladís de 13,8 m a la part més alta. En tota la part SE la zona del Clot delimita amb un escarpament vertical d'uns 3 m (GINARD *et al.*, 2006). Els pteridòfits i els briòfits es troben tant a l'escarpament vertical més baix com per sobre dels blocs.

A l'enfonsament de la mina de s'Arbocera es pot accedir a través d'una galeria oberta al costat E que comença amb una trinxera. De la mina n'ha quedat un enfonsament bastant profund, amb algunes parets que arriben fins al 20 m i un recorregut des de l'extrem E a l'O de 40 m. L'alçada de les parets en algun lloc, molt

localitzat, és suficient per crear el microclima necessari pel creixement dels pteridòfits (BOVER *et al.*, 2004).

La mina de s'Olla es caracteritza per presentar una galeria quasi horitzontal d'uns 20 m de llarg, de secció quadrada d'uns 2 x 2 m, que dona a la part baixa d'un enfonsament de volum apreciable, d'uns 25 m de desnivell, la qual cosa és més que suficient per a crear un microclima propici per al creixement dels pteridòfits i briòfits.

No podem saber com era aquest enfonsament abans dels treballs de mineria, però el més probable és que hi hagués un enfonsament natural. La litologia presenta a les parets de l'enfonsament consisteixen amb bretxes de materials retians. La cronologia de la gènesi d'aquestes bretxes podria ser pliocena o quaternària (BOVER *et al.*, 2004).

La mina des coll des Cocons consta de dues galeries que donen a un enfonsament, amb la finalitat d'obtenir guix, com s'ha pogut constatar en nombroses mines de la serra de na Burguesa i en pedreres properes (ses Vinyes, Clot d'en Dalmau i na Carnissera).

L'enfonsament té una forma més o manco ovalada. La seva amplada màxima en l'orientació E-O és de 40 m, i la mínima en orientació N-S és de 24 m. Presenta una morfologia típica en el enfonsaments localitzats en les mines de na Burguesa: fons cobert de blocs i terra amb abundant vegetació i amb les parets verticals i lleugerament extraplomades.



Foto 8: *Asplenium onopteris*, a l'avenc des Mort (Foto Damià Vicens).

Photo 8: *Asplenium onopteris*, at the Avenc des Mort (Photo Damià Vicens).

Quant a l'aspecte de conservació cal lamentar, una vegada més, la gran quantitat de fems i deixalles que hi ha en el fons d'aquests tipus d'enfonsaments (GINARD *et al.*, 2009; CRESPI *et al.*, 2010).

#### D- Entrades horitzontals o sub-horitzontals de mida modesta.

Tipologia d'entrada molt comuna de la serra de na Burguesa. Exemples d'aquesta tipologia en tenim a l'avenc de na Boira, l'avenc des Cérvol, la cova des Caçadors, etc. En moltes d'ocasions no hi ha cap pteridòfit.

#### E- Avencs de boca ampla.

Són poques les cavitats de na Burguesa que presentin aquesta morfologia. L'avenc de sa Moneda n'és un exemple, té una boca de dimensions considerables (14 m x 9 m aprox.) i després d'una vertical de 30 m s'arriba a una sala de 42 m x 42 m.; gairebé en el centre de la sala, destaca una columna de 21 m d'alçada (BARCELÓ, 1992).

Una de les entrades de la cova-avenc de na Pica-cento, també es pot classificar dins d'aquesta morfologia. La part superior presenta forma d'embut d'uns 6 m

de diàmetre i a continuació hi ha un pou més estret que dóna al sòtil de la sala Principal de la cova.

#### F- Avencs de boca estreta.

Són entrades que tenen aproximadament entre 0,5 i 2 m de diàmetre; en general presenten una verticalitat pronunciada o les parets en forma d'olla.

La cova de s'Aigo Estiulada té una entrada que sembla un avenc amb una boca modesta per la qual cosa està inclosa dins aquesta tipologia.

L'avenc de s'Embut, l'avenc des Coll de Son Camps tendrien una boca amb les parets en forma d'olla.

L'avenc des Coll de Son Camps té una boca de 3m x 1m i dóna a una espaiosa sala de 10m x 10m presidida per una imponent estalagmita, i amb un desnivell de 10 m. La penetració del llum afavoreix la vegetació d'interior, amb les omnipresents cianofícies (DOT i SÁNCHEZ, 2004).

#### G- Balmes.

Tipologia molt habitual a la serra de na Burguesa; només algunes localitats presenten una comunitat singular de pteridòfits. La balma de sa Falzia Negra, amb



Foto 9: *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens* i *Selaginella denticulata*, a la Covota des Puig Gros de Bendinat (Foto Damià Vicens).

Photo 9: *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens* and *Selaginella denticulata*, at the Covota des Puig Gros de Bendinat (Photo Damià Vicens).



Foto 10: Detall d'*Asplenium trichomanes*, a la cova des Ribellet (Foto Mateu Vadell).

Photo 10: Details of *Asplenium trichomanes*, at the Cova des Ribellet (Photo Mateu Vadell).

una orientació cap el NNE, és de les poques amb un microclima adient per trobar-hi poblament de pteridòfits (CRESPÍ *et al.*, 2010).

#### H- Trinxeres.

Es troben associades a mines o pedreres i es poden trobar exemples d'aquesta tipologia a les coves del Pilar, la cova des Cavall o la cova des Coloms.

En aquestes trinxeres normalment s'observa la roca nua, com ara a les coves del Pilar o a la cova des Cavall, i a les parets habitualment s'hi poden trobar nombrosos briòfits però pocs pteridòfits. A la trinxera de la cova des Coloms, a part de roca també hi ha bretxes i restes de sòls.

## Catàleg florístic

### BRIÒFITS

La determinació del material observat ha permès identificar la presència de 4 hepàtiques i 14 molsets a les cavitats de la serra de na Burguesa. La distribució a les cavitats mostrejades es presenta a la Taula 1.

#### *Frullania dilatata* (L.) Dumort.

Espècie corticícola, que rarament es troba entre les gespes d'altres briòfits o damunt roques. La seva presència a la flora d'entrada de cavitats és accidental.

#### *Lophozia turbinata* (Raddi) Steph.

La seva presència caracteritza els indrets argilosos, una mica humits, i amb poca llum dels avencs. Freqüent a l'exterior, ja s'havia detectat als avencs de la serra de Tramuntana (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

#### *Lunularia cruciata* (L.) Lindb.

Abundant a totes les Balears, en molts d'ambients. Presència ocasional com a integrant de la flora d'entrada de cavitats mallorquina (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

#### *Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.

Prèviament detectada al Clot des Sero (GINÉS i GINÉS, 1992). Rarament indicada als avencs de la part central de la serra de Tramuntana, en indrets argilosos i amb cert grau d'humitat edàfica (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).



Foto 11: *Polypodium cambricum*, a la cova des Pastors. A la franja horitzontal central hi ha *Asplenium sagittatum* (Foto Damià Vicens).

Photo 11: *Polypodium cambricum*, at the Cova des Pastors. In the central horizontal belt *Asplenium sagittatum* is located (Photo Damià Vicens).

*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.

Espècie mesòfila, freqüent als peus de les balmes de la serra de Tramuntana. Ha estat trobada al mateixos tipus d'ambients a la serra de na Burguesa.

*Eurhynchium praelongum* (Hedw.) Schimp.

Presenta les mateixes apetències ecològiques que l'espècie precedent, amb la qual sol conviure a l'exterior. Presència accidental a la flora d'entrada de cavitats.

*Fissidens dubius* P. Beauv.

És una de les espècies més freqüents de la flora d'entrada de cavitats mallorquina (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). Creix als llocs argilosos moderadament il·luminats.

*Homalia lusitanica* Schimp.

Aquesta és una de les espècies més característica de les parets dels avencs verticals de la serra de Tramuntana, i apareix rarament a les cavitats de la península d'Artà (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). La seva presència a la serra de na Burguesa és rellevant i ja s'havia indicat prèviament al Clot des Sero (GINÉS i GINÉS, 1992), localitat més meridional de la seva distribució mallorquina.

*Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp.

Espècie calcícola, que viu sobre terra, fusta o roques, en una gran varietat d'ambients i exposicions. Molt abundant a l'exterior però sembla ocasional la seva troballa a una cavitat.

	Clot de Son Boronat	Cova des Vidres	Cova des Ribellet	Avenc des Fumerol	Cova des Coral·loides	Clot des Sero	Dollina des Vilarassa	Clot des Batzers	Torrent cap a na Placento	Avenc de sa Nevada	Balma de s'Estepa	Cova des Pastors	Avenc de s'Aigo Estiulada	Balma de sa Falzia Negra	Cova des Coloms	Avenc des Mort	Mina de s'Arbocera	Mina de s'Olla	Covota des Puig Gros de Bendinat	Clot de ses Falgueres
<b>Hepàtiques</b>																				
<i>Frullania dilatata</i>															+					
<i>Lophozia turbinata</i>									+											
<i>Lunularia cruciata</i>														+		+				
<i>Pellia fabroniana</i>						+														
<b>Molses</b>																				
<i>Brachythecium rutabulum</i>														+						
<i>Eurhynchium meridionale</i>	+	+	+						+	+			+			+	+	+		+
<i>Eurhynchium praelongum</i>								+												
<i>Fissidens dubius</i>				+	+															
<i>Homalia lusitanica</i>						+														
<i>Homalothecium sericeum</i>															+					
<i>Hypnum cupressiforme</i>			+		+															
<i>Leptodon smithii</i>									+											
<i>Orthotrichum anomalum</i>									+											
<i>Plagiomnium undulatum</i>			+													+				
<i>Rhynchostegium megapolitanum</i>	+			+		+														
<i>Rhynchostegiella tenella</i>														+						
<i>Scleropodium touretii</i>									+						+					
<i>Scorpiurium circinatum</i>			+						+		+	+			+		+		+	+

Taula 1: Distribució dels briòfits a les cavitats de na Burguesa.

Table 1: Distribution of bryophytes in the cavities of Na Burguesa range.

*Hypnum cupressiforme* Hedw.

Espècie calcícola, que viu sobre terra, fusta o roques, en una gran varietat d'ambients i exposicions. Molt abundant a l'exterior però no indicada prèviament a cavitats.

*Leptodon smithii* F. Weber & D. Mohr

Espècie rupícola o, més freqüentment epífita, molt abundant a la serra de Tramuntana i que es coneixia de les parets de dos avencs (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

*Orthotrichum anomalum* Hedw.

Espècie rupícola, molt abundant a la serra de Tramuntana i que no es coneixia prèviament a la flora dels avencs mallorquins. Sembla ocasional la seva presència a cavitats.

*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J. Kop.

Els integrants de la família Mniaceae presenten una notable freqüència d'aparició als avencs mallorquins, en llocs feblement il·luminats, sovint als replans i al fons de les cavitats, on solen presentar un gran desenvolupament (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

*Plasteurhynchium meridionale* (Schimp.) M. Fleisch.

És l'espècie amb major freqüència d'aparició a la serra de na Burguesa. Ja s'havia citat prèviament com a espècie ocasional a la flora d'entrada de cavitats illenca (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). Sol viure sobre sòls i roques, als llocs amb il·luminació moderada i baixa humitat ambiental. Molt freqüent a la flora de l'exterior.

*Rhynchostegium megapolitanum* (Blandow ex F. Weber & D. Mohr) Schimp.

Espècie molt freqüent a Balears, en llocs mèsics i protegits de la il·luminació directa. Present a tres cavitats dins l'àrea d'estudi, però no indicada prèviament a la flora d'entrada de cavitats mallorquina.

*Rhynchostegiella tenella* (Dicks.) Limpr.

Espècie molt freqüent a Balears, en llocs mèsics i xeròfils, preferentment sobre roques i dins una gran diversitat d'ambients. No és rara a la flora dels avencs mallorquins (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F. Koch

Espècie terrícola, freqüent a l'exterior als indrets mèsics amb una certa il·luminació. Trobada sols a dues cavitats, i prèviament no indicada a la flora d'entrada de cavitats balear.

*Scorpiurium circinatum* (Bruch) M. Fleisch & Loeske

Juntament amb *Plasteurhynchium meridionale* és una de les espècies d'aparició més freqüent a les cavitats de la serra de na Burguesa. Indicada prèviament, molt ocasional, a cavitats dels indrets secs de la serra de Tramuntana i a Artà (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). Molt freqüent a la flora briofítica de Balears, en un gran rang altitudinal i en una gran diversitat d'ambients.

## PTERIDÒFITS

A la Serra de na Burguesa s'han observat 10 espècies de pteridòfits; d'una de les quals se'n citen 2 subespècies. La distribució es presenta a la Taula 2.

*Adiantum capillus-veneris* L.

Aquesta espècie només s'ha localitzat en cinc cavitats. A les trinxeres de les mines és el lloc on s'han trobat les poblacions més grans (Foto 5).

*Anogramma leptophylla* (L.) Link

S'ha observat en sis cavitats (Foto 6), sempre en petits grups (índex de sociabilitat 2).

*Asplenium ceterach* L.

S'ha observat en gairebé la meitat de cavitats en què hi ha pteridòfits però sempre amb uns índexs de sociabilitat més aviat baixos (Foto 7). A la serra de na Burguesa, també s'ha observat a llocs ombrívols, fora de les cavitats.

*Asplenium onopteris* L.

S'ha localitzat en cinc cavitats però només en tres d'aquestes presenta poblacions significatives (Foto 8).

*Asplenium petrarchae* (Guérin) DC.

Aquesta espècie només s'ha localitzat en una paret, a prop de la cova des Coloms, orientada cap al N, que duu a la trinxera d'entrada a la cova.

*Asplenium sagittatum* (DC.) Bang.

S'ha localitzat aquesta espècie a 15 cavitats amb uns índexs de sociabilitat molt diferents; en algunes cavitats només hi ha individus aïllats (índex 1) i en altres grups mitjans (índex 3). Hi ha una població important a la cova des Pastors (Foto 1), a l'avenc-cova de na Picacento (Foto 2) i al clot des Sero. Cal remarcar la desaparició d'una població a la cova des Ribellet. A la tardor de l'any 2004, n'hi havia uns 80 peus aproxima-



dament, en una ampla zona de l'entrada de la cavitat i en estat de conservació molt bo. A la primavera de l'any 2007 només en quedaven uns quants peus i en molt mal estat. Durant les darreres visites, efectuades l'any 2010, s'ha pogut fer palesa la desaparició d'aquesta espècie, per causes desconegudes, en aquesta cavitat.

*Asplenium scolopendrium* (L.) Newman

Aquesta espècie només s'ha localitzat en el Clot des Sero (Fotos 3 i 4), cavitat que en conté una excepcional població amb un índex de sociabilitat alt (poblament continu important); al Clot des Sero s'han observat frondes de fins a 117 cm. Antigament, era recol·lectada en el Clot des Sero amb finalitats terapèutiques.

*Asplenium trichomanes* L. subsp. *inexpectans* Lovis

Aquesta espècie només s'ha localitzat a dues cavitats, clot de ses Falgueres i cova des Coloms.

*Asplenium trichomanes* L. subsp. *quadrivalens* D.E. Meyer

S'ha observat en un 25% de les cavitats on hi ha pteridòfits. Són destacables les poblacions de la Covota des Puig Gros de Bendinat (Foto 9), de la cova des Ribellet (Foto 10) i de la mina de s'Arbocera. A la serra de na Burguesa, també s'ha observat a llocs ombrívols, fora de les cavitats.

*Polypodium cambricum* L.

S'ha observat en més de la meitat de les cavitats, amb diferents índexs de sociabilitat (Foto 11). A la serra de na Burguesa, també s'ha observat a molts llocs ombrívols, fora de les cavitats.

*Selaginella denticulata* (L.) Spring.

S'ha observat en un 25% de les cavitats on hi ha pteridòfits i a vegades amb un índex de sociabilitat alt (Foto 9). A la serra de na Burguesa, també s'ha observat a molts llocs ombrívols, fora de les cavitats.

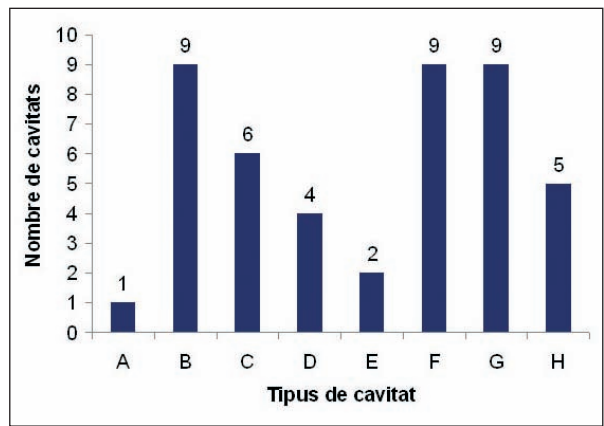


Figura 1: Nombre de cavitats en què s'hi han localitzat pteridòfits segons el tipus de cavitat.

Figure 1: Number of cavities containing pteridophytes plotted against their typology.

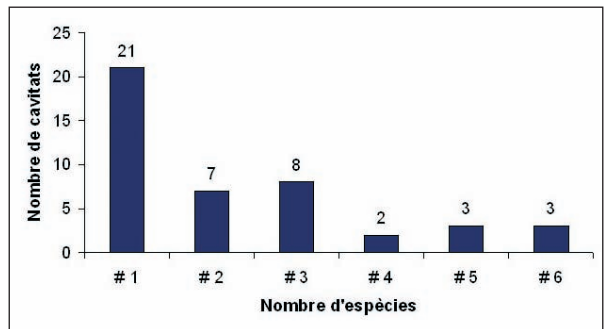


Figura 2: Riquesa florística present a les cavitats de na Burguesa. El nombre d'espècies mostrejades a cada cavitat és bàsicament molt baix, i gairebé en el 50% de les cavitats a on s'ha detectat un pteridòfit existeix una única espècie.

Figure 2: Floristic richness in the cavities of Na Burguesa range. The number of sampled species in each cavity is usually very low, and approximately in a 50% of the cavities containing pteridophytes only one species is present.

A la Taula 2, presència de pteridòfits, s'observa que algunes espècies són força freqüents com ara, *Polypodium cambricum*, *Asplenium ceterach*, *Asplenium sagittatum*, *Asplenium trichomanes* subsp. *quadrivalens* o *Selaginella denticulata*; algunes altres, per contra, no són gaire freqüents com ara, *Adiantum capillus-veneris*, *Anogramma leptophylla* o *Asplenium onopteris*.

Taula 2: Presència de pteridòfits a la serra de na Burguesa. De cada espècie s'indica: si es troba a la paret (P), en terra (T) o ambdós llocs (+); l'índex de sociabilitat segons l'escala de valors de Braun-Blanquet (1: individus aïllats, 2: petits grups, 3: taques o grups mitjans, 4: poblament continu important, 5: poblament gairebé pur o continu); si es troba en un ambient ombrívol (O), exposada al llum (E) o ambdós ambients (-). La penúltima columna indica la direcció de l'entrada de la cavitat. Finalment, la darrera columna indica el tipus de cavitat, segons la tipologia de l'entrada (A: enfonsaments naturals amb parets verticals o escarpades, B: enfonsaments naturals amb parets verticals o escarpades i un costat inclinat, C: enfonsaments associats a mines o pedreres, D: entrades horitzontals o sub-horitzontals de mida modesta, E: avencs de boca ampla, F: avencs de boca estreta, G: balms, H: trinxeres).

Table 2: Presence of pteridophytes in Na Burguesa range. For each species it is indicated: if it grows on the walls (P), ground (T) or on both sites (+); the index of sociability according to Braun-Blanquet is also indicated (1: isolated individuals, 2: small groups, 3: patches or medium-sized groups, 4: continuous population, 5: almost pure or continuous population); shady environment (O), exposed (E) or both (-); direction of the cavity entrance; and type of cavity according to their entrance typology (A: natural collapses with vertical cliffs all around, B: natural collapses with vertical cliffs but including a gently slope side, C: collapses associated to mines and quarries, D: small-sized horizontal entrances, E: vertical cavities with wide entrances, F: vertical cavities with small openings, G: rock shelters, H: artificial trenches).

	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	<i>Anogramma leptophylla</i>	<i>Asplenium onopteris</i>	<i>Asplenium trichomanes</i> L. subsp. <i>quadrivalens</i>	<i>Asplenium trichomanes</i> L. subsp. <i>inexpectans</i>	<i>Asplenium ceterach</i>	<i>Asplenium sagittatum</i>	<i>Asplenium scolopendrium</i>	<i>Polypodium cambicum</i>	<i>Seleginella denticulata</i>	<i>Asplenium petraeae</i>	Direcció entrada	Tipus de cavitat
Avenc d'en Pau							P,2,O					NO	B
Avenc de n'Andreu						P,2,O	P,1,O					SE	F
Avenc de na Boira						P,2,O						-	D
Avenc de s'Aigo Estilada							P,1,O			+4,E		S	F
Avenc de s'Embut							P,1,O					-	F
Avenc de s'Ullastre									T,1,E			O	F
Avenc de sa Moneda				P,1,O			P,2,O		P,1,O			NE	E
Avenc de sa Nevada										+3,E		-	F
Avenc de sa Sorpresa						P,1,O			P,1,O			N	F
Avenc de s'Eriçó							P,1,O					-	F
Avenc des Cérvol									P,2,O			O	D
Avenc des Coll de Son Camps							P,2,O					-	F
Avenc des Mort			P,3,O	P,2,O			P,1,O					SO	B
Avenc des Xuclamel									P,1,E			SE	F
Avenc-Cova de Na Picacento							+3,O					NO	B
Avenc-Cova de Na Picacento							P,3,O					NE	E
Balma de sa Falzia Negra		T,2,O	+3,O	+2,O		+2,O			+2,O	+4,O		NE	G
Balma de Sa Rapa			T,1,O			T,1,O			T,1,O			N	G
Balma de s'Olivella						P,1,E						S	G
Balma des Pa Porcí										T,1,O		N	G
Clot de ses Falgueres				+2,O	+2,O	+2,O			+2,O	+2,O		-	C
Clot de son Boronat						P,1,O	P,1,O			T,2,O		N	B
Clot des Batzers		T,1,O	T,1,O	T,1,O		T,1,O			T,1,O	T,3,O		NE	B
Clot des Sero							T,3,O	T,4,O	P,2,O			-	A
Cova de Sa Palla						P,3,E			P,3,E			NE	G
Cova dels Coloms		P,2,O		+2,O	+1,O	+1,O			+3,O	T,3,E		NE	H
Cova des Cavall	P,2,O								P,1,O	T,3,E		NO	H
Cova des Coals									T,1,E			N	G
Cova des Pastors	P,1,O	T,2,E					T,3,E		T,1,E			N	B
Cova des Ribellet			T,4,O	P,3,E			T,4,O		P,2,E	+2,E		SE	B
Cova Gegant	P,1,O											S	G
Cova Nova				T,2,O					T,1,O			S	B
Coves del Pilar	P,3,O											O	H
Coves des Caçadors									P,2,E			NO	D
Coves des Forn de Calç						T,1,E			T,1,E			N	G
Coves des Màrmol	P,2,O						P,1,O					-	D
Coves des Màrmol						T,1,E			T,1,E			-	G
Covota des Puig Gros de Bendinat		+2,E		P,3,O		P,2,O			P,3,O	+3,E		S	B
Cruï de sa Dauradella						P,2,O						-	H
Cruï de sa Pedrera						P,1,E						O	H
Mina de s'Arbocera				T,3,E		T,2,E						-	C
Mina de s'Olla		P,2,O				P,3,O			P,1,O			NE	C
Mina des Camí Vell de Puigpunyent				T,1,E								-	C
Mina des Coll des Cocons				T,2,O		T,2,O			T,2,O			-	C
Pedrera Grossa						P,2,E						-	C
Paret al voltant de la cova des Coloms											P,1,O	-	-
TOTAL (núm de cavitats on hi ha l'espècie)	5	6	5	12	2	20	15	1	23	11	1		

*Asplenium scolopendrium* només s'ha observat en una cavitat i *Asplenium trichomanes* subsp. *inexpectans* només en dues. Quant a l'*Asplenium petrarchae*, només s'ha observat en una paret al voltant de la trinxera de la cova des Coloms.

Cal també destacar la desaparició de l'*Asplenium sagittatum* de la cova des Ribellet on hi havia un poblament continu important a l'any 2004; població que a hores d'ara ha desaparegut per complet.

Quant al tipus de cavitats (Fig. 1), cal destacar que fins a 9 cavitats dels tipus B, F i G s'hi ha localitzat com a mínim una espècie. Per contra s'han localitzat pteridòfits només a 1 cavitat del tipus A i a 2 cavitats del tipus E.

Segons les dades obtingudes de la Taula 2, hi ha poques cavitats en què s'hagi localitzat un nombre elevat d'espècies (Fig. 2); a mesura que augmenta el nombre d'espècies localitzades disminueix el nombre de cavitats.

## Conclusions

L'exploració florística de les cavitats càrstiques, i fenòmens associats, de la serra de na Burguesa ha posat de manifest una sèrie de peculiaritats respecte al poblament dels briòfits i pteridòfits prèviament coneguts de la flora d'entrada de cavitats mallorquina. Pel que fa als briòfits cal destacar l'absència en el territori de *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Nieuwl. i alhora la raresa de *Homalia lusitanica*, dues de les espècies més conspicues del poblament muscinal de les cavitats verticals de la serra de Tramuntana (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). En general la flora briofítica de la serra de na Burguesa està constituïda per elements mesòfils d'ample distribució a Mallorca i que tenen una valència ecològica prou ample com per a que puguin ser considerats com a vertaders elements troglòfils.

L'element relicte briofític present a les cavitats de la serra de na Burguesa és certament marginal i poc destacable en el context del poblament briofític d'entrada de cavitats que es coneix a la serra de Tramuntana. Pot ser que algunes de les morfologies que presenten les cavitats prospectades, poc adients per l'establiment de micronínxols ecològics i per afavorir un gradient microclimàtic, siguin en bona part responsables d'aquesta manca d'elements troglòfils relictuals, emperò la poca alçada de la serra i amb menys precipitacions que altres zones de la serra de Tramuntana també deuen jugar un paper important. Tan sols l'avenc des Sero, amb la seva peculiar fesomia, sembla ser l'única cavitat que ha permès la conservació d'alguns elements singulars, com *Homalia lusitanica* i *Asplenium scolopendrium*, que testimonien que fins i tot en aquesta part meridional i xèrica de la serra de Tramuntana hi degué haver un canvi dràstic de la vegetació més mesòfil·la, amb la conseqüent rarefacció i, probablement, extinció dels elements vegetals, si més no briofítics, més sensibles al canvi climàtic.

## Annex I. Anàlisi del sòl

El sòl és un sistema molt complex que serveix com a suport de les plantes, a més de servir de rebost d'aigua i d'altres elements necessaris per al desenvolupament dels vegetals. El sòl és considerat com un ens viu en el qual habiten gran quantitat d'éssers vius com petits animals, insectes, microorganismes (fongs i bacteris) que influeixen en la vida i desenvolupament de les plantes d'una manera o altra.

El sòl és un sistema obert, dinàmic, constituït per tres fases. La fase sòlida està formada pels components inorgànics i els orgànics, que deixen un espai de buits (porus, càmeres, galeries, esquerdes i altres) en què es troben les fases líquida i gasosa (principalment oxigen i diòxid de carboni). El volum de buits està ocupat principalment per aigua que pot portar ions i substàncies en solució o suspensió, per aire i per les arrels i organismes que viuen a terra. Tots aquests elements li donen les seves propietats físiques i químiques.

Es pot parlar sobre l'evolució del sòl, és a dir, canvi de les seves característiques basant-se en el clima, presència d'animals i plantes i en l'acció de l'home. Per tant un sòl natural, en el que l'evolució és lenta, és molt diferent d'un cultivat.

Per tant, la gestió adequada d'un sòl és necessària per poder preservar la seva fertilitat, obtenir millors resultats i respectar el medi ambient. D'altra banda, analitzar un sòl és necessari si el volem gestionar adequadament.

### L'ESTRUCTURA DEL SÒL

Les propietats físiques i químiques d'un sòl depenen fonamentalment de la textura i de la seva estructura. La importància d'aquestes propietats és molt gran, ja que d'elles depèn el comportament de l'aire i l'aigua en el sòl, i per tant condicionen els fenòmens de ventilació, de permeabilitat i d'asfíxia radicular. D'altra banda, les propietats físiques són més difícils de corregir que les propietats químiques, d'aquí el seu interès des del punt de vista de la fertilitat d'un sòl.

Entre les petites partícules minerals dels sòls s'inclouen arenes, llims i argiles. Alguns sòls presenten a més altres partícules més grans anomenades pedres, còdols o graves. La textura defineix la quantitat d'arena, llim i argila que hi ha al sòl.

Les característiques tan especials dels sòls de les entrades de les cavitats de les Balears no han estat mai estudiats. Aquests sustenten una flora ben particular i diferent de l'entorn exterior a on estan situats.

### COMPOSICIÓ FÍSICA DEL SÒL

#### Textura

La fracció fina, amb grans de mida inferior als 2 mm, inclou les partícules d'arena que són les més grans (entre 2 mm i 62,5 µm) i es caracteritzen per presentar un

tacte grumós. El llim és la partícula de mida intermèdia (entre 62,5 i 4 µm), situada entre l'arena i l'argila. L'argila és la partícula més petita (< 4 µm). Les combinacions d'arena, llim i argila normalment es descriuen de la següent manera:

- Textura fina: sòls formats per partícules d'argila.
- Textura mitjana: sòls de naturalesa llimosa.
- Textura gruixuda: sòls amb un alt contingut d'arena.

Per tant, la textura defineix la quantitat i la mida dels espais que hi ha entre les partícules del sòl. Aquests espais determinen la facilitat que té l'aigua per circular a través del sòl i la quantitat d'aigua que el sòl pot retenir.

La naturalesa de la fracció inferior a 2 mm de les dues mostres, la que conforma les característiques del sòl, és de naturalesa mitjana o llimosa amb arena (Taula 3).

	Pes (g)	Fracció fina < 2 mm	Fracció gruixuda > 2 mm
Cova des Pastors	197,43	105,92 g (53,76%)	91,51 g (46,24%)
Cova des Ribellet	601,59	542,42 g (90,16%)	59,17 g (9,84%)

Taula 3: Fracció fina i fracció gruixuda de les mostres analitzades.

Table 3: Fine and coarse fractions in the analyzed samples.

La fracció gruixuda està composta per graves (mides entre 2 mm i 6 cm) i la majoria es corresponen amb graves fines (de 2 a 6 mm) a la cova del Ribellet (90%) i molt poques graves mitjanes (de 6 mm a 2 cm) i graves gruixades (de 2 a 6 cm). A la cova des Pastors les graves fines suposen el 60% del total de fracció gruixuda.

### Taula de colors Munsell

Un dels criteris diagnòstics, molt important per a la identificació i avaluació del sòl és el color. El color és la característica del sòl més immediata i fàcil de determinar; encara que no intervé en els processos edàfics, sí és un paràmetre que serveix per avaluar altres característiques del sòl. El color es deu a la quantitat de llum reflectida en rang definit del espectre electromagnètic. La teledetecció pot ésser un instrument per detectar aquestes longituds d'ona i és útil per a l'anàlisi del color dels sòls.

Per determinar el color s'utilitza la Taula Munsell (Revised Standard Soil Color Charts, 2002). La medició dels colors es realitza gràcies a una comparació de les mostres de sòl amb la Taula Munsell que consta de 389 colors ordenats en forma sistemàtica.

Aquesta ordenació es fa d'acord amb el matís (hue), la claredat (value) y la puresa (chroma). El matís (hue), és el color de l'espectre dominant: està relacionat amb la longitud d'onda de la llum dominant. La claredat (value), se refereix a la relativa obscuritat o claredat del color. La puresa (chroma), és l'expressió relativa o la força del

color espectral i augmenta d'acord amb la disminució dels grisos neutres.

El color del sòl és una propietat de diagnòstic important, perquè sintetitza i mostra moltes variables i condicions del perfil del sòl. El color va relacionat amb la quantitat de matèria orgànica, aireació (oxidació, reducció), porositat i composició mineral.

El diagnòstic de sòls, d'acord al color dels mateixos és el següent:

- Sòl de color negre: acumulació de matèria orgànica.
- Sòl de color vermell i groc: evidencien òxid de ferro i es presenten àmpliament en climes humits, temperats i calents; en condicions temperades els sòls són pàl·lids, mentre que es mostren radiants en climes càlids.
- Sòl de color cafè: aquesta tonalitat és comú en sòls esteparis on la matèria orgànica té saturació de calci.

Els sòls estudiats segons la Taula Munsell es corresponen al primer grup, sòls foscos, indicant, *a priori*, una elevada presència de matèria orgànica (Taula 4).

	En sec	En humit
Cova des Pastors	5YR-3/2 dark reddish brow	5YR 2,5/1 black
Cova des Ribellet	5YR-2.5/2 dark reddish brow	5YR 2,5/1 black

Taula 4: Colors de les mostres en sec i en humit.

Table 4: Sample colours in dry and wet conditions.

### COMPOSICIÓ QUÍMICA DEL SÒL

La composició química del sòl inclou la mitjana de la reacció d'un sòl (pH) i dels seus elements químics (nutrients). L'anàlisi és necessària per a una millor gestió de la fertilització d'un cultiu i per escollir les plantes més adequades per sobreviure unes determinades espècies.

### El pH del sòl

La reacció d'un sòl fa referència al grau d'acidesa o basicitat del mateix i generalment s'expressa mitjançant un valor de pH del sistema sòl-aigua. El pH és la mesura de la concentració d'ions d'hidrogen [H]. Segons aquest valor, un sòl pot ser àcid, neutre o alcalí. Les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl estan influenciades per l'acidesa o basicitat del medi, que al seu torn condicionen l'ús agronòmic del sòl. Així, la majoria de les plantes prefereixen rangs de pH de 5,5 a 7,5, però algunes espècies prefereixen sòls àcids o alcalins. No obstant això, cada planta necessita un rang de pH, on poder expressar millor la seva potencialitat de creixement.

Del pH també depenen els processos d'humificació. En funció del pH es produeixen diferents tipus de matèria orgànica del sòl i propietats que influeixen directament sobre el creixement vegetal com ara el moviment i

disponibilitat dels nutrients o els processos d'intercanvi catiònic.

El pH influeix sobre la mobilitat dels diferents elements del sòl: en uns casos disminuirà la seva solubilitat, de manera que les plantes no podran absorbir-los, en altres l'augment de la solubilitat deguda al pH, farà que per a determinats elements sigui màxima (per exemple, quan hi ha molta acidesa se solubilitza enormement l'alumini que pot assolir nivells tòxics). Cada planta necessita elements en diferents quantitats i aquesta és la raó per la qual cada planta requereix un rang particular de pH per optimitzar el seu creixement.

Els sòls de la serra de Tramuntana són de característiques bàsiques. La litologia calcària de la zona ens marca valors de pH en torn del 8,3-8,4.

Els valors de pH de les mostres són: 8,2 a la cova des Ribellet i 7,8 a la cova des Pastors.

### Matèria orgànica

La matèria orgànica del sòl es considera com l'indicador més significatiu de la qualitat del sòl, sent el component més important a seleccionar entre un grup de dades mínims i necessaris per a definir la qualitat del sòl.

La matèria orgànica del sòl és fonamental per mantenir l'estructura del sòl, retenir l'aigua necessària i actuar com a reserva nutritiva. Certs usos del sòl poden disminuir de forma dràstica el contingut de matèria orgànica del sòl. Les causes principals que desencadenen aquest procés són: l'agricultura intensiva i la crema dels residus de les collites in situ.

Per determinar el contingut de matèria orgànica del sòl es procedeix a calcinar la mostra a 500°C durant 3-4 hores. La pèrdua de pes en calcinar la mostra s'atribueix a la presència de matèria orgànica. L'inconvenient d'aquesta tècnica és que les pèrdues de pes es poden deure a descomposició d'aluminosilicats, pèrdua d'aigua de constitució o pèrdua de carbonats del sòl, encara que a aquesta temperatura no hi ha dissociació de carbonats.

Generalment, un sòl amb un alt contingut de matèria orgànica presenta una gran activitat microbiana, la qual pot ser avaluada mitjançant la respiració microbiana, encara que no s'han pres mesures de respiració.

Les concentracions de matèria orgànica als sòls estudiats són molt elevades, entre els materials descartats a l'hora de prendre la mostra s'hi han trobat caragols (*Clausilia bidens* i *Oxychilus lentiformis*), un oligoquet, i arrels i fulles seques a la mostra de la cova des Ribellet i restes de diplòpodes iúlids a la mostra de la cova des Pastors. Els valors de matèria orgànica de les mostres són elevats, tal com pronosticaven els colors foscos d'aquestes; a la cova des Ribellet 63,73 g de C orgànic/Kg i a la cova des Pastors 83,96 g de C orgànic/Kg.

### Carbonats

Els sòls calcaris són importants per les seves característiques i comportament específic. És el tipus de sòl més abundant a les Illes Balears. Al món representen el

30% de la seva superfície. La calcita, malgrat esser un mineral fàcilment meteoritzable, és un component freqüent en els sòls en regions àrides i semiàrides, degut a que aquests sòls tenen un règim d'humitat no percolant (xèric, arídic o ústic). La duració ecològica d'un procés d'acumulació de carbonat càlcic és molt menor que l'edat d'aquests sòls, atès que els processos de rentat no evolucionen per manca d'aigua i el desenvolupament del sòl queda frenat. Si les condicions d'humitat canviesin cap a més humitat, s'iniciaria un procés de descarbonatació i el carbonat càlcic aniria disminuint gradualment, per rentat.

Per a la seva determinació s'ha utilitzat un calcímetre de Bernard, i els resultats marquen un 12,7% a la cova des Ribellet i un 32,3% a la cova des Pastors.

### Conductivitat

La conductivitat elèctrica ens dona l'estimació sobre la quantitat de sals que conté una determinada mostra de sòl. La relació sòl-aigua dependrà de la quantitat i composició de les sals (ions carregats) presents a la mostra i pot actuar com a un element segregador de molècules d'aigua i per tant de l'aigua disponible per a la vegetació que s'instal·la sobre aquest sòl.

La conductivitat per a mostres estudiades és baixa; per a la cova des Pastors és de 368 µS/cm i per a la cova des Ribellet 300 µS/cm.

## Annex II. Pteridòfits: noms en català i etimologia

*Adiantum capillus-veneris* L.

*Adiantum* vol dir: jo no me mull, perquè l'aigua rellisca per damunt les fulles coriàcies. *Capillus-veneris*, cabell de Venus, perquè és emprada des de molt antic per a evitar l'alopecà, i per conservar els cabells negres (BONAFÈ, 1977). En català, es coneix amb el nom de falzia, capil·lera, falguerola o adiant (ALOMAR, 2003).

*Anogramma leptophylla* (L.) Link

En català, es coneix amb el nom de falzia fina (ALOMAR, 2003).

*Asplenium ceterach* L.

*Ceterach*, nom àrab de la planta; en una sinonímia antiga, *Ceterach officinarum*, la denominació de *officinarum* vol dir medicinal (BONAFÈ, 1977). Les seves propietats medicinals estan recollides a Palau (1981). En català, es coneix amb el nom de dauradella (ALOMAR, 2003).

*Asplenium onopteris* L.

En català, es coneix amb el nom de falzia negra (ALOMAR, 2003).  
*Asplenium petrarcae* (Guérin) D.C.

Dedicat al poeta Petrarca, perquè fou descoberta a Vauclusa, Provença, lloc celebrat per ell (BONAFÈ, 1977). En català, es coneix amb el nom de falzia glandulosa (ALOMAR, 2003).

*Asplenium sagittatum* (DC.) Bang.

En català, es coneix amb el nom de llengua de cero (ALOMAR, 2003).

*Asplenium scolopendrium* (L.) Newman

En català, es coneix amb el nom de llengua de cero vera (ALOMAR, 2003).

*Asplenium trichomanes* L.

*Trichomanes*, significa abundància de pèl, pel gran nombre de frondes, raquis primis i negres, semblants a cabells (BONAFÈ, 1977). En català, es coneix amb el nom de falzia roja (ALOMAR, 2003).

*Polypodium cambricum* L.

*Polypodium*, vol dir popet, al·ludint segurament als sorus arrengrerats a les fulles com les ventoses en els tentacles dels pops (BONAFÈ, 1977). En català, es coneix amb el nom de polipodi (ALOMAR, 2003).

*Selaginella denticulata* (L.) Spring.

*Selaginella*, diminutiu de *Selago*, nom donat per Plini a una mena de Sivina, per la petitesa d'aquestes plantes comparades amb els *Licopodis*. *Denticulata*, per les fulles denticulades (BONAFÈ, 1977). En català, es coneix com a molsa borda o selaginella (ALOMAR, 2003).

## Agraïments

Al Dr. Jaume Vadell, membre del Departament de Biologia de la Universitat de les Illes Balears, per analitzar alguns paràmetres químics de les mostres del sòl.

Al Dr. Joaquín Ginés que ha revisat i millorat aquest text.

Al nostre company, Mateu Vadell, que ens ha acompanyat en diverses sortides i ha fotografiat algunes espècies de pteridòfits.

Part d'aquest treball s'ha vist beneficiat pel projecte de MICINN CGL2009-07392.

## Bibliografia

- ALOMAR, G. (2003): *Les Falgueres de les Balears*. Quaderns de Natura de les Balears. Edicions Documenta Balear.
- BARCELÓ, M. A. (1992): Cavidades de la Serra de na Burguesa. Zona 1: S'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Endins*, 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). *Endins*, 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). *Endins*, 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). *Endins*, 26: 59-82.
- BONAFÈ, F. (1977): *Flora de Mallorca*. Tom I. Editorial Moll. Palma. 363 pp.
- CAÑIGUERAL, J. (1949): Las cuevas de Campanet (Mallorca). *Ibérica*, 156: 178-182.
- CRESPI, D.; BOVER, P.; GINARD, A.; VICENS, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M. A. SERRA, J. i SANTANDREU, G. (2004): La mineria del guix als voltants de Palma (Mallorca). *IV Jornades del Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 70-71.
- CRESPI, D., GINARD, A., VICENS, D., VADELL, M. i BARCELÓ, M. A. (2007): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 9: Son Boronat-L'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Endins* 31: 141-160.
- 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-. *Endins*, 24: 75-97.
- CRESPI, D.; BOVER, P.; GINARD, A.; VICENS, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M. A. i GRÀCIA, F. (2010): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 9: Son Boronat-L'Hostalet (Calvià, Mallorca) (3a part). *Endins*, 34: XX-XX.
- DOT, M.A. i SÁNCHEZ, C. R. (2004): El carst de sa Malafetge (Calvià i Palma, Mallorca). *Endins*, 26: 105-124.
- FIOL, L. (1995): Flora de les entrades de les cavitats de Mallorca / Flora at the cavity entrances in Mallorca. *Endins*, 20 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 145-153.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geològica de la mitad occidental de la Isla de Mallorca*. Inst. Tec. Geominero de España. 129 p. Madrid.
- GINARD, A.; PLA, V.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BOVER, P.; BARCELÓ, M. A.; SANTANDREU, G. i VICENS, D. (2004): Pteridòfits a les entrades de cavitats de la serra de na Burguesa (Mallorca). *IV Jornades del Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 177-178.
- 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). *Endins*, 29: 99-120.
- GINARD, A.; BOVER, P.; VICENS, D.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M.A. (2009): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 9: Son Boronat-L'Hostalet (2a part) (Calvià, Mallorca). *Endins*, 33: 105-120.
- GINART, C. i MASCARÓ, M. (1996): *Na Burguesa: un ecosistema amenaçat*. Govern Balear. Conselleria d'Educació, Cultura i Esports. 88 pàg.
- GINÉS, À. (1983): *Bioespeleologia del Karst mallorquí. Datos ecológicos preliminares*. Tesis de licenciatura. Universitat de les Illes Balears. 219 pàg. Palma. Inèdit.
- GINÉS, A. (2000): Morfologia càrstica i vegetació a la Serra de Tramuntana. Una aproximació ecològica a la dinàmica de l'exocarst. *Endins*, 23: 101-110. Palma.

- GINÉS, A. i GINÉS, P. (1992): Principals característiques climàtiques des Clot des Sero (Calvià, Mallorca). *Endins*, 17-18: 37-42.
- GINÉS, J. i GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- 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). *Endins*, 21: 37-49.
- GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986): S'Era d'Escorca (Escorca, Mallorca) i algunes cavitats veïnes. *Endins*, 12: 3-11. Palma.
- ITGE (1991): *Mapa geològic de España, E. 1:50.000. Hoja n° 698/723(IV): Palma/IIIa del Toro y Cap de Cala Figuera (Mallorca)*. Madrid.
- LLORENS, L.; GIL, L. i TÉBAR, F.J. (2007): *La vegetació de l'illa de Mallorca*. Govern de les Illes Balears. Conselleria de Medi Ambient. 261 pàg.
- LÓPEZ RITAS, J. y LÓPEZ MELIDA, J. (1990): *El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio*. Ed. Mundi-Prensa 4ª Ed. 363 p. Madrid.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des îles Baléares. *Spelunca, Bulletin et Mémoires de la Société de Spéléologie*. 8 (67): 361-465. París.
- MARAÑÉS, A.; SÁNCHEZ, J.A.; DE HARO, S.; SÁNCHEZ, S.T. y LOZANO, F.J. (1994): *Análisis de suelos*. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Almería. Almería. 130 pp.
- PALAU, P. (1981). *Les plantes medicinals baleàriques*. Ed. Moll. Palma. 100 pp.
- PEREZ-OBIOL, R.; SÁEZ, LL., i YLL, E. I. (2003): Vestigis florístics postglacials a les Illes Balears i dinàmica de la vegetació holocènica. *Orsis*, 18: 77-94.
- PLASTER, E.J. (2000): *La ciencia del suelo y su manejo*. Ed. Paraninfo. Madrid. 419 p.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (1994): *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 807 pp.
- ROSSELLÓ, J.A. i GINÉS, À. (1980): Introducció a la brioflora dels avencs mallorquins. *Endins*, 7: 27-35. Palma.
- 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. *Endins*, 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). *Endins*, 23: 23-40.

# LOS CONJUNTOS MORFOLÓGICOS DE FLUJO ASCENDENTE (*Morphologic Suite of Rising Flow*) EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca)

por Antoni MERINO <sup>1,2</sup> y Joan J. FORNÓS <sup>2</sup>

## Resumen

La presencia de Conjuntos Morfológicos de Flujo Ascendente es uno de los criterios más importantes a la hora de identificar procesos de espeleogénesis hipogénica en una cavidad. En el presente trabajo se describen los conjuntos morfológicos presentes en la Cova des Pas de Vallgornera, lo que viene a documentar la participación de una recarga basal de origen hipogénico en la génesis de la cueva, además de los consabidos procesos de alimentación hídrica meteórica y de mezcla de aguas en un acuífero costero instalado en una plataforma de karst eogenético.

## Abstract

The presence of Morphologic Suite of Rising Flow is a crucial criterion when processes of hypogene speleogenesis must be identified in a cave. The aim of this paper is to describe this morphological assemblage found in Cova des Pas de Vallgornera, what sheds light on the participation of a deep-seated recharge of hypogenic origin in the cave genesis in addition to meteoric water recharge and the coastal mixing zone processes, in a coastal aquifer installed in an eogenetic karst platform.

## Introducción

Desde el descubrimiento de las nuevas galerías y salas que forman el sector Descobriments 2004 (MERINO *et al.*, 2008), se han venido sucediendo toda una serie de hallazgos de nuevas morfologías y espeleotemas que han ido arrojando luz sobre la compleja y dilatada espeleogénesis de la Cova des Pas de Vallgornera. Entre éstos cabe destacar las morfologías ligadas a fenómenos de disolución de sentido ascendente presentes sobre las paredes, techos y suelos de las galerías y salas de la cavidad. Estas morfologías, denominadas en inglés *Morphologic Suite of Rising Flow*, Conjunto Morfológico de Flujo Ascendente, han sido descritas por KLIMCHOUK (2007, 2009). Según este autor estas formas de características peculiares estarían ligadas a mecanismos de corrosión de origen hipogénico, provocados por flujos transversales ascendentes, teniendo cada una de estas formas unas funciones hidrológicas específicas. Este conjunto morfológico estaría formado básicamente por: puntos de alimentación (*feeders*), morfologías de techo y pared y puntos de descarga (*outlets*).

En fechas recientes se han publicado diversos trabajos llevados a cabo en la cavidad (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b) donde

se describen los *rising wall channels* y se mencionan también los *feeders*. En el presente trabajo se pretende describir en detalle los conjuntos de formas de flujo ascendente que se han localizado en la cavidad, así como su situación y presencia en las distintas partes de la cueva; se describirán asimismo toda una serie de características y morfologías asociadas que suelen estar también presentes en cavidades de origen hipogénico, aunque no son exclusivas de éstas, como puedan ser las galerías cegadas (*dead ends*) o los tabiques de roca (*partitions*), así como la interacción con otras formas características de la espeleogénesis ligada al karst litoral. Con ello se intenta aportar nuevos datos y pruebas que demuestren la implicación en la espeleogénesis de la cavidad de una recarga basal de origen hipogénico.

## Puntos de alimentación (*feeders*)

Los *feeders* han sido descritos como conductos verticales o subverticales a través de los cuales los fluidos más ligeros y agresivos circulan en sentido ascendente de un nivel basal o inferior a otro situado directamente sobre él. Esta morfología se localizaría en la parte inferior del sistema de flujo transversal (KLIMCHOUK, 2007).

1 Grup Espeleològic de Llubi

2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les Illes Balears



En la Cova des Pas de Vallgornera este conjunto de formas se encuentra representado en la cavidad por los *feeders* puntuales, *feeders* con aspecto de grieta o fractura y *feeders* laterales. Estas morfologías se desarrollan en general en el suelo de las galerías y están distribuidos de manera aislada por numerosos puntos de la cavidad.

Los *feeders* puntuales (Figura 1) suelen presentar una boca de aspecto elíptico y en algunos casos circular; sus dimensiones son muy variables yendo desde unos pocos decímetros hasta 1 m de diámetro mayor. La parte interna presenta una forma tubular de aspecto irregular (Figura 2).



Figura 1: Antiguo *feeder* situado en el suelo de una galería. Actualmente se trata de un respiradero, *vent*, que en fases anteriores y en condiciones freáticas actuó como un *feeder*. Se puede apreciar su forma tubular y los depósitos multicolores adosados a sus paredes. Este hecho es muy común y en la cavidad se encuentran múltiples ejemplos de ello. (Foto A. Merino).

Figure 1: Former *feeder* located in the floor of a passage. Currently it is a *vent* that in former stages and in phreatic conditions acted as a *feeder*. Its tubular shape is clearly seen as well as ferromanganese deposits coating the walls. This assemblage is quite common and it is widely represented throughout the cave. (Photo A. Merino)

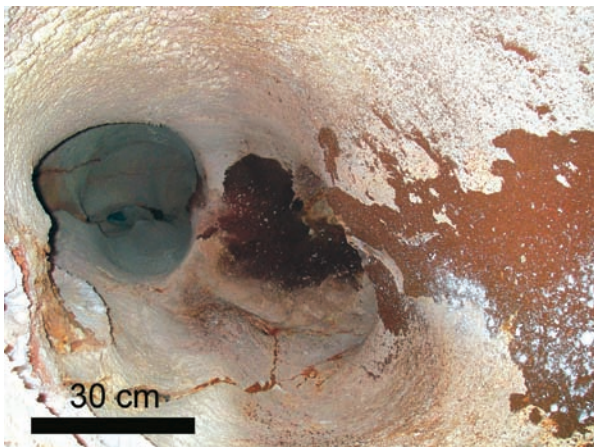


Figura 2: Antiguo *feeder* vertical de forma tubular cuyas paredes están afectadas por un proceso de degradación de la roca. (Foto A. Merino).

Figure 2: Former tubular-shaped vertical *feeder* whose walls are affected by weathering processes. (Photo A. Merino)

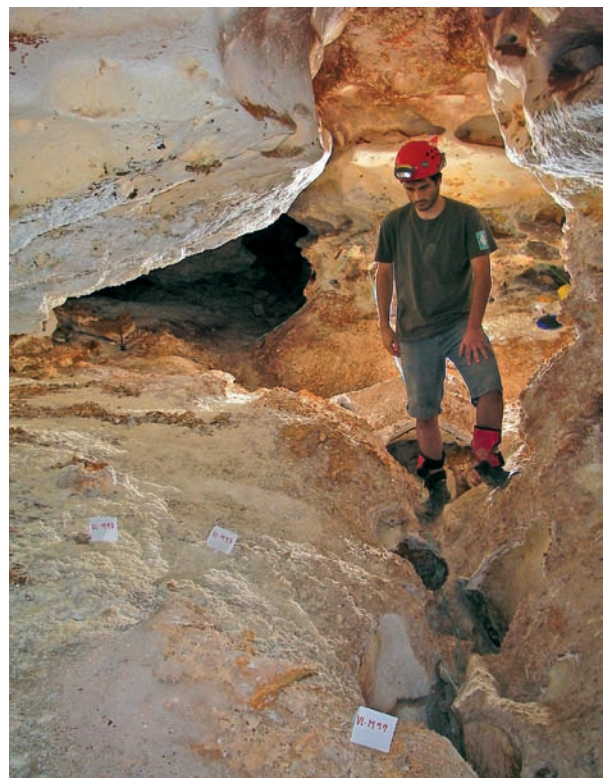


Figura 3: Fractura sobre la que se observa un conjunto de *feeders* a lo largo del suelo de una galería. (Foto A. Merino).

Figure 3: Group of *feeders* developed along a fissure in the floor of a gallery. (Photo A. Merino)



Figura 4: Antiguo *feeder* que ha evolucionado a un respiradero, *vent*, con la boca rodeada por depósitos minerales, *rim*, precipitados en condiciones aéreas. (Foto A. Merino).

Figure 4: Former *feeder* turned into a *vent*, with a rim of minerals deposited in vadose conditions around its mouth. (Photo A. Merino)

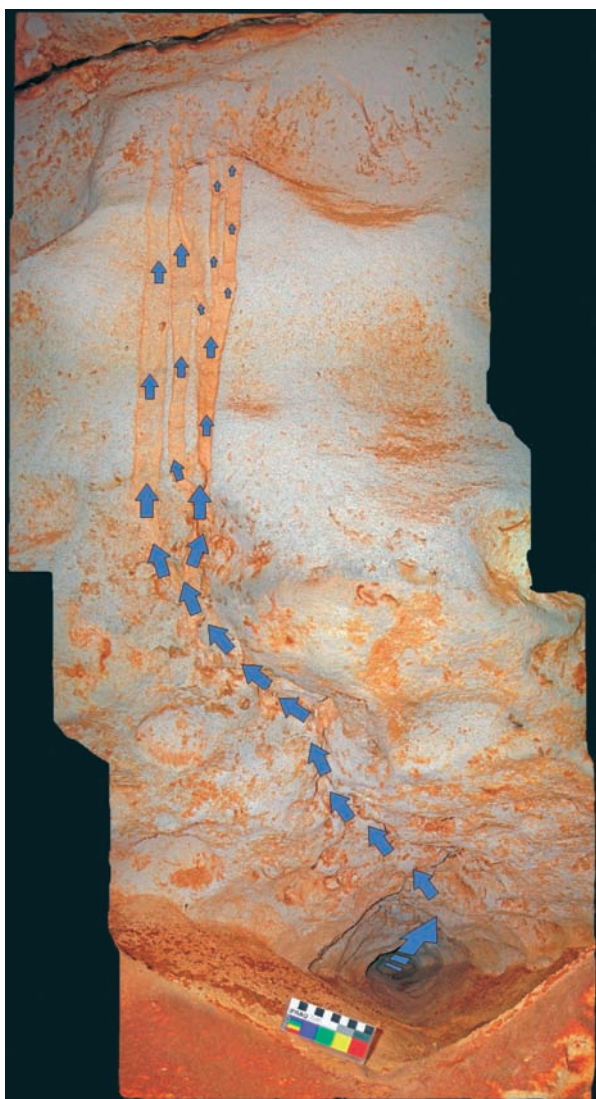


Figura 5: *Feeder lateral*. En la foto se puede apreciar un conjunto completo de morfologías hipogénicas de flujo ascendente. Las flechas indican la dirección de los flujos hipogénicos a lo largo de su recorrido. (Foto A. Merino).

Figure 5: *Side feeder*. A complete set of hypogenic morphologies of rising flow is plainly observed. Arrows indicate the hypogenic flows direction along its path. (Photo A. Merino)

Los *feeders* con apariencia de fractura o grieta (Figura 3) alcanzan varios metros de longitud, prolongándose a lo largo de numerosas galerías donde conforman el suelo irregular de las mismas, llegando en ocasiones a tener hasta 1 m de anchura.

Tanto los *feeders* puntuales como los *feeders* con apariencia de fractura o grieta se hallan ampliamente representados en casi todos los sectores de la cavidad, tanto en las galerías del nivel superior como en las que se localizan en el actual nivel freático. En el sector F, situado unos 5 m por encima del nivel freático, se han localizado galerías que se sitúan sobre otras del Sector del Clypeaster (MERINO *et al.*, 2008); aquéllas presentan en el suelo conjuntos de *feeders* puntuales y otros del tipo fractura que pondrían en comunicación ambos niveles de galerías a través de los *outlets* localizados en el techo de las galerías del nivel inferior. En algunos

lugares esta comunicación se ha podido establecer de manera clara, aunque debido a las reducidas dimensiones que presentan ambas morfologías no se ha podido pasar físicamente de un nivel a otro. Estos tipos de *feeders* suelen presentar en muchos casos un estadio evolutivo complejo que puede considerarse avanzado, consecuencia de la propia historia espeleogenética de la cavidad. Estas morfologías han sido producidas en condiciones freáticas, es decir cuando la cueva se encontraba total o parcialmente sumergida. A estos estadios les han sucedido otros con un descenso del nivel freático, lo que ha provocado que estos tubos hayan quedado en muchos casos expuestos al aire en galerías secas. En determinadas circunstancias y condiciones estas formas han servido para canalizar los movimientos convectivos del aire entre diferentes niveles de la cavidad, lo que ha dado lugar a la precipitación de una costra mineral, *rim*, (Figura 4) alrededor de la boca del conducto-respiradero, *vent* (MERINO, 2006; MERINO *et al.*, 2009a, 2009b).

Por último los *feeders* laterales (Figura 5) están distribuidos por casi todos los sectores de la cavidad y en sus distintos niveles. Se trata de morfologías localizadas en las paredes de las galerías a distintas alturas, formadas por conductos de dimensiones variables, que rara vez exceden de un 1 m de eje máximo, siendo su parte más interior de menores dimensiones que la parte más externa. Es posible observar como el conducto desarrollado desde un punto en el interior de la roca va ganando anchura y altura hasta llegar a la galería (Figura 6). La sección de estos tubos es variable, encontrándose desde formas más o menos circulares, subrectangulares hasta romboidales; en el techo de estos conductos existe una acanaladura que a modo de grieta o canal pone en comunicación la parte más interna de esta morfología con la pared de la galería.

## Morfologías de techo y pared: canales ascendentes de pared (*rising wall channels*), cúpulas y canales de techo (*ceiling channels*)

Las morfologías de techo y paredes incluyen entre otros, canales ascendentes de disolución (*rising wall channels*), cúpulas y canales de techo (*ceiling channels*); estas estructuras ponen en contacto los *feeders* con los *outlets*, siendo por lo tanto morfologías que indican un flujo en sentido ascendente (KLIMCHOUK, 2007).

Estas morfologías son muy abundantes en toda la cavidad, destacando la abundancia de *ceiling channels*, canales de techo, en el nivel superior de la cueva. Los *rising wall channels*, canales ascendentes de disolución, ya fueron descritos en esta cavidad (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b). Se trata de estructuras de dimensiones muy variables que ponen en comunicación los *feeders* con los *outlets* o con dis-

tintos tipos de cúpulas (Figuras 5, 6). Los conjuntos más característicos están formados por un *feeder* lateral, en cuyo techo existe un surco que a modo de grieta lo recorre en toda su longitud desde su parte más interna; tiene forma sinuosa y su profundidad es muy variable. Al llegar a la zona más exterior y encontrarse con el ángulo de la pared, el surco se profundiza, pudiendo alcanzar hasta 60 mm de profundidad. A partir de este punto y por encima de la boca del *feeder*, se configura un canal o conjunto de ellos que de manera ascendente van desarrollándose a lo largo de la pared, observándose a menudo como estos canales entran en coalescencia los unos con los otros. Su forma y dimensiones varían de acuerdo con el ángulo que presenta el plano de la pared respecto a la vertical. Se observa como en las paredes

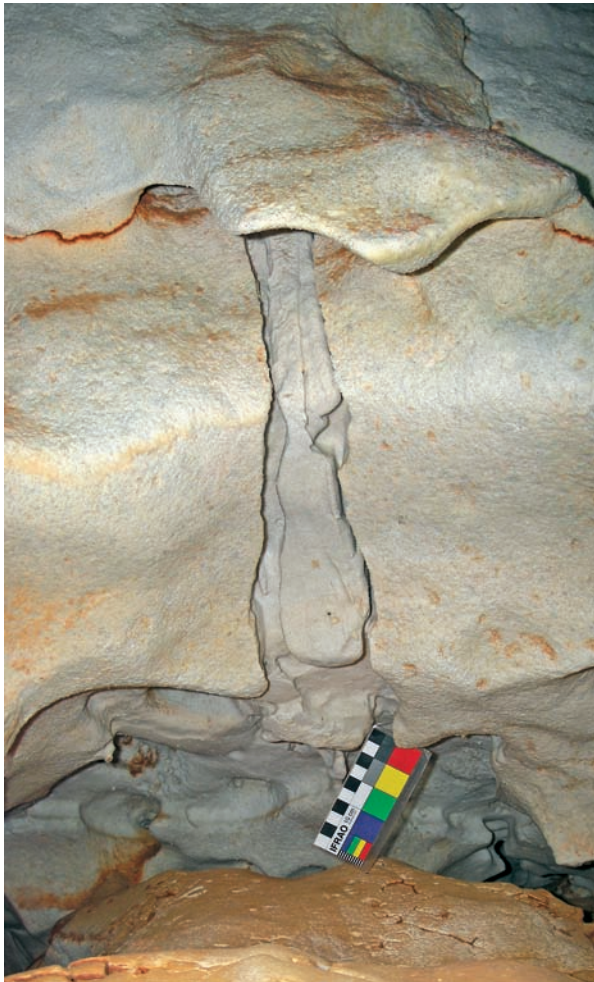


Figura 6: *Feeders* laterales y canal ascendente de disolución muy marcado. Se observa como desde dos *feeders* situados a ambos lados de una cúpula se ha producido una concentración de flujo que al alcanzar el ángulo con la pared ha excavado un canal ascendente de pared muy profundo y con una notable anchura que desaparece en una fractura. Se aprecia también cómo en la zona central de la bóveda se ha generado un incipiente *pendant*. (Foto A. Merino).

Figure 6: Side feeders and conspicuous rising wall channel. It is possible to observe a cupola with two feeders located both sides, from where the flow has been concentrated. On reaching the edge of the wall a deep and notable wide rising channel has been excavated; the channel ends in a fissure. Besides, an incipient pendant is visible in the central part of the ceiling. (Photo A. Merino)

con un ángulo bastante extraplomado es mayor la anchura y sobre todo la profundidad al tiempo que la longitud de los canales aumenta, alcanzando más de 1 m de longitud, unos 35 mm de anchura y profundidades máximas que oscilan de 22 a 25 mm. Al hacerse la pared más vertical los canales van perdiendo profundidad y anchura, desapareciendo totalmente cuando el plano de la misma se dispone ya de forma subvertical. En los casos en los que la geometría de la pared lo permite, los canales ascendentes llegan a comunicar con los *outlets* situados en el techo. En ocasiones la trayectoria de los canales ascendentes, en su recorrido desde las zonas de alimentación hasta las zonas de descarga, se ve interrumpida por la existencia de pequeñas cúpulas a las cuales llega uno o varios canales y de las que suele surgir uno solo, pero presentando éste una mayor profundidad.

Otro conjunto de canales ascendentes característico y que se repite a lo largo de numerosos puntos de la cavidad, es el formado en zonas donde las paredes están cubiertas de abundantes concavidades poco marcadas, *subdued pockets*, (GRÀCIA *et al.*, 2005; MERINO, 2006), *wall pockets* y *ceiling pockets* (Figura 7) que en

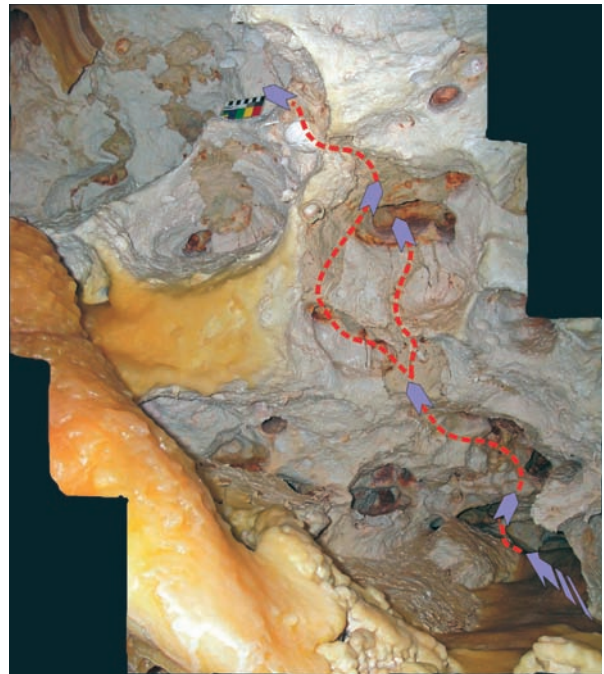


Figura 7: Canales ascendentes de disolución afectando a un conjunto de *wall pockets* y *ceiling pockets*. Se aprecia como desde un pequeño *feeder* lateral, se ha generado un canal (se puede ver claramente en todo su recorrido debido al cambio de color) que recorre el techo y penetra en una concavidad donde el flujo se concentra en la zona más abovedada, creándose de nuevo un surco que lo comunica con una concavidad vecina, repitiéndose varias veces este proceso. Las flechas indican la dirección de los flujos hipogénicos a lo largo de su recorrido. (Foto A. Merino).

Figure 7: A group of wall pockets and ceiling pockets affected by rising wall channels. It can be seen how from a side feeder a channel has been excavated (it is clearly visible along its way due to the change in colour). The channel covers the ceiling and penetrates into a concavity where the flow is concentrated on the most vaulted area, generating a new groove that puts it in communication with a nearby concavity; this process is repeated several times. Arrows indicate the hypogenic flows direction along its path. (Photo A. Merino)



Figura 8: Canales ascendentes de disolución que se generan a partir de una fractura en una pared extraplomada. Las flechas indican la dirección de los flujos hipogénicos a lo largo de su recorrido. (Foto A. Merino).

Figure 8: Rising wall channels generated from a fracture on an overhanging wall. Arrows indicate the hypogenic flows direction along its path. (Photo A. Merino)



Figura 9: Canales ascendentes de disolución que nacen de un conjunto de *feeders* de pequeño tamaño asociados al parecer a una junta de estratificación. (Foto A. Merino).

Figure 9: Rising wall channels arising from a group of small feeders, apparently linked to a bedding plane. (Photo A. Merino)



Figura 10: Conjunto de canales ascendentes de disolución que se desarrollan a lo largo de una discontinuidad en la roca, cubren una concavidad poco marcada y desaparecen en una nueva fractura. (Foto A. Merino).

Figure 10: Assemblage of rising wall channels developed along a fissure, affecting a subdued pocket and disappearing into a new fissure. (Photo A. Merino)

ocasiones entran en coalescencia dando lugar a *composed pockets* (GRÀCIA *et al.*, 2009b). Partiendo de un *feeder* lateral existe un canal de dimensiones variables que recorre las paredes de las concavidades, que al llegar a la zona más abovedada, crea unas cúpulas de corrosión que afectan a una buena parte del techo de estas morfologías. De aquí se abre un nuevo canal más profundo y de menor anchura que corta el ángulo existente entre dos morfologías contiguas, creando de nuevo un surco que recorre la siguiente concavidad. Esta combinación de formas se puede llegar a repetir varias veces en función de la densidad de las concavidades existentes. En todos los casos, estos canales ascendentes así como las cúpulas están muy marcados y diferenciados del resto de la pared, debido a los cambios de color producidos por la corrosión que ha actuado sobre las paredes cubiertas de formas de reconstrucción, coladas parietales, o bien sobre paredes que presentan un cierto grado de alteración como consecuencia de haber estado bajo el nivel freático en períodos determinados.

Además, se han localizado una serie de conjuntos de canales ascendentes que se desarrollan a partir de planos de fracturas que cubren en algunos casos amplias zonas de las paredes de las galerías (Figuras 8, 9, 10). Se trata de surcos de dimensiones variables que rara vez alcanzan dimensiones centimétricas en su anchura y profundidad, al contrario de lo que ocurre con su longitud que puede superar un metro de recorrido (GRÀCIA *et al.*, 2009b). Se disponen de manera paralela y en ellos se observan fenómenos de coalescencia. La característica más peculiar y que los distingue del resto de canales es que éstos, nacen aparentemente de grietas y fracturas muy estrechas que afectan a las paredes y también desde juntas de estratificación. Estas morfologías quedan expuestas al caer bloques o desmoronarse las paredes. Su recorrido a lo largo de los lienzos extraplomados de las paredes acaba en muchos casos en una nueva grieta o fractura por donde desaparecen. Se ha constatado la presencia de este tipo de canales ascendentes, que en muchos casos pasa casi desapercibida, en numerosos puntos de la cavidad encontrándose asociado a lugares donde se han producido desprendimientos de bloques de las paredes. Ello lleva a pensar en el papel jugado por este tipo de forma de corrosión en la morfogénesis de la cavidad ya que la disolución preferencial ocurrida a lo largo de las grietas y fracturas que afectan a la roca encajante, puede haber provocado zonas de inestabilidad local sufriendo posteriormente desequilibrios mecánicos que acaban produciendo hundimientos y roturas de bloques.

Por último, se ha observado la presencia de unas morfologías similares a los canales ascendentes de pared, pero de recorrido más corto, en ocasiones inferior al decímetro. Se sitúan normalmente sobre las paredes de concavidades poco marcadas, *subdued pockets* y sobre *wall pockets* (Figuras 11, 12). El inicio de estos estrechos y, en ocasiones profundos canales, a modo de incisiones en la roca, suele ser un punto de dimensiones milimétricas del cual nace un pequeño surco que se prolonga en sentido ascendente hasta varios centímetros. A veces estos canales confluyen en una cúpula donde se concentran y de la cual nace un nuevo canal de mayores dimensiones. Este tipo de canal ascendente



Figura 11: Canales ascendentes de disolución de pequeña longitud desarrollados a partir de diminutos puntos en las paredes de distintas concavidades. (Foto A. Merino).

Figure 11: Short rising solutional channels developed from tiny points located in wall pockets. (Photo A. Merino)



Figura 12: *Subdued pocket* con aspecto de higo que presenta numerosos canales ascendentes al igual que las paredes adyacentes. (Foto A. Merino).

Figure 12: Fig-shaped subdued pocket showing a large number of rising channels like the neighbouring walls. (Photo A. Merino)

podría estar controlado por las características litológicas de los materiales depositados en las facies de lagoon. En concreto es posible observar cómo en las zonas donde se dan este tipo de morfologías la roca presenta una abundancia de restos fósiles que integran la matriz de la roca, que a su vez presenta una mayor porosidad al ser el grano de la misma más grosero.



Figura 13: Espectacular canal de techo con numerosas cúpulas y concavidades asociadas. Se puede observar como la diaclasa claramente visible en el techo de la galería, condiciona el desarrollo tanto del canal como de las cúpulas. Las flechas indican la dirección de los flujos hipogénicos a lo largo de su recorrido. (Foto A. Merino).

Figure 13: Stunning ceiling channel with a great deal of associated cupolas and pockets. The visible fracture in the ceiling rules the channel and cupolas development. Arrows indicate the hypogenic flows direction along its path. (Photo A. Merino)

Los *ceiling channels* o canales de techo (Figura 13), se encuentran muy bien representados principalmente en las galerías que constituyen el nivel superior de la cavidad. Las galerías que tienen un control estructural acentuado pueden presentar acanaladuras que recorren grandes tramos del techo de las mismas (Figuras 14, 15, 16, 17). Por otra parte, en lugares donde el techo no está afectado por discontinuidades de la roca, estas morfologías presentan un recorrido muy sinuoso con el techo completamente plano y anchuras que alcanzan varios decímetros, siendo su profundidad variable. En este caso, cuando los *ceiling channels* son abundantes y están entrelazados pero separados por *pendants* llegan a presentar fenómenos de anastomosis (Figuras 18, 19).

Las cúpulas se localizan en el techo de las galerías y en la parte más abovedada de algunos *wall pockets* y *ceiling pockets*; la forma puede ser circular, alargada o presentar formas mixtas entre ambas (Figura 20). Sus dimensiones son decimétricas alcanzando algunas de ellas órdenes métricos. Su desarrollo en profundidad es variable creando en ocasiones unos vacíos importantes. Las cúpulas aisladas más peculiares presentan unos canales ascendentes que penetran por su parte inferior, existiendo luego un nuevo canal o conjunto de ellos que



Figura 14: Canal de techo muy marcado condicionado por la existencia de una fractura. (Foto A. Merino).

Figure 14: Particularly pronounced ceiling channel controlled by a fracture. (Photo A. Merino)

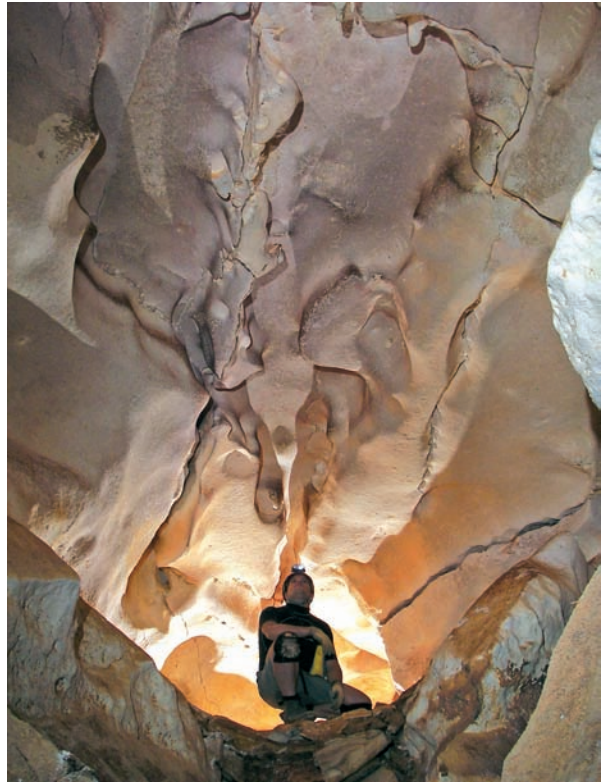


Figura 16: Canal de techo de forma sinuosa e irregular con cúpulas asociadas. (Foto A. Merino).

Figure 16: Sinuous ceiling channel with associated cupolas. (Photo A. Merino)



Figura 15: Canal de techo conectado con un outlet; se pueden observar también una serie de pequeñas cúpulas de forma alargada. (Foto A. Merino).

Figure 15: Ceiling channel connecting with an outlet; a group of elongated small cupolas are also visible. (Photo A. Merino)

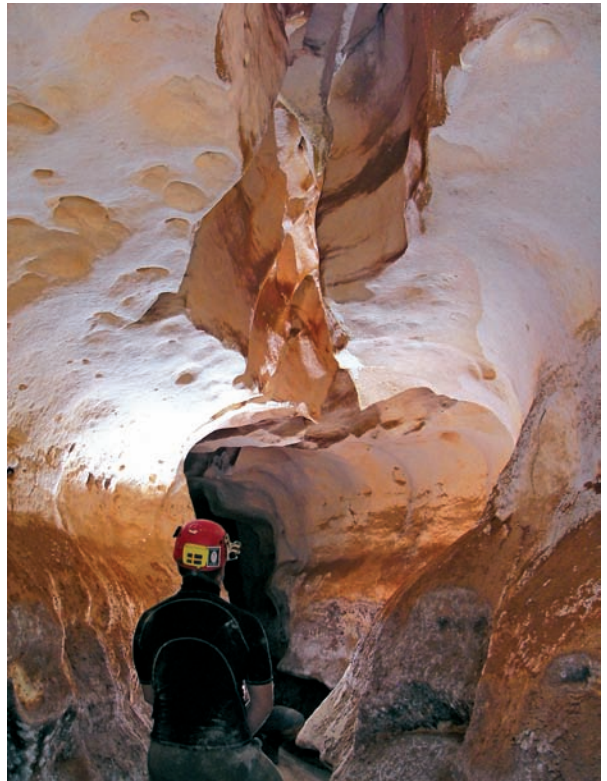


Figura 17: Canal de techo de aspecto meandriforme. (Foto A. Merino).

Figure 17: Meandering ceiling channel. (Photo A. Merino)

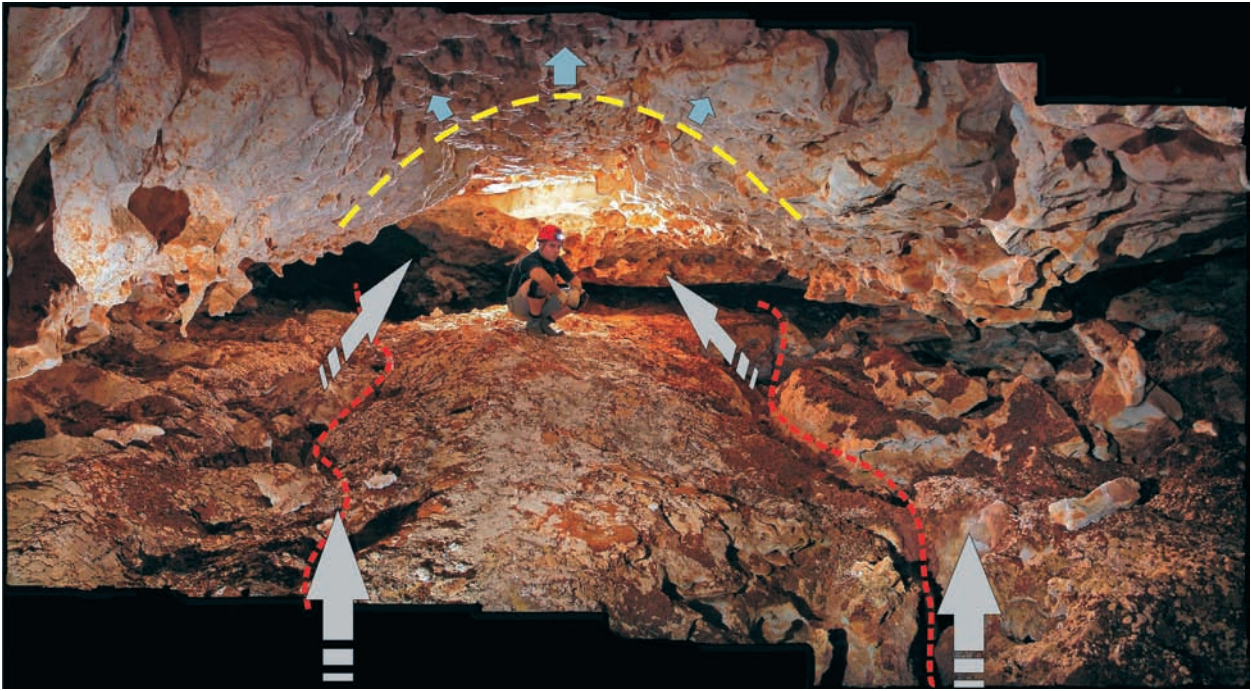


Figura 18: Canal de techo de notables dimensiones que presenta un avanzado estado de desarrollo por la individualización de *pendants*. En el suelo a ambos lados de la fotografía se pueden apreciar dos *fissure-feeders* que se prolongan varios metros a lo largo de la galería. Las flechas indican la dirección de los flujos hipogénicos a lo largo de su recorrido. (Foto A. Merino).

Figure 18: Ceiling channel of considerable dimensions showing a late stage of development with isolated pendants. Two fissure-feeders that extend several metres along the passage floor can clearly be seen both sides of the photo. Arrows indicate the hypogenic flows direction along its path. (Photo A. Merino)



Figura 19: Anastomosis de canales de techo y *pendants* individualizados. (Foto A. Merino).

Figure 19: Anastomoses of ceiling channels and isolated pendants. (Photo A. Merino)

salen de su parte más superior. En otras ocasiones allí donde estas morfologías existen superpuestas, el conjunto de canales que las conecta y recorre suele ser sinuoso, iniciándose en su zona más baja y alcanzando finalmente la parte más alta del conjunto.

## Puntos de descarga (*outlets*)

Los *outlets*, puntos de descarga, están formados por cúpulas y conductos verticales que partiendo desde el techo de una galería de un nivel determinado, conecta con el siguiente situado sobre ella (KLIMCHOUK, 2007).



Figura 20: Conjunto de cúpulas y *outlets* de pequeño tamaño en el nivel superior de la cavidad. Las cúpulas de mayor tamaño representan ejemplos de *underdeveloped outlets* ya que son morfologías cerradas sin una continuidad hacia niveles superiores. (Foto A. Merino).

Figure 20: Group of cupolas and small-scale outlets located at the upper level of the cave. The largest cupolas provide examples of *underdeveloped outlets* on account of being closed morphologies with no continuities to upper levels. (Photo A. Merino)





Figura 21: *Outlet* de dimensiones medias localizado a escasos metros sobre el nivel freático actual de la cavidad. En las paredes es posible observar un grupo de estrechos canales ascendentes de disolución. (Foto A. Merino).

Figure 21: *Medium-sized outlet* located a few metres above the current phreatic level of the cave. An assemblage of tiny rising channels is seen on the walls. (Photo A. Merino)



Figura 23: *Outlet* de forma alargada. (Foto A. Merino).

Figure 23: *Elongated outlet*. (Photo A. Merino)

Están representados por cúpulas de paredes muy suaves y principalmente por conductos verticales estrechos que ascienden desde el techo de las galerías y que se extienden a lo largo de las mismas durante varios metros (Figuras 21, 22). Esta morfología representa una



Figura 22: *Outlet* en el techo de una galería situada en el nivel superior de la cavidad. Se observa también un canal de techo a lo largo de la misma. (Foto A. Merino).

Figure 22: *Outlet* in the ceiling of a passage situated at the upper level of the cave. A ceiling channel is also present along the gallery. (Photo A. Merino)

continuidad de los *rising wall channels*, canales ascendentes de pared. Dentro de este conjunto de formas de descarga se localizan *successful outlets* que consiguen poner en comunicación dos niveles de la cavidad, como es el caso descrito antes en el Sector del Clypeaster (MERINO *et al.*, 2008). Por otra parte se han encontrado cúpulas prácticamente cegadas que se corresponderían con los *outlets* en estadios intermedios de desarrollo, *underdeveloped outlets*. Las formas más representativas y abundantes están constituidas por unos *outlets* estrechos y de varios metros de longitud que aprovechan las fracturas existentes en el techo de las galerías (Figuras 23, 24).



Figura 24: Típica forma de desagüe que aprovecha una fractura situada a lo largo del techo de una galería que actúa como un *outlet* longitudinal. Esta morfología es muy común en toda la cavidad. (Foto A. Merino).

*Figure 24: Typical pattern of discharge that benefits from a fracture located along a ceiling passage and acts as an elongated outlet. This morphology is very common throughout the cave. (Photo A. Merino)*

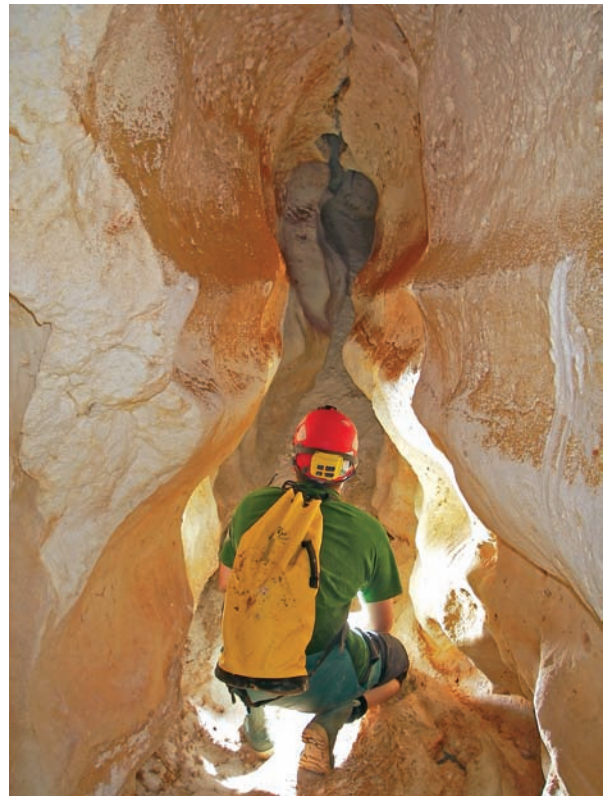


Figura 25: Galería cegada de pequeñas dimensiones que acaba de forma brusca. En el techo es visible un *outlet*; el suelo al estar cubierto de una capa de colada no presenta morfologías observables. (Foto A. Merino).

*Figure 25: Dead end. Small passage ending in an abrupt way. An outlet is observable in the ceiling; the floor does not show any morphology due to the presence of carbonate deposits. (Photo A. Merino)*

## Otras morfologías asociadas

### GALERÍAS CIEGAS (*DEAD ENDS*) Y TABIQUES DE ROCA (*PARTITIONS*)

Otro conjunto morfológico asociado a las cavidades de origen hipogénico son las galerías ciegas, que acaban en cul-de-sac, *dead ends*, y los tabiques de roca, *partitions*. La génesis de estas formas es difícil de explicar mediante mecanismos relacionados con flujos laterales que afectan a las galerías; por el contrario encajan perfectamente en el marco de un proceso generado por flujos transversales (KLIMCHOUK, 2009). Los *dead ends* (Figuras 25, 26) son galerías que acaban cegándose pero que están abiertas a la recarga mediante *feeders* en la parte más baja y a la descarga mediante los *outlets* localizados en el techo.

Por otra lado los tabiques de roca (Figura 27) separan galerías adyacentes, mostrando una estructura planar (Figura 28). El grosor es variable, presentando una mayor anchura en la parte superior al contrario de lo que ocurre en la parte más inferior que es mucho más delgada, lo que confiere al conjunto un aspecto de cuña (Figuras 29).



Figura 26: Galería cegada que presenta algunos *feeders* casi totalmente colmatados por la acumulación de sedimentos alóctonos. En el techo es posible observar la abundancia de formas de disolución entre las cuales se situarían distintos *outlets*. (Foto A. Merino).

*Figure 26: Dead end. Blind termination passage showing some feeders almost utterly covered with allochthonous sediments. The abundance of solutional morphologies is visible in the ceiling; among them several outlets would be located. (Photo A. Merino)*



Figura 27: *Partition*. Tabique de roca que presenta un aspecto de cuña.  
(Foto A. Merino).

Figure 27: *Partition*. Wedge-shaped rock separation. (Photo A. Merino)



Figura 28: Vista lateral del mismo tabique de la figura 27. (Foto A. Merino).

Figure 28: Side view of the same rock separation of figure 27. (Photo A. Merino)



## OTROS TIPOS DE CONCAVIDADES

Si bien los flujos ascendentes se concentran en muchas ocasiones en canales que los van guiando hacia zonas más altas, *rising wall channels*, también puede producir una circulación de estos fluidos de menor densidad que afecta de manera generalizada a las paredes de las galerías así como a las zonas en las que existen discontinuidades en la roca. Esta circulación produce, dependiendo de la geometría de las paredes de la galería, unos movimientos convectivos de estos flujos agresivos que provocan la formación de diferentes tipos de concavidades ascendentes de disolución de dimensiones variables (Figuras 30, 31).

Estas células convectivas irían produciendo una disolución preferencial en una misma zona que acabaría provocando un estadio inicial de desarrollo de una concavidad. A lo largo del tiempo, y siempre que se mantuvieran las mismas condiciones de circulación, la concavidad iría profundizándose llegando a capturar

Figura 29: *Partition*. Sección de galería en el piso superior donde se puede apreciar claramente la existencia de un tabique de roca que separa dos galerías adyacentes e individualizadas. (Foto A. Merino).

Figure 29: *Partition*. Cross-section of a gallery situated at the upper level; a thin rock separation between two adjacent and isolated passages is clearly seen. (Photo A. Merino)



Figura 30: Multitud de pequeñas concavidades de disolución que cubren la pared inclinada de una galería. Al mismo tiempo son claramente visibles un *feeder* lateral y su correspondiente canal ascendente cuya zona más interna presenta unas paredes totalmente cubiertas de concavidades de mayor desarrollo. (Foto A. Merino).

Figure 30: Great variety of small solutional hollows affecting an overhanging wall in a passage. At the same time a side feeder as well as its rising wall channel, whose inner part is covered by larger caverns, are clearly seen. (Photo A. Merino)

fluidos que iniciarían un proceso de disolución en sentido ascendente (Figura 32), que aprovecharía la acusada porosidad primaria de la roca para penetrar más hacia el interior y de esta manera acelerar el proceso erosivo y de debilitamiento de la zona afectada. Siendo por lo tanto un importante factor a tener en cuenta en los procesos de hundimiento y ajuste mecánico que se producen en las galerías a lo largo de la evolución de la cavidad. Todo ello provocaría que en estadios más avanzados de dicha evolución, la masa de roca se viera afectada por una elevada concentración de concavidades de disolución, que por coalescencia llegarían a crear verdaderas morfologías esponjiformes de orden métrico o centimétrico, *spongeworks*.

### BUBBLE TRAILS

En anteriores trabajos publicados sobre las distintas morfologías de corrosión existentes en la Cova des Pas de Vallgornera, se hace mención a las *bubble trails* (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b). Se trata de unos canales de disolución desarrollados sobre las paredes, que presentan una determinada inclinación y que han sido provocados por la liberación gaseosa de CO<sub>2</sub> en condiciones evidentemente



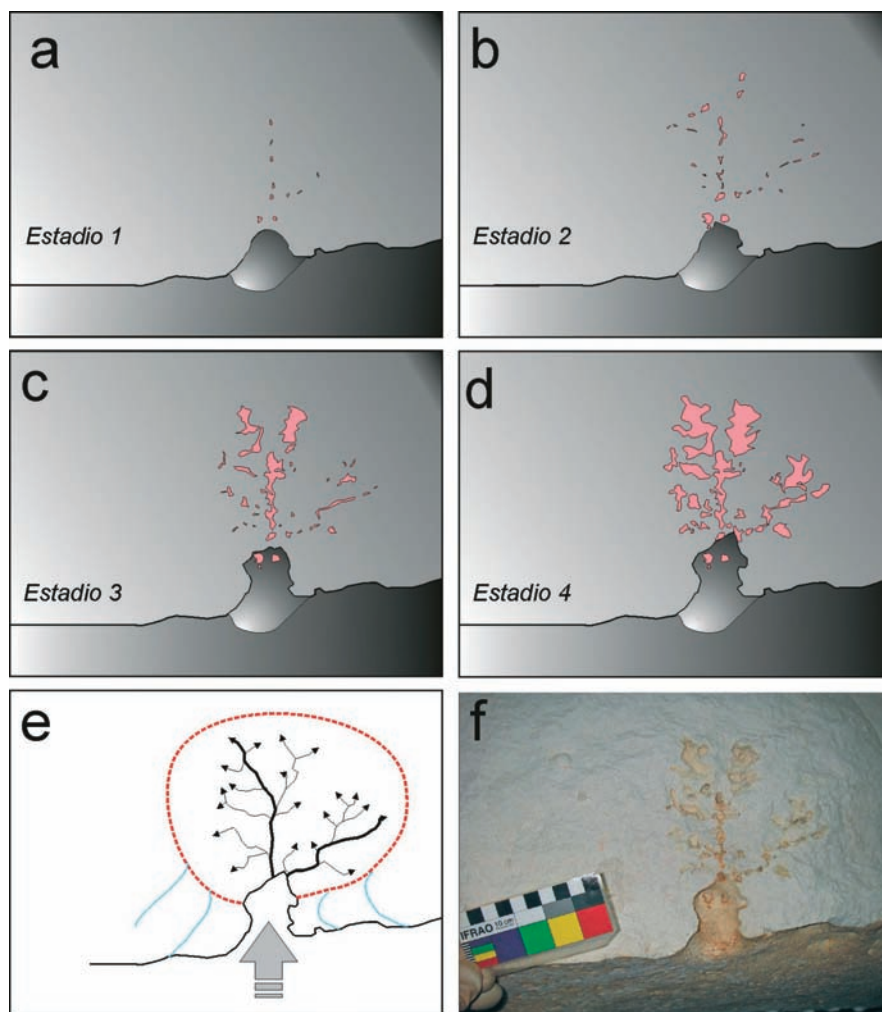
Figura 31: Pared de galería que muestra en su parte superior una zona claramente extraplomada que está cubierta por concavidades de disolución de diferentes medidas y estadios evolutivos más avanzados. Se puede observar como un poco por debajo de la zona media de la fotografía, allí donde el ángulo de la pared cambia, existe una fractura por donde han circulado flujos agresivos, que han dado lugar también a un canal ascendente de pared, *rising wall channel*. (Foto A. Merino).

Figure 31: A wall in a gallery showing in its upper part an overhanging section whose wall is covered by solutional hollows of different sizes with more evolved stages. Below the middle section of the photography, just where the wall's angle changes, a fissure is visible; aggressive fluids have flowed through it generating a rising wall channel. (Photo A. Merino)

freáticas (CHIESA & FORTI, 1987), como consecuencia de la disminución de la presión al ir decreciendo la profundidad durante el ascenso de aguas de origen profundo cargadas con dióxido de carbono en disolución. Esta liberación del gas disuelto se produce a una profundidad determinada para una concentración dada de CO<sub>2</sub> (PALMER & PALMER, 2000; PALMER, 2007), lo que implica que para concentraciones medias de gas la formación de burbujas se suele producir pocos metros por debajo del nivel freático. Ello implica que las morfologías ascendentes de disolución del tipo *bubble trails* se deben producir en niveles claramente estratificados, a no ser que se hayan estado produciendo de forma continua-

Figura 32: Esquema evolutivo de una concavidad de disolución ascendente. a) Concavidad de pequeñas dimensiones y diminutos vacíos existentes en el seno de la roca. b), c), d) Diferentes estadios evolutivos donde se produce un crecimiento de la concavidad al tiempo que entran en coalescencia los pequeños vacíos que hay dentro de la masa rocosa. e) Dirección y sentido de la circulación de flujos en la concavidad y en la roca. f) Sección de una concavidad de sentido ascendente donde se observa como los flujos han aprovechado la porosidad primaria de la roca para ir penetrando dentro de la misma disolviéndola e iniciando una progresión de sentido vertical y lateral de aspecto dendriforme.

Figure 32: Evolutionary diagram of a small solutional ascending hollow. a) Reduced hollow and small-scale voids within the rock. b), c), d) Different evolutionary stages where the hollow is enlarged, at the same time small voids coalesce within the rock mass. e) Flow direction through the hollow and rock. f) Cross section of a small ascending hollow where it can be clearly seen how fluids have been benefited from the rock primary porosity to penetrate into it, corroding it and starting a dendritic shaped ascending and lateral progression.



da en el tiempo con diferentes niveles freáticos a cotas diversas. Esta estratificación no se da de forma clara e inequívoca en la cavidad, ya que las morfologías de disolución ascendente se encuentran prácticamente en todos los niveles y cotas, tanto en los sectores subacuáticos, situados a varios metros por debajo del nivel del agua, como en la zona de fluctuación del nivel freático, varios metros por encima de éste, y también presentan un desarrollo muy significativo en el nivel superior de la cavidad que va desde los +5 hasta los +10 m sobre el nivel freático actual; podemos afirmar por tanto, que presentan una amplia distribución vertical a lo largo de toda la cueva. Por otra parte, y en lo relativo a las distintas morfologías y tamaños de los canales ascendentes de disolución, éstos no muestran un patrón determinado para un nivel concreto sino que, al igual que sucede con su distribución, se presentan combinados en todos los sectores de la cavidad.

Según AUDRA *et al.* (2002) la pérdida de CO<sub>2</sub> en un fluido ascendente daría lugar a un agua sobresaturada en CaCO<sub>3</sub> lo que provocaría la precipitación de una serie de depósitos y espeleotemas:

a) Entre éstos y debido a su particular relación con las *bubble trails* destacarían las *folias*, con una morfología inconfundible y cuya presencia parece estar casi exclusivamente relacionada con un contexto

hipogénico que incluiría la liberación de burbujas de dióxido de carbono a poca profundidad (AUDRA *et al.*, 2009). El aspecto de este espeleotema es consecuencia por una parte de una fuerte pérdida de CO<sub>2</sub> que ocurre por debajo del nivel freático, la existencia de paredes con una cierta inclinación y el confinamiento de burbujas de dióxido de carbono que provoca la precipitación de calcita en los alrededores de las burbujas de gas.

- b) Pináculos coraloides subacuáticos, *tower coral*.
- c) Estalagmitas cónicas subacuáticas, *cave cones* y calcita flotante, *cave rafts*.

De estos dos últimos espeleotemas, sólo se han localizado algunos ejemplares de estalagmitas cónicas subacuáticas y acumulaciones de calcita flotante, mayoritariamente de origen vadoso, en puntos concretos y casi siempre relacionados con gours cuyas aguas están sobresaturadas en carbonato cálcico. Los pináculos coraloides subacuáticos se han localizado, de momento, sólo en un tramo de la Galería del Tragus (MERINO *et al.*, 2008), donde existe una especie de cubeta, hoy en día seca, con las paredes cubiertas de una capa de aragonito que se depositó en régimen freático (MERINO, 2006). Hasta el presente no se ha localizado ningún ejemplar ni conjunto de *folia*, a lo largo de los más de 65 km de desarrollo que tiene la cavidad (GRÀCIA *et al.*,

2009a). Todo ello, unido a la presencia ubicua en todos los niveles de los canales ascendentes de corrosión y a la falta de depósitos masivos de calcita flotante en sus distintas formas, lleva a pensar que la génesis de la mayor parte de estas morfologías estaría relacionada con el ascenso de flujos hipogénicos muy agresivos, más que con la liberación de burbujas de dióxido de carbono. Aún así, es muy probable que en algunos estadios a lo largo de la prolongada espeleogénesis de la cavidad se hayan producido aportes de CO<sub>2</sub> provenientes de aguas profundas. De hecho ya se puso de manifiesto en su momento la existencia de gas metano CH<sub>4</sub> en algunos pozos con aguas termales de la zona de meridional de Lluçmajor (LÓPEZ, 2007), cercana a la cavidad, gas que por oxidación podría generar CO<sub>2</sub> (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a).

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los compañeros del Grup Espeleològic de Llubí su ayuda a lo largo de las campañas llevadas a cabo en la cavidad, especialmente a Toni Mulet. Agradecimiento que se hace extensible también y de manera muy particular a Anders Kristofersson, sin olvidar a Toni Croix y Santiago García de la Agrupación Voltors. Por último, nos complace subrayar el interés y apoyo aportado por el amigo Joaquín Ginés, así como sus acertados comentarios y sugerencias a este estudio. El presente trabajo es una contribución al proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2009-07392.

## Bibliografía

- AUDRA, P.; BIGOT, J.Y. & MOCOCHAIN, L. (2002): Hypogenic caves in Provence (France). Specific features and sediments. *Acta Carsologica*, 31 (3): 33-50. Postojna, Eslovenia.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009): The association between bubble trails and folia: A morphological and sedimentary indicator of hypogenic speleogenesis by degassing, exemple from Adaouste Cave (Provence, France). *International Journal of Speleology*, 38 (2): 93-102.
- CHIESA, M. & FORTI, P. (1987): Studio morfologico di due nuove cavita carsiche dell'Iglesiente (Sardegna Sud occidentale). *Ipoantropo*, 4: 40-45. Reggio Emilia, Italia.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F. & MERINO, A. (2008): Noves observacions sobre l'espeleogènesi en el Migjorn de Mallorca: els condicionaments litològics en alguns grans sistemes subterranis litorals. *Endins*, 32: 49-79. Palma de Mallorca.

- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009a): On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst of southern Mallorca (Western Mediterranean). In: KLIMCHOUK, A.B. & FORD, D.C. (eds.) *Hypogene speleogenesis and karst hydrogeology of artesian basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper 1: 91-99. Simferopol, Ukraina.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009b): About the genesis of an exceptional coastal cave from Mallorca island (Western Mediterranean). The lithological control over the pattern and morphology of Cova des Pas de Vallgornera. In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15<sup>th</sup> Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerrville, U.S.A.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTÍN, 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.; FORNÓS, J.J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; POCOVÍ, J. & PERELLÓ, M.A. (2009a): Les descobertes subaquàtiques a la Cova des Pas de Vallgornera (Lluçmajor, Mallorca): Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72. Palma de Mallorca.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B. & POCOVÍ, J. (2009b): Morfologies de corrosió a la part submergida de la Cova des Pas de Vallgornera. Sector Antic, Sector de Gregal i Sector de les Grans Sales. *Endins*, 33: 73-98. Palma de Mallorca.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective*. National Cave and Karst Research Institute. Special paper 1. 106 pàgs. Carlsbad. New Mexico.
- KLIMCHOUK, A.B. (2009): Morphogenesis of hypogenic caves. *Geomorphology*, 106: 100-117.
- LÓPEZ, J.M. (2007): *Las manifestaciones hidrotermales del sur de Lluçmajor, Mallorca*. Memoria d'Investigació. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. 132 pàgs. Inédito.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Lluçmajor, Mallorca): alcanza los 55 kilómetros de desarrollo topográfico. *Endins*, 32: 33-42. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2009a): Preliminary data on mineralogical aspects of caves rims and vents in Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15<sup>th</sup> Int. Congress Speleol.* 1: 307-311. Kerrville, U.S.A.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2009b): Datos preliminares sobre la mineralogía de los precipitados asociados a los respiraderos y toberas existentes en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 33: 99-104. Palma de Mallorca.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave books. 454 pàgs. Dayton, Ohio.
- PALMER, A.N. & PALMER, M.V. (2000): Hydrochemical interpretation of cave patterns in the Guadalupe Mountains, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*: 62 (2): 91-108.

# PRESENCIA DE POOL FINGERS Y U-LOOPS EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Mallorca, España)

por Antoni MERINO <sup>1,2</sup> y Joan J. FORNÓS <sup>2</sup>

## Resumen

En este trabajo se da a conocer la presencia de unos espeleotemas muy particulares, *pool fingers* y *u-loops*, que se desarrollan en gours de la Cova des Pas de Vallgornera y que podrían indicar una influencia de actividad bacteriana en su desarrollo.

## Abstract

The aim of this paper is to describe the presence of some peculiar speleothems, *pool fingers* and *u-loops*, that are found in gours in Cova des Pas de Vallgornera and it could point out influence of bacterial activity on its development.

## Introducción

La cueva con mayor desarrollo de Mallorca (en la actualidad con más de 65 km de desarrollo de conductos y galerías) es la Cova des Pas de Vallgornera. Presenta un complejo entramado de cámaras y galerías laberínticas desarrolladas en dos niveles, el inferior de los cuales está en la actualidad parcialmente sumergido en aguas salobres (GINÉS *et al.*, 2009). Excavada en los niveles carbonatados de la Unidad Arrecifal pertenecientes al Mioceno superior (FORNÓS & POMAR, 1983; POMAR, 1991) su desarrollo morfológico va estrechamente ligado a las variaciones de facies que presentan los depósitos donde se encuentran (GINÉS *et al.*, 2008). Estas características morfológicas complejas están a su vez condicionadas por los diversos factores de la espeleogénesis que han actuado sobre ellos, así son claras, además de la característica karstificación debida a la recarga por aguas meteóricas, todo el conjunto de procesos ligados a la corrosión por mezcla de aguas meteóricas y marinas que se da en la zona costera, así como la recarga basal profunda de origen hipogénico (GINÉS *et al.*, 2009; MERINO *et al.*, 2009; FORNÓS *et al.*, 2010). Además de las características formas de corrosión, la Cova des Pas de Vallgornera presenta un amplio abanico de procesos de precipitación que incluyen una amplia variedad de depósitos ligados a diversos procesos de estalagmitización tanto relacionados con la percolación de las aguas meteóricas, como los relacionados con la mezcla de aguas o incluso los procesos hipogénicos (MERINO *et al.*, 2009). El presente trabajo incide en un tipo muy particular de precipitados, generados en el interior de gours activos, de composición calcítica y denominados *pool fingers* y *u-loops* (Fig. 1).

## *Pool fingers* y *u-loops* en la Cova des Pas de Vallgornera

Tradicionalmente se ha considerado a los espeleotemas como precipitados procedentes de procesos inorgánicos condicionados tan sólo por las variables físico-químicas del ambiente. Sin embargo, cada vez son más los trabajos que demuestran la influencia de la actividad biogénica en algunos de dichos precipitados (BANFIELD & NEALSON, 1997), entre ellos se encuentran los *pool fingers* (MELIM, *et al.*, 2001; MELIM, *et al.*, 2008). Descritos por primera vez por DAVIS *et al.* (1990) en Lechuguilla Cave (New Mexico), los *pool fingers* son espeleotemas pendientes formados en gours y otras charcas o lagos. Presentan formas digitales delgadas que penden normalmente de paredes o cornisas del interior de gours. Generalmente son verticales aunque pueden presentar conexiones curvadas entre ellos (*u-loops*). Presentan dimensiones que oscilan entre los 1.5 mm y 2 cm de diámetro y una longitud que excepcionalmente puede superar los 50 cm. Su formación sería en condiciones subacuáticas (DAVIS *et al.*, 1990) por su extensión y desarrollo bajo las cornisas del interior de los gours, con los cuales compartiría en cierto modo su color, y porque nunca se encuentran por encima del borde superior de esas acumulaciones de agua. Una característica diferencial correspondería a que los *pool fingers* incluirían algún componente relacionado con filamentos de tipo orgánico (MELIN *et al.*, 2001).

En la Cova des Pas de Vallgornera se han localizado los *pool fingers* en un gour activo de forma irregular de unos 9 m de longitud, con una profundidad máxima de 30 cm y una anchura media de 70 cm, que está situado en el piso superior de la cavidad a unos 10 m sobre el nivel freático actual. El gour está totalmente forrado de

1 Grup Espeleològic de Llubí

2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les Illes Balears



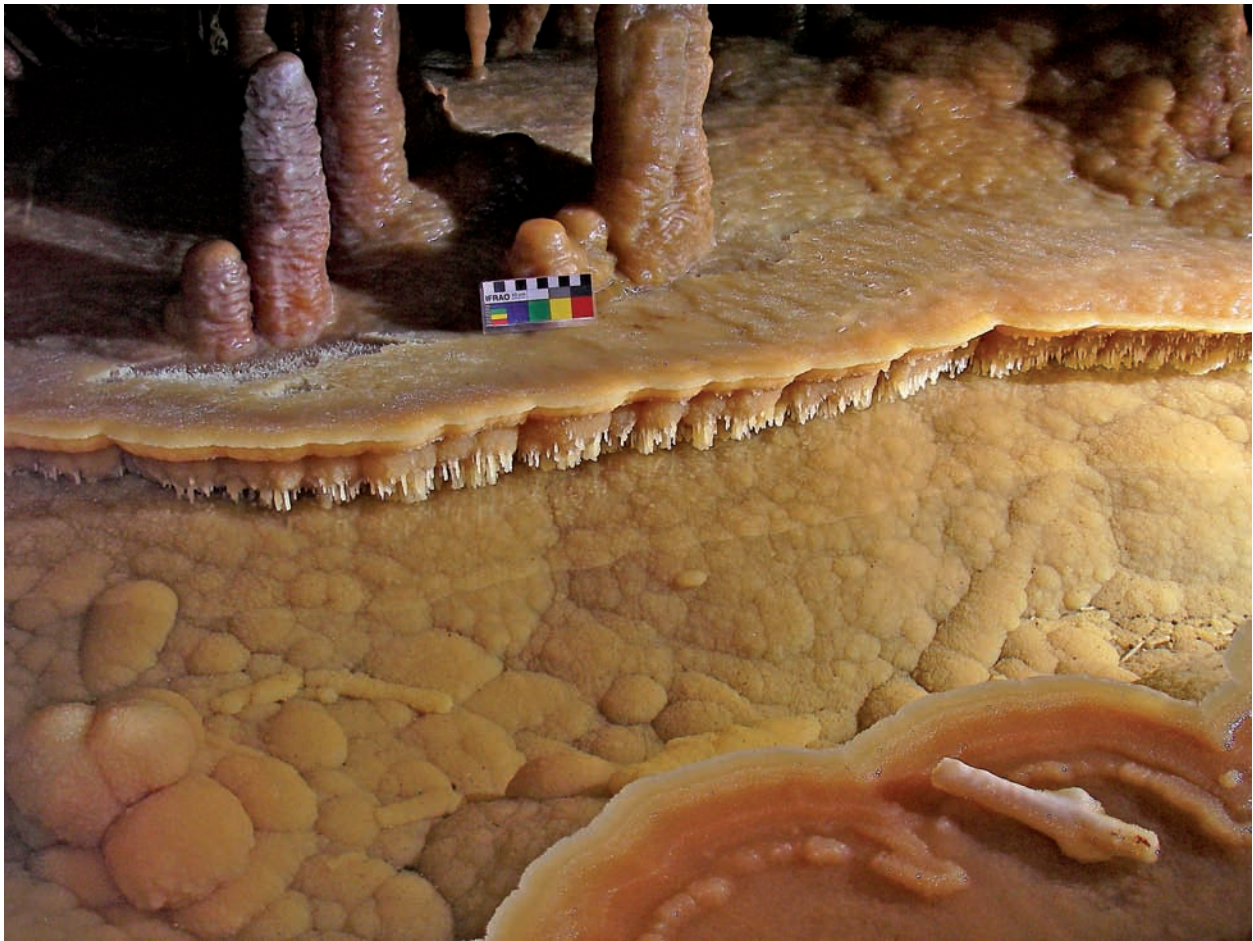


Figura 1: Vista general de una parte del gour donde se puede observar el alineamiento de los *pool fingers* a lo largo de uno de sus lados. En el fondo y en las paredes del gour es patente la presencia de cristales de calcita que lo cubren por completo.

Figure 1: General view of one of the gour's section where the *pool fingers* alignment along one of its sides is observed. At the same time obvious *pool spar* are lining the gour's bottom and walls.

cristales de calcita bien desarrollados, *pool spar* (HILL & FORTI, 1997), que cubren tanto el fondo como sus paredes; aquí los cristales son de menor tamaño y se encuentran más apilados. Estas cristalizaciones tienen un color marrón claro y marcan claramente el nivel máximo alcanzado por el agua en el gour. Al mismo tiempo hay restos de estalactitas rotas y depositadas en el fondo que se encuentran también cubiertos de cristalizaciones. Los cristales de calcita se agrupan en conjuntos mayores a modo de nódulos semi esféricos de hasta unos 4 cm de diámetro (Fig. 2).

El gour se encuentra delimitado por cornisas, *shelfstones*, y cornisas en media luna, *crescent shelfstones*. Las cornisas junto con las coladas pavimentarias, *flowstones*, asociadas presentan una superficie e inclinación muy suaves. Por el contrario las cornisas en media luna son algo cóncavas en su parte más interna lo que facilita la acumulación de agua. Ambos espeleotemas se distribuyen a lo largo del gour formando lóbulos más marcados en la zona de las cornisas en media luna.

Los *pool fingers* (DAVIS *et al.*, 1990; HILL & FORTI, 1997) aquí descritos son espeleotemas con aspecto de estalactita formados en condiciones subacuáticas, que se han desarrollado desde las paredes cubiertas de nódulos formados por cristales de calcita, *pool spar*. Su

sección es elíptica, con un diámetro de entre 3 y 1 mm, con una longitud variable de entre 30 y 1 mm, siendo la longitud media unos 20 mm. Tienen un color blanquecino o ligeramente acaramelado; los extremos de los *pool fingers* que se encuentran actualmente ligeramente sumergidos en el agua del gour presentan un leve engrosamiento (Fig. 3). De la misma manera se han identificado unas morfologías con aspecto de bucle y cierta curvatura, *u-loops* (DAVIS, 2000), formadas por cristales de calcita de pequeño tamaño que unen distintos *pool fingers* o que en algunos casos cuelgan de ellos, siendo su longitud de unos pocos milímetros en general.

Las observaciones realizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), microanálisis (EDS) y difracción de rayos X, muestran que los *pool fingers* están formados por cristales esparíticos de calcita de dimensiones inferiores a las 500 micras, con caras de crecimiento curvado, que presentan un contenido en Mg inferior al 2%. La distribución del tamaño de los cristales parece ser menor en el núcleo de inicio del crecimiento (Fig. 4) pudiéndose observar una ligera distribución en anillos concéntricos y con un claro incremento del tamaño del cristal hacia el exterior.

Estos precipitados han sido hallados entre otras cavidades en Lechuguilla cave, Carlsbad cavern y Hidden

Figura 2: Detalle del borde del gour donde se pueden observar los *pool fingers* junto con algunos *u-loops* que cuelgan de los mismos.

Figure 2: Detail of the gour's rim where the hanging *pool fingers* and some *u-loops* are present.



Figura 3: Fotografía de detalle que pone de manifiesto la naturaleza cristalina de los *pool fingers* junto con algunos *u-loops*.

Figure 3: Close up photography that shows the crystalline nature of *pool fingers* along with some *u-loops*.



cave, en las Montañas Guadalupe, New México USA. Las cavidades de esa zona presentan una serie de rasgos que son comunes a los existentes en la Cova des Pas de Vallgornera: todas ellas se han desarrollado en materiales carbonatados que contienen calizas arrecifales de distintas edades –Tortonense-Messiniense (FORNÓS & POMAR, 1983; GINÉS *et al.*, 2008) para la Cova des Pas de Vallgornera, y edad Pérmica (HILL, 2000; PALMER *et al.*, 2009) para las situadas en la Montañas Guadalupe– y cuentan con la presencia de depósitos multicolores (*ferro-manganese deposits*) y

notables acumulaciones de moonmilk en distintas cavidades (DAVIS *et al.*, 1990; NORTHUP *et al.*, 2000, 2003; SPILDE *et al.*, 2005, 2006; BARTON *et al.*, 2007; MERINO, 2000, 2006; MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009). El origen y la génesis de las cavidades, si bien no totalmente en el caso de la Cova des Pas de Vallgornera, están relacionados con fases hipogénicas (DAVIS, 2000; HILL, 2000; GINÉS *et al.*, 2009; FORNÓS *et al.*, 2010). En los *pool fingers* estudiados en las cavidades de las Montañas Guadalupe se han identificado a nivel microscópico unos filamentos que se po-

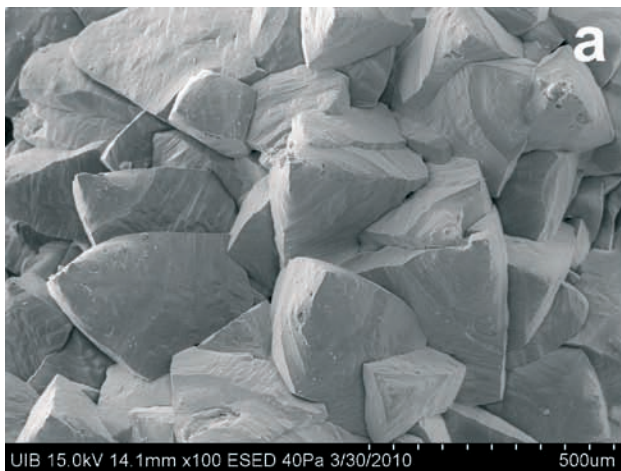


Figura 4: Imagen de microscopía electrónica de barrido que muestra el aspecto morfológico de los cristales esparíticos de calcita con caras de crecimiento curvo en la superficie de un *pool finger* (a) y aspecto externo de un *u-loop* (b).

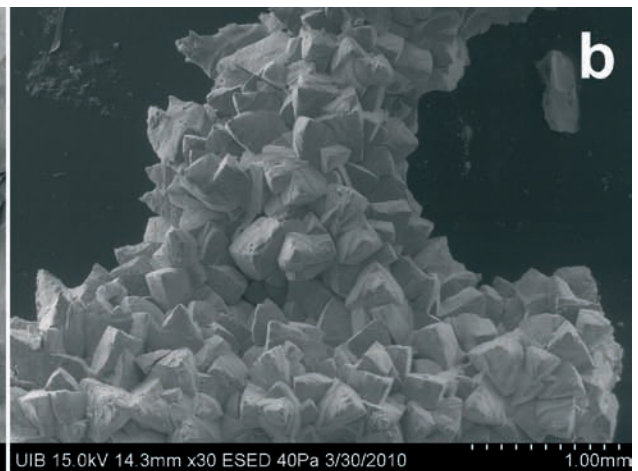


Figure 4: SEM image showing the calcite sparitic blocky crystals with rounded growth faces from a *pool finger* (a) and the external appearance of a *u-loop* (b).

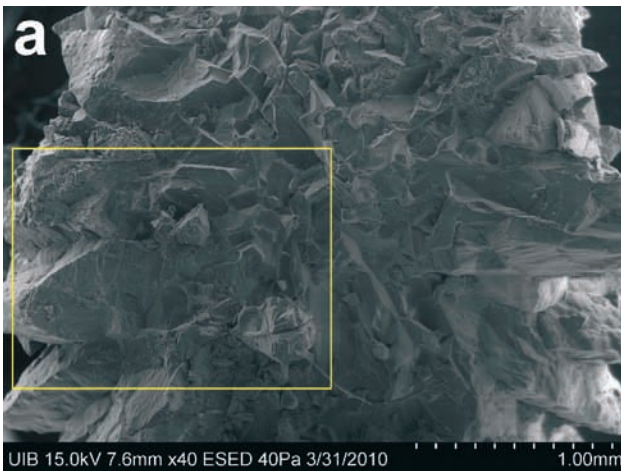


Figura 5: Imagen de microscopía electrónica de barrido de una sección transversal de un *pool finger* (a) y detalle del mismo (b) donde se aprecia el núcleo micrítico y está indicada la dirección de crecimiento.

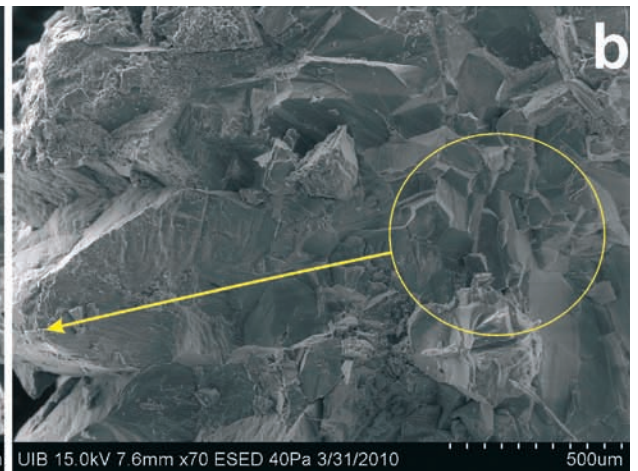


Figure 5: SEM image showing a transversal section of a *pool finger* (a) and in detail (b) where a micritic nuclei can be observed and the growing direction is indicated.

drían corresponder con restos de bacterias (NORTHUP *et al.*, 2000). Estos espeleotemas presentan una verdadera estructura biogénica con bucles que unen distintos *pool fingers*, formación difícil de explicar sólo mediante procesos abióticos (BARTON *et al.*, 2007). En las muestras analizadas en nuestro caso, aunque coinciden tanto morfológicamente como estructuralmente con los *pool fingers* anteriormente descritos en la literatura, no se ha observado en ningún momento ningún tipo de actividad biológica. Aunque quizás los caracteres morfológicos sean los menos importantes desde un punto de vista diagnóstico de la participación de procesos biológicos (MELIM *et al.*, 2010), dada la estructura verticalizada en el desarrollo de los *pool fingers* (sin posibilidades de goteo en condiciones subacuáticas), presentan claramente una morfología de crecimiento cristalino plenamente diferenciado de los precipitados que se dan en condiciones subacuáticas como sería el caso, por ejemplo, de la calcita flotante, o revestimientos de gours (con crecimiento libre en cualquier dirección al haber una distribución uniforme de iones dentro del fluido). En nuestro

caso la precipitación se daría de forma perpendicular probablemente a filamentos o biofilms que penderían en forma gravitatoria de la pared o cornisa dentro de la masa de agua del gour y que mostrarían una distribución concéntrica de los cristales a partir de ese punto de nucleación (Fig. 5). Probablemente el inicio de la precipitación sería biológicamente inducido (cristales de micrita) pero posteriormente el crecimiento continuaría de forma totalmente abiótica (MELIM *et al.*, 2010) como así lo indican el tamaño de los cristales (esparita).

## Agradecimientos

Queremos agradecer de manera especial a los compañeros de fatiga la paciencia aguantando las tediosas horas en la toma de datos. Nuestra gratitud a Toni Mulet, Guiem Mulet, Toni Croix y Anders Kristofersson, así como a Ferran Hierro y Joan Cifre de los Serveis

Científico-Tècnics de la UIB por la ayuda en la utilización en el uso de las técnicas SEM y de difracción de rayos X. Agradecer también a Joaquín Ginés la revisión y comentarios acerca de este artículo.

El presente trabajo es una contribución al proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2009-07392.

## Bibliografía

- BANFIELD, J.F. & NEALSON (1997): Geomicrobiology. Reviews in Mineralogy, 35. Geological Society of America, 448 p. Boulder, CO (USA).
- BARTON, H.A. & NORTHUP, D.E. (2007): Geomicrobiology in cave environments: past, current and future perspectives. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69(1): 163-178. Huntsville, Alabama. USA.
- DAVIS, D.G. (2000): Extraordinary features of Lechuguilla cave, Guadalupe Mountains, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 147-157. Huntsville, Alabama. USA
- DAVIS, D.G.; PALMER, M.V. & PALMER, A.N. (1990): Extraordinary subaqueous speleothems in Lechuguilla Cave, New Mexico. *NSS Bulletin*, 52: 70-86.
- FORNÓS, J. J.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; GRÀCIA, F.; MERINO, A.; CIFRE, J.; HIERRO, F. (2010): Hypogene Speleogenetic Evidences in the Development of Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca Island, Western Mediterranean). Andreo, B.; Carrasco, F.; Durán, J.J. LaMoreaux, J.W. (eds.) *Advances in Research in Karst Media*. Springer-Verlag. Environmental Earth Sciences Series. 349-354. Berlín.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L.(1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad calizas de Santanyí (Complejo Terminal). In: *El Terciario de las Baleares. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología*. IEB-UIB
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F. & MERINO, A. (2008): Noves observacions sobre l'espeleogènesi en el Migjorn de Mallorca: Els condicionants litològics en alguns grans sistemes subterranis litorals. *Endins*, 32: 49-79. Palma de Mallorca.
- GINÉS J.; GINÉS A.; FORNÓS J.J.; MERINO A. & GRÀCIA F. (2009): - On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst of southern Mallorca (Western Mediterranean). In: KLIMCHOUK A. & FORD D. (Eds.) - *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper 1: 91-99.
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society, 238 pgs. Huntsville.
- HILL, C. (2000): Overview of the geological history of cave development in the Guadalupe Mountains, New México. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 60-71. Huntsville, Alabama. USA
- MELIM, L.A.; NORTHUP, D.E.; SPILDE, M.N.; JONES, B.; BOSTON, P.J. & BIXBY, R.J. (2008): Reticulated filaments in cave pool speleothems: microbe or mineral? *Journal of Cave and Karst Studies*, 70(3): 135-141. Huntsville, Alabama, USA.
- MELIM, L.A.; SHINGLAMN, K.M.; BOSTON, P.J.; NORTHUP, D.E.; SPILDE, M.N. & QUEEN, J.M. (2001): Evidence for microbial involvement in pool finger precipitation, Hidden Cave, New Mexico. *Geomicrobiology Journal*, 18: 311-329.
- MELIM, L.A.; SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E. & BOSTON, P.J. (2010): Biosignatures in Pleistocene cave pool speleothems. *Astrobiology Science Conference 2010*.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21. Palma de Mallorca.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfológicas de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilómetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): 40 kilómetros de desarrollo topografiado. *Endins*, 31: 101-110. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca) alcanza los 55 kilómetros de desarrollo topográfico. *Endins*, 32: 33-42. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B. (2009): Datos preliminares sobre la mineralogía de los precipitados asociados a respiraderos y toberas existentes en la Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. *Endins*, 33: 99-104. Palma de Mallorca.
- NORTHUP, D.E.; BARNES, S.M.; YU, L.E.; SPILDE, M.N.; SCHELBLE, R.T.; DANO, K.E.; CROSSEY, L.J.; CONNOLLY, C.A.; BOSTON, P.J.; NATVIG, D.O. & DAHM, C.N. (2003): Diverse microbial communities inhabiting ferromanganese deposits in Lechuguilla and Spider caves. *Environmental Microbiology*, 5: 1071-1086.
- NORTHUP, D.E.; DAHM, C.N.; MELIM, L.A.; SPILDE, M.N.; CROSSEY, L.J.; LAVOIE, K.H.; MALLORY, L.; BOSTON, P.J.; CUNNINGHAM, K.I. & BARNES, S.M. (2000): Evidence of geomicrobiological interactions in Guadalupe (NM) caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 80-90. Huntsville, Alabama, USA.
- PALMER, A.N.; PALMER, M.V.; QUEEN, J.M.; DuCHENE, H.; CUNNINGHAM, K.I. (2009): The Guadalupe Mountains, New Mexico. Texas. In: *Cave and Karst of the USA*. NSS. Huntsville, Alabama, USA.
- POMAR, L. (1991): Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243-269.
- SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E. & BOSTON, P.J. (2006): Ferromanganese deposits in the caves of the Guadalupe Mountains. *New Mexico geological society guidebook, 57th Field conference*. Caves and Karst of Southeastern New Mexico.
- SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E.; BOSTON, P.J.; SCHELBLE, R.T.; DANO, K.E.; CROSSEY, L.J. & DAHM, C.N. (2005): Geomicrobiology of cave ferromanganese deposits, a field and laboratory investigation. *Geomicrobiology Journal*, 22: 99-116. Huntsville, Alabama. USA.



# ANÀLISI MORFOMÈTRICA DEL CARST DE PINACLES MEDITERRANI DE SA MITJANIA (Escorca, Mallorca)

per Angel GINÉS <sup>1,2</sup>, Joaquín GINÉS <sup>1,2</sup> i Pere M. MIRALLES <sup>2</sup>

## Resumen

Se presentan los resultados del estudio morfométrico del karst de pináculos mediterráneo de Sa Mitjania, localizado en la parte septentrional de la Serra de Tramuntana (Mallorca). La medida de los principales parámetros que permiten describir la morfología de los pináculos (altura, longitud en planta del eje mayor, longitud del eje menor, superficie, pendiente del eje mayor y pendiente del eje menor) se ha efectuado a partir de una versión digitalizada del mapa de Sa Mitjania a escala 1/2.000, previamente publicado por uno de los autores (J.G.) en 1990. Destaca la elevada densidad de pináculos, más de 10 por hectárea, y la considerable proporción de terreno, evaluable en torno al 10% de la superficie exokárstica, que aparece ocupada por pequeños pináculos y especialmente por grandes peñascos residuales de formas también puntiagudas. Más de un 10% de los pináculos superan los 10 metros de altura, mientras que en sus flancos predominan pendientes superiores a los 45°, lo que contribuye a que este tipo de parajes kársticos sean difícilmente transitables y se distingan por su paisaje muy agreste. Debido a que Sa Mitjania constituye un ejemplo notable, pero al mismo tiempo bastante representativo de los campos de lapiaz que tanto abundan en la Serra de Tramuntana, los datos morfométricos recolectados en los más de un centenar de pináculos muestreados en esta localidad permiten establecer comparaciones, en términos estadísticos, con otros karsts de pináculos desarrollados en diversas condiciones bioclimáticas, como es el caso de algunos famosos karsts intertropicales.

## Abstract

The results of the morphometrical study of the mediterranean pinnacle karst of Sa Mitjania, located in the northern part of Serra de Tramuntana range (Mallorca), are presented in this paper. The measurement of the main parameters allowing a description of the pinnacles' morphology (height, plan length of the major axis, length of the minor axis, area, slope dipping along the major axis and dipping along the minor axis) has been performed on a digitalized version of the 1/2,000 scale map of Sa Mitjania, previously published by one of the authors (J.G.) in 1990. It is worth to mention the high density of pinnacles (more than 10 pinnacles per hectare) and the substantial proportion of surface (around a 10% of the exokarstic area) that appear occupied by small pinnacles and especially by big residual rocky hills showing also sharp pointed forms. More than 10% of the pinnacles surpass a height of 10 metres; whereas their slopes predominantly show dips exceeding 45°, which contribute to make these karst areas very rough and wild as well as almost impassable. Due to the fact that Sa Mitjania constitutes a notable example of rocky landscape, quite representative of the karren fields so abundant in the Serra de Tramuntana, the morphometrical data gathered on more than a hundred pinnacles allow an accurate description of that forms in our mediterranean environment; these data could facilitate to establish comparisons, in statistical terms, with other pinnacle karsts developed in diverse bioclimatic conditions, as is the case of some celebrated intertropical karsts.

## Introducció

Els camps de lapiaz ocupen extensions molt considerables de la superfície del carst en climes alpins, mediterranis, semiàrids i intertropicals humits. Les seves característiques topogràfiques es diversifiquen en funció dels condicionants climàtics, de forma que els relleus resultants poden assolir trets molt espectaculars i fins i tot

determinar el tipus de paisatge, així com l'evolució i el funcionament hidrològic del conjunt de l'exocarst. El cas més extrem de relleu càrstic dominat pel desenvolupament del lapiaz és el **carst de pinacles** (*pinnacle karst* en anglès), que té com a localitats de més anomenada: els Pinnacles de Gunung Api (Sarawak, Malàisia), el Shilin (*stone forest*) de Lunan (Yunnan, Xina), els Tsingy de Bemaraha i Ankarana (Madagascar), els "bluffs" de Chillagoe (Queensland, Austràlia) i els impressionants costers de Mount Kaijende (Papua Nova Guinea).

1 Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca.

2 Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears.

L'interès per aquests tipus de carst es va anar consolidant a la bibliografia geomorfològica des que WILLIAMS (1972), en classificar els principals tipus de carst poligonal de Nova Guinea, va encunyar el terme *arête and pinnacle karst*. Publicacions posteriors han contribuït a divulgar i descriure els principals exemples de *carst de pinacles* intertropicals i subtropicals d'influència monsonica (OSMASTON, 1980; JENNINGS, 1985; CHEN *et al.*, 1986; FORD *et al.*, 1996; FORD & WILLIAMS, 2007; DAY & WALTHAM, 2009; GRIMES, 2009; SALOMON, 2009).

Per la seva part, BÖGLI (1980) dedica un apartat als pinacles (*Spitzkarren* en alemany) i fa les següents consideracions: "Els pinacles són formes de lapiaz madures... Necessiten un llarg temps per formar-se. Òbviament no basta amb el període Postglacial. Per consegüent, són força rars en els Alps, on només es poden trobar en àrees especialment protegides fora de l'abast de l'acció del gel en moviment. En canvi es troben freqüentment en regions no afectades per les glaceres, com ara la regió mediterrània, ja que n'abunden en moltes localitats. Els pinacles són predominants en els tròpics, on assoleixen grans dimensions...".

Malauradament les referències bibliogràfiques disponibles contenen una informació morfomètrica molt minsa i la mida dels pinacles s'avalua en la majoria dels

treballs de manera tan sols aproximada: al voltant de 45 metres d'altura segons OSMASSTON (1980); fins a 30 metres segons DREW (1985); entre 1 i 35 metres segons CHEN *et al.* (1986); entre 20 i 40 metres segons FORD *et al.* (1996); entre 1 i 35 metres d'altura i 1 a 20 metres de diàmetre segons FORD & WILLIAMS (2007); fins a 80 metres als Tsingy de Madagascar (SALOMON, 2009); i fins a 120 metres d'altura a Mount Kaijende (WILLIAMS, 2009). Segurament les dades que forneixen DAY & WALTHAM (2009) són les més detallades al respecte: basant-se en un mostreig només aproximatiu, fet a la localitat típica de Gunung Api (illa de Borneo), aquests autors indiquen que el 20% dels pinacles tenen més de 20 metres d'altura (amb exemplars de fins a 50 m), mentre que al voltant del 30% no assoleixen una mida de 2 metres i el 50% no superen els 5 metres; dades que suggereixen que l'altura dels pinacles no segueix una distribució normal.

Els carsts de pinacles mediterranis compten amb una bibliografia més aviat escassa, encara que les muntanyes de la costa dàlmata i de l'illa de Mallorca mostren exemples ben destacats d'aquest tipus d'exocarst. Es tracta de paisatges, sens dubte, no tan excepcionals com la majoria dels carsts de pinacles tropicals, però així i tot sembla prou significatiu que quasi tots els tre-



Figura 1: Típic paisatge de la part meridional del carst de pinacles de Sa Mitjana. Els costers escarpats que ocupen el rerefons de la imatge corresponen al Pas de n'Argentó i, en darrer terme, al Puig Major.

Figure 1: Typical landscape in the southern part of the pinnacle karst of Sa Mitjana. The cliffs in the rear of the picture correspond to Pas de n'Argentó area and, in the background, to the Puig Major.

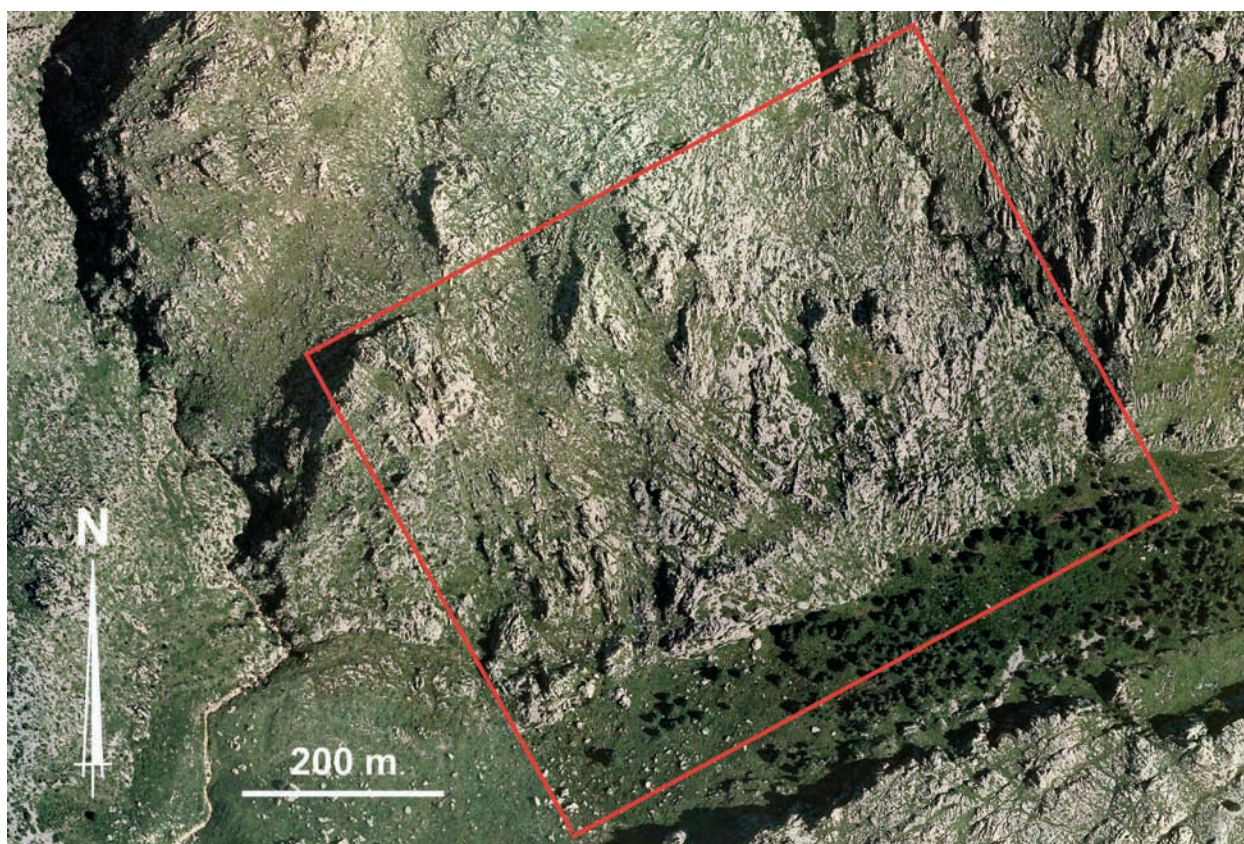


Figura 2: Ortofotografia del carst de Sa Mitjania i dels seus voltants (Sa Coma de Bini al Sud i els torrents del Gorg des Diners i de s'Al-lot Mort a l'Est i a l'Oest respectivament). El rectangle vermell indica els límits de la zona cartografiada. Aquesta imatge correspon al PNOA-2008.

Figure 2: Orthophotography of the karst area of Sa Mitjania and its surroundings (Sa Coma de Bini to the south as well as Gorg des Diners and s'Al-lot Mort creeks to the east and west respectively). The red rectangle indicates the limits of the mapped area. This image corresponds to PNOA-2008.

balls que inclouen descripcions dels camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana mallorquina insisteixen reiteradament en la presència d'espectaculars piràmides, crestes (*ridges*) i pinacles (*pinnacles*) de lapiaz (GINÉS *et al.*, 1979; BÄR, 1989; GINÉS & GINÉS, 1989 i 1995; GINÉS, 1998; entre d'altres).

Pel que fa a les dimensions dels pinacles mallorquins, són molt poques les dades numèriques concretes que han estat publicades: SMART & WHITAKER (1996) documenten crestalls d'entre 1 i 15 metres d'altura, que mostren pendents compreses entre 20° i 80°; GINÉS (1998), fent uns comentaris generals sobre els camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana, escriu textualment: "Les roques... sobresurten enmig de la vegetació i dels esquerps roquissars, i formen pinacles, crestes i piràmides de lapiaz (*karren pinnacles*) d'entre 5 i 20 metres d'alçada"; finalment, GINÉS & GINÉS (2009) indiquen que "...els nombrosos carsts de pinacles estan constituïts per conjunts de piràmides que molt sovint superen els 10 m d'altura i els 200 m<sup>2</sup> de superfície, els quals queden separats per profundes esquerdes...". Però, a part de la informació continguda en totes aquestes publicacions —on no falten dades de caràcter fonamentalment descriptiu sobre les microformes de lapiaz que mostren els costers carstificats dels pinacles—, dues de les localitats més representatives de la Serra de Tramuntana (Es Clots Carbons i Sa Mitjania) varen ser cartografiades a escala 1/2.000 per un dels autors (J.G.) a finals de la

dècada dels vuitanta i apareixen publicades respectivament a GINÉS & GINÉS (1989) i GINÉS (1990). Els mapes resultants constitueixen un material potencialment molt valuós per a la realització d'estudis morfomètrics, com intentarem demostrar en el present treball.

## Metodologia utilitzada per a l'anàlisi morfomètrica dels pinacles

Algunes de les característiques més notables dels carsts de pinacles estan relacionades amb el relleu molt accidentat que presenten i que els fa, de vegades, intransitables i, en alguns casos extrems, gairebé inacessibles. A més de la verticalitat de les parets i flancs dels pinacles, solcats per profunds canals (*rinnenkarren*) i amb arestes esmolades per microformes de lapiaz, els pinacles apareixen espaiats freqüentment per esclerxes molt profundes, ocupades per la vegetació. Tot això contribueix a que la feina topogràfica de camp sigui molt difícil en aquestes condicions. A més a més, portar a terme un mostreig estadísticament significatiu esdevé una tasca desproporcionadament àrdua i fastijosa dins



un terreny tan esquerp i poc uniforme a escala humana. Emperò, els pinacles i crestalls tenen unes mides a bastament grans que permeten la seva observació mitjançant tècniques de teledetecció, com ara la fotografia aèria i els seus derivats cartogràfics. És aquesta aptitud per a la seva discriminació i identificació en fotografia aèria la que pot donar més avantatges als estudis morfomètrics dels pinacles basats en diversos productes cartogràfics, sempre que aquests tinguin un nivell de resolució adient.

Va ser, precisament, la disponibilitat prèvia d'una cartografia geomorfològica detallada del promontori carstificat de Sa Mitjania (Figura 1) —una localitat ben representativa dels camps de lapiaz de la muntanya mallorquina— el punt de partida per a desenvolupar aquesta primera temptativa d'anàlisi morfomètrica d'un carst de pinacles mediterrani. El material cartogràfic base sobre el que s'ha treballat, consisteix en un mapa a escala 1/2.000 que fou elaborat a l'*Empresa Municipal d'Informàtica S.A.* (actualment *IMI*) de Palma de Mallorca, utilitzant un restituïdor analític Matra T-1 que va permetre aplicar les tècniques fotogramètriques sobre parells estereoscòpics de fotografies aèries a escala 1/15.000. Del producte cartogràfic original s'ha realitzat recentment una nova versió en format DGN, per tal de facilitar el seu tractament informàtic. La cartografia geomorfològica produïda, que ja es va publicar a GINÉS (1990), permet copsar l'impressionant paratge càrstic amb tota la complexitat del seu relleu, però també permet efectuar amidaments de diversos descriptors morfomètrics amb una precisió a bastament satisfactòria, sempre dins els límits que imposa l'equidistància de corbes de nivell, que en aquest cas és de 2 metres. L'elecció de Sa Mitjania com a exemple de carst de pinacles està prou justificada per les característiques que presenten els seus camps de lapiaz; però, a més a més, es tracta d'una localitat relativament petita, que presenta uns límits geogràfics còmodes de definir i que, per tant, es pot estudiar amb facilitat d'una manera exhaustiva i individualitzada (Figures 2 i 3).

Els resultats de l'anàlisi morfomètrica dels pinacles de Sa Mitjania apareixen resumits als apartats que vénen a continuació i han estat desenvolupats i estructurats amb uns criteris metodològics senzills: 1) l'estratègia de mostreig adoptada ha consistit, primer de tot, en identificar tots els elements topogràfics prominents que es podien discriminar a la cartografia esmentada, per tal de tabular per a cada un d'ells les mesures corresponents de cada descriptor; 2) totes les dades morfomètriques obtingudes i recol·lectades a la Taula I provenen

de l'amidament efectuat sobre la cartografia esmentada (algunes han estat calculades gràficament de forma manual, però en altres casos s'han fet servir tractaments informàtics a partir de la seva versió digitalitzada); 3) la selecció dels paràmetres a mesurar en cada pinacle ha estat condicionada per la intenció de donar a l'estudi un enfocament fonamentalment descriptiu, però obert també a possibles interpretacions genètiques; 4) els valors numèrics corresponents a cada pinacle (tal com apareixen a la Taula I) consten de nou mides o dades: altura, longitud de l'eix major, longitud de l'eix menor, superfície, relació entre l'eix major i l'eix menor, pendent de l'eix major, pendent de l'eix menor, cota a peu de pinacle i cota de cim de pinacle; 5) en base al tractament estadístic efectuat sobre les mesures obtingudes s'han pogut inferir una sèrie d'estimacions sobre l'altura, la superfície, la forma en planta i els pendents dels costers dels pinacles, així com també sobre possibles nivells de relleixos i cims relacionats amb ells; 6) al mateix temps, s'ha plantejat (amb una mostra significativa de 104 individus) el problema de la tipologia dels pinacles i s'ha fet un intent de quantificar el percentatge de superfície càrstica ocupada per pinacles i la seva concentració per unitat de superfície; 7) finalment, cal remarcar que aquest treball té un caire pioner pel que fa a l'ús de tècniques de teledetecció en l'estudi morfomètric del lapiaz (a nivell dels diferents tipus d'exocarst existents) i que, precisament per això, s'ha defugit deliberadament d'introduir en ell altres dades de camp complementàries.

## Tipologia dels pinacles

A diferència de la majoria de les formes de lapiaz, els pinacles constitueixen formes prominents —és a dir, en relleu— que quan assoleixen un important grau de desenvolupament poden caracteritzar els camps de lapiaz i fins i tot el conjunt de l'exocarst, imposant-se a les dolines o depressions càrstiques en la topografia d'alguns paratges càrstics mediterranis i tropicals.

Aquest és el cas de Sa Mitjania, però també d'altres nombroses localitats de la Serra de Tramuntana, on la presència de grans piràmides de lapiaz ha estat documentada reiteradament; com per exemple a GINÉS *et al.* (1979), BÄR (1989), GINÉS & GINÉS (1989), GINÉS (1990), SMART & WHITAKER (1996), GINÉS (1998) i GINÉS & GINÉS (2009). Les esmentades referències bibliogràfiques descriuen aquestes formes prominents

Figura 3: Cartografia geomorfològica detallada del paratge càrstic de Sa Mitjania. Es tracta d'una nova versió del mapa a escala 1/2.000 que fou elaborat a l'*Empresa Municipal d'Informàtica S.A.* (actualment *IMI*) de Palma i que es va publicar a GINÉS (1990). Projecció UTM; datum ED50. Equidistància de les corbes de nivell: 2 metres.

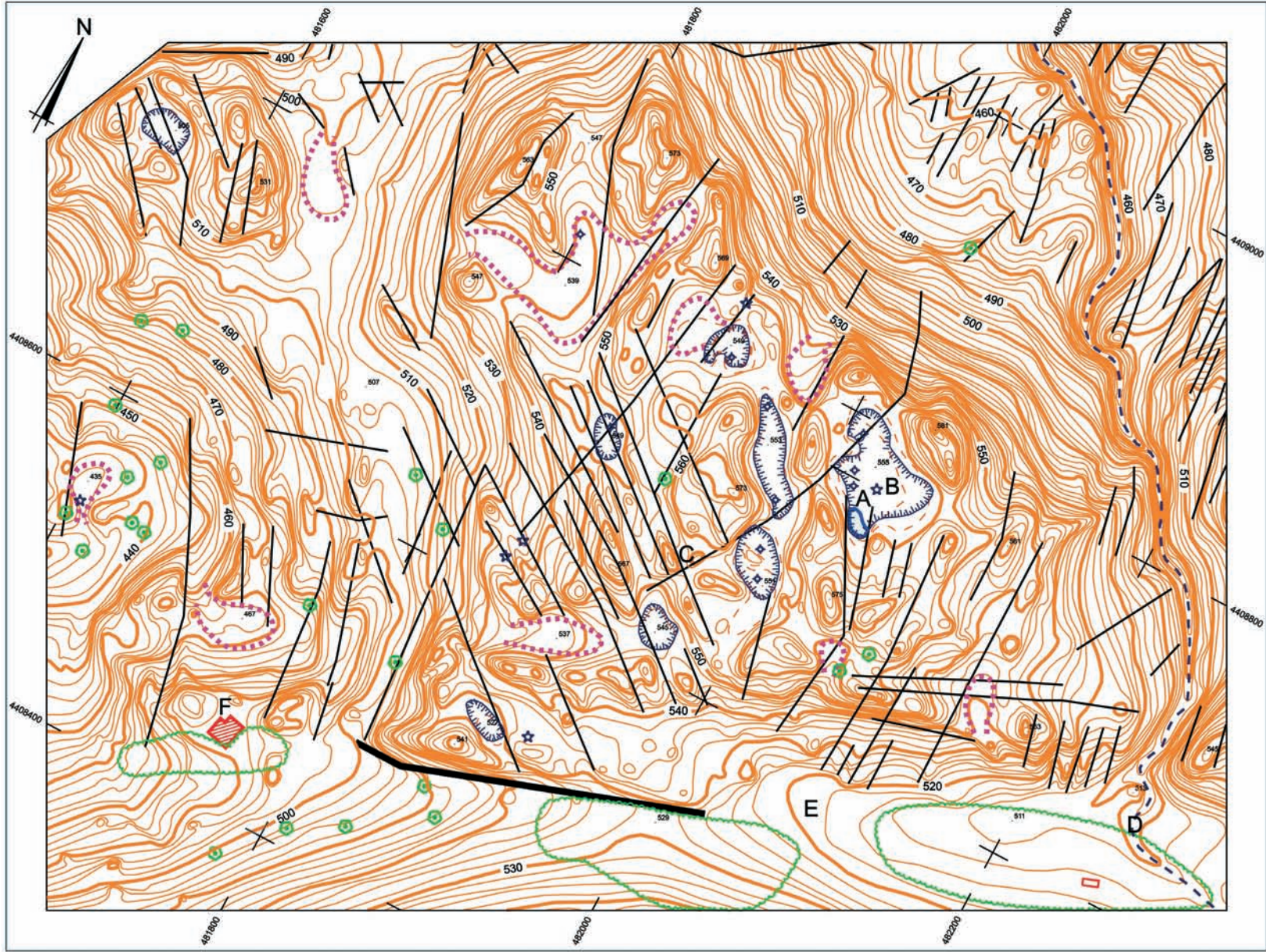
**A:** Avenc de Sa Mitjania; **B:** Avenc Petit de Sa Mitjania; **C:** Avenc Públic; **D:** Torrent des Gorg des Diners; **E:** Coma de Bini; **F:** Casa des Moro.

1: fons de dolina amb cobertura edàfica; 2: dolina oberta; 3: engolidor, petit avenc; 4: avenc; 5: fractures eixamplades per dissolució; 6: corbes de nivell; 7: corbes de depressió; 8: cota altimètrica; 9: paret de pedra seca; 10: construcció; 11: torrent; 12: arbres; 13: massa arbòria.

Figure 3: Detailed geomorphological map of the karst area of Sa Mitjania. It is a recent version of the 1/2,000 map performed in the Empresa Municipal d'Informàtica S.A. (currently IMI) from Palma, that was previously published by GINÉS (1990). UTM projection; ED50 datum. Contours interval: 2 metres.

**A:** Avenc de Sa Mitjania; **B:** Avenc Petit de Sa Mitjania; **C:** Avenc Públic; **D:** Torrent des Gorg des Diners; **E:** Coma de Bini; **F:** Casa des Moro.

1: doline bottom covered with soil; 2: opened doline; 3: swallow-hole, small pit; 4: shaft; 5: solutionally enlarged fractures; 6: contours; 7: contours in depressed areas; 8: elevation point; 9: stone wall; 10: building; 11: creek; 12: trees; 13: forest area.



0 40 80 m.

com a: piràmides, crestes, *spitzkarren*, torrelles, crestalls, *ridges* i, més recentment, com a pinacles. Emperò, l'ús cada vegada més generalitzat de l'expressió *carst de pinacles* per a aquest tipus de paisatges càrstics, esquerps i quasi intransitables, ens ha convidat a utilitzar aquí de manera preferent el terme *pinacle*, però amb unes certes matisacions.

D'una banda, és necessari reconèixer que els relleus càrstics positius mostren una gran complexitat de forma, altura i mida, i no sempre és fàcil individualitzar els diferents pinacles pel que fa al seu tractament morfològic. Si bé qualsevol prominència destacada queda reflectida als mapes topogràfics en forma d'una corba de nivell tancada (tal com s'aprecia a la Figura 3, elaborada amb una equidistància entre corbes de nivell de 2 metres), és freqüent que els relleus presentin diversos cims encara que comparteixin una mateixa base. Per això hem introduït una classificació que distingeix entre *pinacles simples* i *complexos de pinacles*; o, dit amb altres paraules, entre *relleus simples* i *relleus complexos* (Figura 4). Els pinacles simples són aquells que només mostren un únic cim o nucli destacat, segons el

poder de resolució que ens dona el mapa topogràfic de base (Figures 3 i 4). Per contra, els relleus complexos són aquells on hi podem trobar més d'un cim dins un mateix relleu, encara que la seva identitat topogràfica queda clarament delimitada per una corba de nivell tancada que els envolta per complet (Figura 4). Aquesta diferenciació es fa necessària per tal d'establir, de bon començament, un primer criteri d'individualització per a cada element a mesurar. A la Figura 5 es pot apreciar la decisió adoptada, de manera que els pinacles simples apareixen en color blau i els relleus complexos, que inclouen diversos pinacles, apareixen delimitats amb un color perifèric vermell.

D'altra banda, cal tenir en compte una diferència substancial pel que fa a la grandària dels elements topogràfics a considerar. Per norma general, els pinacles o relleus simples tenen una mida molt més petita i una menor altura i superfície que els complexos de pinacles, i són els que de fet apareixen descrits a la bibliografia com a pinacles o *spitzkarren*. En canvi, com és de suposar, els relleus complexos tenen unes dimensions molt més grans i abracen grups de pinacles simples dins el seu

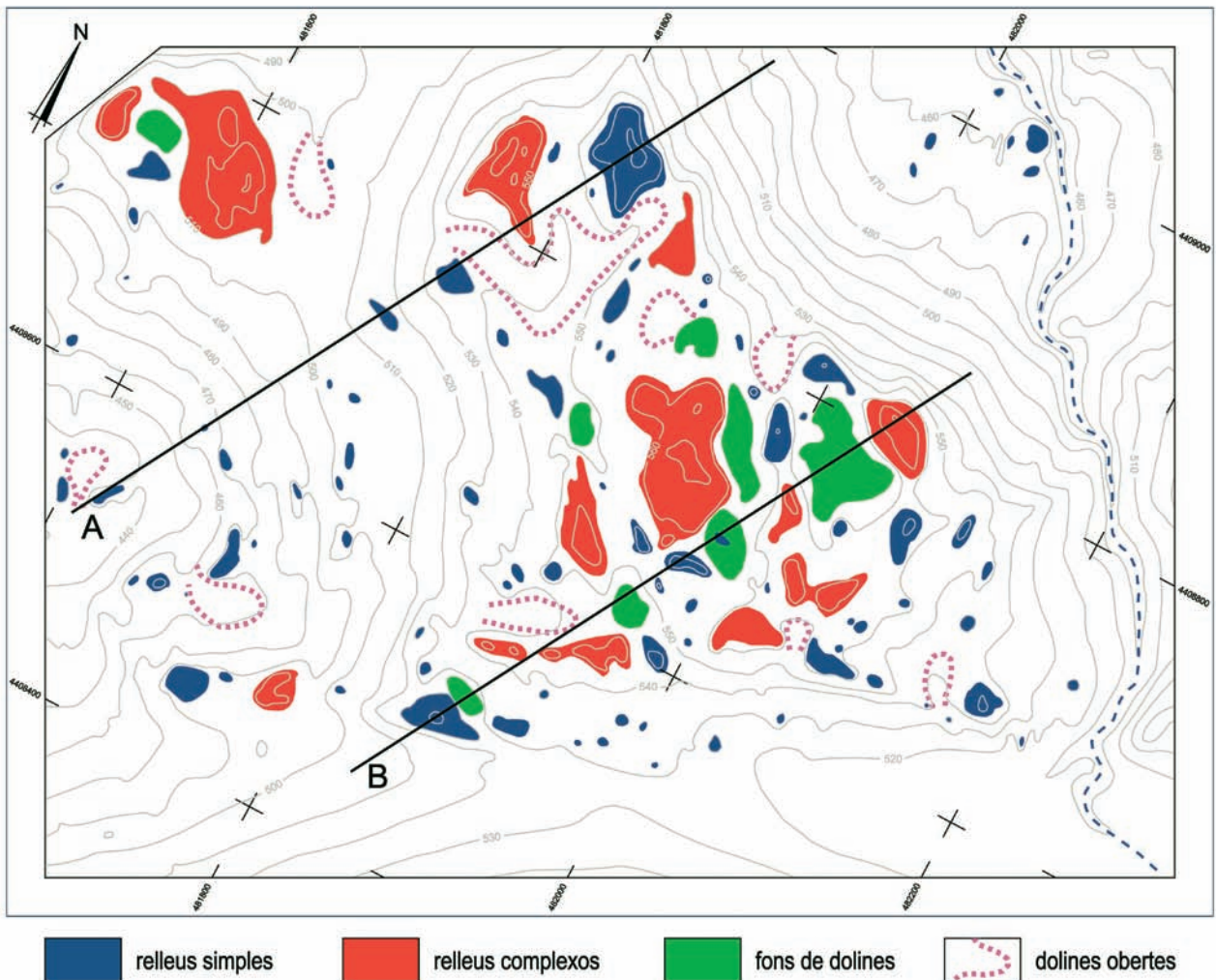


Figura 4: Mapa esquemàtic i simplificat de Sa Mitjania. Els 104 pinacles *lato sensu* mostrejats apareixen assenyalats en color blau (pinacles simples) i en color vermell (complexos de més d'un pinacle). Els dos talls topogràfics paral·lels A i B es poden consultar a la Figura 12.

Figure 4: Schematic and simplified map of Sa Mitjania. The 104 sampled pinnacles *lato sensu* appear represented in blue (simple pinnacles) and in red colour (complexes including more than one pinnacle). The two parallel topographic profiles A and B are displayed in Figure 12.

límit. Emperò, en alguns casos, es troben relleus simples de gran mida i superfície als quals difícilment escau la denominació de pinacles (vegeu-ne un clar exemple a la Figura 4, concretament a l'extrem septentrional del perfil A). És per això que ens hem permès distingir entre **pinacles** (Figura 6) i **penyals càrstics** (Figura 7).

Així doncs, els **pinacles** serien aquells relleus simples, produïts per l'activa erosió càrstica que es manifesta mitjançant el creixement de formes de lapiaz en tota la seva extensió, i que no arriben a superar els 200 m<sup>2</sup> de superfície. Complementàriament, els **penyals càrstics** serien aquells relleus residuals de grans dimensions, simples o complexos, que assoleixen una extensió superior als 300 m<sup>2</sup>, sense importar el nombre de cims que puguin presentar ni el grau de desenvolupament de les morfologies de lapiaz. Cal destacar que la diferenciació que aquí s'estableix, entre pinacles i penyals, no és estrictament rígida, sinó que correspon a una gradació contínua que va des dels pinacles més representatius i abundants (entre 5 i 20 m<sup>2</sup> de superfície i de 2 a 4 m d'altura) fins als grans penyals (de més de 3.000 m<sup>2</sup> de superfície), passant per relleus intermedis que suposarien una transició gradual entre pinacle i penyal.

La distinció entre relleus simples i complexos (segons el nombre de cims de cada prominència) i entre pinacles i penyals (segons les seves dimensions i la modalitat de carstificació que presenten aquests relleus) serà present tot al llarg dels apartats següents, especialment amb la intenció de clarificar la metodologia utilitzada i també amb la pretensió de facilitar la interpretació de la taula de dades (Taula I) i de les corresponents gràfiques descriptives.

## Densitat dels pinacles

En el promontori de Sa Mitjania, que ha estat seleccionat per a la realització d'aquest estudi (Figura 3), així com a molts d'altres camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana, la intensa carstificació ha donat lloc a uns paisatges que presenten nombrosos pinacles verticalitzats, els quals hi predominen clarament en comparació amb una quantitat de dolines i depressions càrstiques més aviat escassa. Es tracta d'un relleu exocàrstic caracteritzat per piràmides de lapiaz punxegudes i ben individualitzades, separades freqüentment per pregons corredors càrstics, i que, només de manera esporàdica, mostren diverses dolines intercalades entre mig dels conjunts de pinacles. Per això, una primera quantificació de la proporció en què les formes prominents –en relleu positiu– hi dominen sobre les formes còncaves –en depressió– es podria expressar de forma prou senzilla mitjançant un simple recompte del nombre de pinacles i de dolines per unitat de superfície.

Els càlculs efectuats sobre la totalitat de la zona carstificada que apareix a la Figura 3 (amb exclusió de la vorera oriental del Torrent des Gorg des Diners i de la part boscosa de Sa Coma de Bini) donen una superfície aproximada de 312.000 m<sup>2</sup> de camps de lapiaz, mentre que tan sols permeten detectar la presència de 8 dolines, concentrades quasi totes en el sector central de Sa

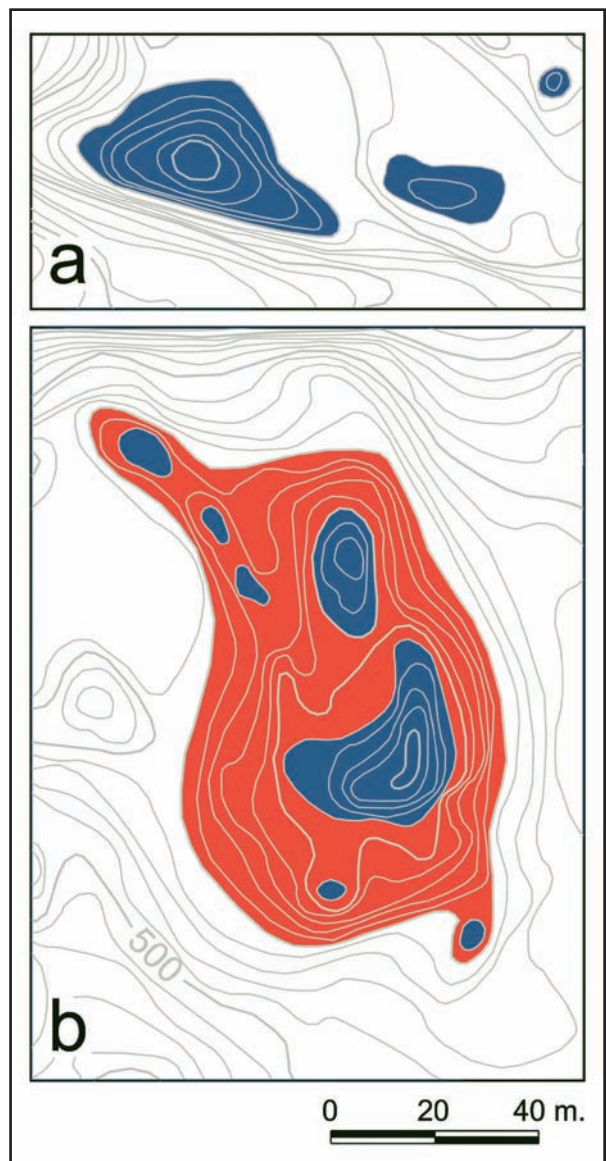


Figura 5: Exemples de pinacles simples i pinacles complexos. **a)** en blau, tres pinacles simples; **b)** en vermell, complex de pinacles constituït per un conjunt de set pinacles simples, els quals apareixen marcats en color blau.

Figure 5: Examples of simple and complex pinnacles. **a)** in blue, three simple pinnacles; **b)** in red, a complex of pinnacles constituted by a group of seven simple pinnacles, which are depicted in blue colour.

Mitjania (Figura 4). En canvi, la catalogació de la totalitat dels relleus positius que es poden reconèixer topogràficament (d'acord amb el poder de resolució que proporciona l'equidistància de corbes de nivell de 2 m) ens ha permès la identificació de 79 pinacles i 25 penyals (Taula I); és a dir, 104 pinacles *lato sensu*. Si, a més a més, es pren en compte que 13 d'aquests penyals són, de fet, pinacles complexos, que presenten un nombre addicional de 27 cims més, el recompte exhaustiu de pinacles simples pujaria fins a 131. Això suposa una **densitat de pinacles** de, com a mínim, 4,2 pinacles per hectàrea i un aclaparador predomini dels pinacles sobre les dolines pel que fa a la quantitat d'elements topogràfics observables a la cartografia de la zona mostrejada.

Taula I

Relleu	Altura [m]	Eix major (A) [m]	Eix menor (b) [m]	Superfície [m <sup>2</sup> ]	A/b	Pendent (A) [°]	Pendent (b) [°]	Cota peu [m]	Cota cim [m]
simple	2	3,6	1,8	4,8	2,0	48	66	495	497
simple	2	2,8	2,6	5,0	1,1	55	57	541	543
simple	2	3,1	2,2	5,3	1,4	52	61	469	471
simple	2	5,1	1,9	8,7	2,7	38	65	493	495
simple	2	4,2	3,3	9,8	1,3	44	50	539	541
simple	2	4,0	3,2	10,7	1,3	45	51	533	535
simple	2	5,0	3,0	11,5	1,7	39	53	473	475
simple	2	5,0	2,9	11,8	1,7	39	54	553	555
simple	2	4,7	3,5	12,6	1,3	40	49	535	537
simple	2	6,1	2,7	12,7	2,3	33	56	521	523
simple	2	5,6	2,9	12,9	1,9	36	54	553	555
simple	2	5,2	3,9	14,1	1,3	38	46	467	469
simple	2	4,7	4,0	14,2	1,2	40	45	567	569
simple	2	7,1	2,7	14,6	2,6	29	56	477	479
simple	2	6,2	2,5	15,0	2,5	33	58	561	563
simple	2	6,0	3,1	15,1	1,9	34	52	507	509
simple	2	5,2	4,4	18,3	1,2	38	42	555	557
simple	2	6,1	3,8	18,7	1,6	33	46	537	539
simple	2	5,4	4,7	19,2	1,1	37	40	561	563
simple	2	6,9	3,6	20,5	1,9	30	48	559	561
simple	2	5,6	4,8	21,0	1,2	36	40	559	561
simple	2	6,1	4,5	21,7	1,4	33	42	555	557
simple	2	6,5	4,6	21,7	1,4	32	41	533	535
simple	2	6,9	4,0	21,9	1,7	30	45	505	507
simple	2	6,1	4,6	23,2	1,3	33	41	545	547
simple	2	8,2	3,8	23,5	2,2	26	46	461	463
simple	2	7,0	5,0	23,6	1,4	30	39	503	505
simple	4	7,9	3,9	25,1	2,0	43	71	463	467
simple	2	7,2	5,4	28,4	1,3	29	37	439	441
simple	4	6,3	5,5	28,5	1,1	48	61	539	543
simple	2	7,0	5,4	28,6	1,3	30	37	459	461
simple	2	9,3	4,0	29,1	2,3	23	45	503	505
simple	2	6,8	5,4	29,3	1,3	30	37	561	563
simple	2	8,8	4,1	29,4	2,1	24	44	529	531
simple	2	9,0	4,2	29,5	2,1	24	44	467	469
simple	2	7,3	5,5	29,7	1,3	29	36	537	539
simple	2	10,7	3,5	30,0	3,1	20	49	491	493
simple	4	6,6	6,3	32,3	1,1	50	52	557	561
simple	2	10,3	3,7	34,4	2,8	21	47	555	557
simple	2	8,1	5,6	34,7	1,4	26	36	507	509
simple	4	10,2	4,4	36,3	2,3	38	66	557	561
simple	2	10,6	4,5	36,4	2,4	21	42	559	561
simple	2	8,7	5,6	38,6	1,6	25	36	559	561
simple	4	9,0	5,6	39,9	1,6	35	60	491	495
simple	2	8,3	6,8	40,2	1,2	26	30	465	467
simple	2	8,6	7,2	42,4	1,2	25	29	533	535
simple	2	7,3	7,3	44,6	1,0	29	29	529	531
simple	2	11,1	5,1	45,0	2,2	20	38	551	553
simple	2	9,3	6,3	46,0	1,5	23	32	555	557
simple	4	10,8	5,6	46,9	1,9	35	16	501	505
simple	2	8,3	7,4	47,5	1,1	26	28	537	539
simple	4	10,7	6,2	47,7	1,7	33	58	501	505
simple	4	8,7	7,0	48,7	1,2	32	63	567	571
simple	4	8,7	7,5	50,0	1,2	37	48	557	561
simple	2	11,1	6,1	50,2	1,8	20	33	465	467
simple	2	12,5	5,0	51,5	2,5	18	39	551	553
simple	2	11,0	6,3	55,1	1,7	20	32	467	469
simple	2	13,5	5,5	58,7	2,5	17	36	547	549

simple	2	11,8	7,0	62,2	1,7	19	30	547	549
simple	2	13,0	6,0	62,2	2,2	17	34	545	547
simple	2	10,8	7,5	63,0	1,4	20	28	529	531
simple	2	11,0	7,6	63,7	1,4	20	28	557	559
simple	4	10,8	8,4	69,5	1,3	33	52	561	565
simple	6	13,5	7,0	72,6	1,9	34	63	533	539
simple	4	13,9	6,7	73,4	2,1	22	51	471	475
simple	4	10,3	9,0	78,1	1,1	38	42	549	553
simple	4	17,1	5,5	78,2	3,1	22	55	505	509
simple	4	11,9	10,9	98,7	1,1	29	44	551	555
simple	2	22,1	5,2	101,7	4,3	10	38	441	443
simple	2	16,9	7,6	104,8	2,2	13	28	439	443
simple	4	15,1	10,9	124,5	1,4	24	44	467	471
simple	4	23,6	8,8	167,1	2,7	17	50	557	561
simple	6	23,9	9,6	174,7	2,5	21	53	557	563
simple	4	26,6	8,4	177,1	3,2	12	50	519	523
simple	6	18,3	13,5	188,8	1,4	27	50	463	469
simple	4	23,4	9,6	210,8	2,4	19	43	533	537
simple	6	26,7	13,2	251,2	2,0	19	46	547	553
simple	6	34,5	10,7	277,1	3,2	14	52	471	477
simple	6	31,3	11,9	284,1	2,6	20	49	559	565
<b>Pinacles (n=79)</b>									
<b>mitjana</b>	<b>2,8</b>	<b>10,4</b>	<b>5,7</b>	<b>55,8</b>	<b>1,8</b>	<b>29,5</b>	<b>45,4</b>		
<b>min</b>	<b>2</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>1,0</b>	<b>10</b>	<b>16</b>		
<b>max</b>	<b>6</b>	<b>34,5</b>	<b>13,5</b>	<b>284,1</b>	<b>4,3</b>	<b>55</b>	<b>71</b>		

Relleu	Altura [m]	Eix major (A) [m]	Eix menor (b) [m]	Superfície [m <sup>2</sup> ]	A/b	Pendent (A) [°]	Pendent (b) [°]	Cota peu [m]	Cota cim [m]
<b>complex</b>	8	35,2	9,3	291,80	3,8	38	60	545	553
simple	6	31,0	12,4	310,20	2,5	15	43	557	563
simple	6	29,4	18,2	328,30	1,6	22	28	509	515
simple	2	36,3	12,0	348,30	3,0	6	18	549	551
simple	10	24,3	21,3	355,10	1,1	33	57	543	553
simple	8	36,3	14,1	361,40	2,6	16	70	561	569
<b>complex</b>	8	39,0	13,4	389,00	2,9	15	59	565	573
simple	8	27,3	21,5	395,40	1,3	24	43	539	547
simple	12	36,9	14,6	422,20	2,5	24	62	559	571
simple	10	37,9	14,7	458,50	2,6	27	61	561	571
simple	6	27,5	22,2	466,70	1,2	20	38	491	497
simple	10	36,3	17,0	478,40	2,1	20	55	563	573
<b>complex</b>	8	31,4	23,3	547,90	1,3	21	60	497	505
<b>complex</b>	8	40,0	19,6	621,30	2,0	15	39	507	515
<b>complex</b>	8	45,4	23,9	766,40	1,9	16	50	561	569
<b>complex</b>	10	54,2	19,7	807,50	2,8	13	55	559	569
<b>complex</b>	8	58,8	15,7	830,80	3,7	20	42	547	555
simple	12	52,6	25,5	859,90	2,1	21	52	529	541
<b>complex</b>	8	54,1	20,8	1.014,10	2,6	16	54	567	575
<b>complex</b>	14	78,1	23,8	1.292,20	3,3	13	55	553	567
<b>complex</b>	20	57,2	32,4	1.328,30	1,8	37	63	561	581
<b>complex</b>	16	83,4	41,5	2.065,90	2,0	16	61	547	563
simple	18	73,9	47,9	2.127,30	1,5	24	57	555	573
<b>complex</b>	16	113,8	48,7	4.970,90	2,3	12	52	557	573
<b>complex</b>	22	128,7	60,6	5.046,80	2,1	13	50	509	531
<b>Penyals (n=25)</b>									
<b>mitjana</b>	<b>10,5</b>	<b>50,8</b>	<b>23,8</b>	<b>1.075,38</b>	<b>2,3</b>	<b>19,9</b>	<b>51,4</b>		
<b>min</b>	<b>2</b>	<b>24,3</b>	<b>9,3</b>	<b>291,80</b>	<b>1,1</b>	<b>6</b>	<b>18</b>		
<b>max</b>	<b>22</b>	<b>128,7</b>	<b>60,6</b>	<b>5.046,80</b>	<b>3,8</b>	<b>38</b>	<b>70</b>		

<b>Pinacles + Penyals (n=104)</b>									
<b>mitjana</b>	<b>4,6</b>	<b>20,1</b>	<b>10,1</b>	<b>300,91</b>	<b>1,9</b>	<b>27,2</b>	<b>46,8</b>		
<b>min</b>	<b>2</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,80</b>	<b>1,0</b>	<b>6</b>	<b>16</b>		
<b>max</b>	<b>22</b>	<b>128,7</b>	<b>60,6</b>	<b>5.046,80</b>	<b>4,3</b>	<b>55</b>	<b>71</b>		

Taula I: Paràmetres morfomètrics dels pinacles del promontori càrstic de Sa Mitjania, a la Serra de Tramuntana de Mallorca.

Table I: Morphometrical parameters of the pinnacles in the mediterranean karst area of Sa Mitjania, located in the Serra de Tramuntana mountain range (Mallorca).



Figura 6: Conjunt de tres pinacles individuals, a l'extrem SE del promontori càrstic de Sa Mitjania.

Figure 6: Group of three individual pinnacles, at the SE side of the karst area of Sa Mitjania.

Un aspecte important a avaluar és la precisió que cal atribuir a les dades sobre densitat de pinacles presentades al paràgraf anterior. Certament, el valor de 4,2 pinacles per hectàrea només es pot considerar com una estimació de mínims, ja que molts pinacles tenen mides molt properes, però de vegades inferiors, al límit de resolució de la cartografia que serveix de base per a l'estudi morfomètric; és a dir, al voltant dels 2 metres d'alçada. Les dades, en canvi, són prou fiables per als pinacles superiors als 3 m d'altura. Probablement la millor manera d'apropar-se a un valor de densitat de pinacles més rigorós seria un mostreig de camp fet amb la intenció de calcular un coeficient de correcció entre les dades fonamentades en la cartografia i el nombre de pinacles més petits (d'entre 1 i 3 m) existents a la realitat. Una estimació molt provisional feta sobre el terreny suggereix que fins i tot es poden assolir valors de 10 pinacles per hectàrea, al manco en aquesta localitat.

Entre les possibles formes de mesurar la incidència que tenen en el relleu, i per extensió en la caracterització del paisatge, els dos tipus extrems d'elements topogràfics esmentats –pinacles i dolines (prominències i depressions)– cal analitzar també el percentatge de la superfície total que correspon a cada un d'ells. El tractament informatitzat de les dades cartogràfiques ens ha permès obtenir, per a la totalitat de la zona carstificada, els següents resultats: 31.300 m<sup>2</sup> de la superfície de Sa Mitjania estan ocupats per pinacles *lato sensu* (dels quals 4.400 m<sup>2</sup> pertanyen a petits pinacles i 26.900 m<sup>2</sup> a penyals càrstics de gran mida); 6.545 m<sup>2</sup> estan constituïts per fons de dolines perfectament tancades; i 10.075 m<sup>2</sup> formen part de depressions càrstiques obertes (indicades a la Figura 4 com a dolines obertes). Això vol dir que als pinacles de diferents mides els correspon un 10% de la superfície total del terreny, enfront d'un 2% que correspon a les dolines. Evidentment aquestes

estimacions poden fluctuar en funció de la delimitació de l'espai que es prengui en consideració. Però, en qualsevol cas, les dades percentuals són molt semblants: 13% de superfície de pinacles i 3% de superfície de dolines, per exemple, si ens circumscriuim al sector central de Sa Mitjania.

Amb aquestes dades es fa patent la gran importància dels pinacles, grans i petits, simples i complexos, com a elements topogràfics determinants de la majoria dels camps de lapiaz més desenvolupats de la Serra de Tramuntana, com ara Sa Mitjania. És per aquesta raó que ens pareix prou adient qualificar de **Carst de Pinacles** a aquest tipus d'exocarst. Per això, la millor manera d'expressar numèricament les condicions pròpies d'un carst de pinacles potser sigui definir un senzill **índex de relleu P/D** resultant de comparar el percentatge de superfície ocupat pels pinacles amb el percentatge de superfície ocupat per dolines. En el cas de Sa Mitjania l'índex de relleu P/D seria 10/2; és a dir 5. Una proporció a bastament il·lustrativa del predomini dels pinacles a aquest promontori càrstic.

## Altura dels pinacles

Més de la meitat dels pinacles que queden enregistrats a la cartografia de Sa Mitjania en què es basa aquest estudi (Figura 3) tenen una altura inferior a 3 m, ja que és la presència de, com a mínim, una corba de nivell tancada, la dada topogràfica que permet la seva identificació com a pinacles individuals. Cal remarcar al respecte que 56 del total de 104 pinacles que apareixen inventariats a la Taula I estan delimitats per una sola corba de nivell, mentre que 18 pinacles més estan de-

limitats per dues corbes consecutives. Aquestes dades indiquen, per tant, que només 30 (és a dir, un 29%) dels relleus prominents que presenta el camp de lapiaz de Sa Mitjania tenen més de 5 m d'altura (Figura 8). Els relleus de major altura, amb més de 10 m de desnivell, són 12, amb una altura màxima al voltant de 22 m. Però, així i tot, independentment de les dimensions considerables que assolixen alguns penyals càrstics, el nombre de pinacles de poca altura és molt majoritari i amb freqüència aquests apareixen retallant els flancs o els cims de pinacles complexos.

Pel que fa a les altures mitjanes dels relleus analitzats, sembla més adient fer un tractament diferenciat per a les dues categories que s'han establert als apartats anteriors (vegeu la Taula I). Així doncs, la mitjana dels pinacles *stricto sensu* és de 2,8 m ( $n = 79$ ) i la dels penyals càrstics se situa al voltant de 10,5 m ( $n = 25$ ). La distribució de freqüències entre les distintes classes –que vénen determinades en aquest cas per l'equidistància de les corbes de nivell de la cartografia emprada– es pot consultar a la Figura 8. El problema, ja comentat a l'apartat anterior, dels límits de resolució imposats pels 2 m d'equidistància de les corbes de ni-

vell, introdueix un evident biaix estadístic que afecta els pinacles inferiors a 3 m causant una clara subestimació del seu nombre real. Òbviament aquests mateixos problemes es repeteixen en considerar el tractament estadístic de la superfície de pinacles i penyals.

## Superfície dels pinacles

La superfície dels distints elements topogràfics prominents del carst de pinacles de Sa Mitjania va necessàriament associada a la mida de cada piràmide de lapiaz i es correlaciona força bé amb l'altura. Per això moltes de les consideracions anteriors són vàlides també per al tractament de les dades de superfície dels pinacles. En aquest sentit, una característica fonamental que exhibeixen els monticles propis d'aquest tipus d'exocarst és la gran diversitat que presenten pel que fa a les seves superfícies, ja que es poden trobar des de petits pinacles de poc més de 4 m<sup>2</sup> fins a grans penyals que poden superar els 5.000 m<sup>2</sup> (Taula I).



Figura 7: Penyal de grans dimensions, formant un complex de com a mínim cinc pinacles més petits, a l'extrem SE del promontori càrstic de Sa Mitjania.

Figure 7: Pinnacle of great dimensions, forming a complex of at least five smaller pinnacles, located at the SE part of the karst area of Sa Mitjania.



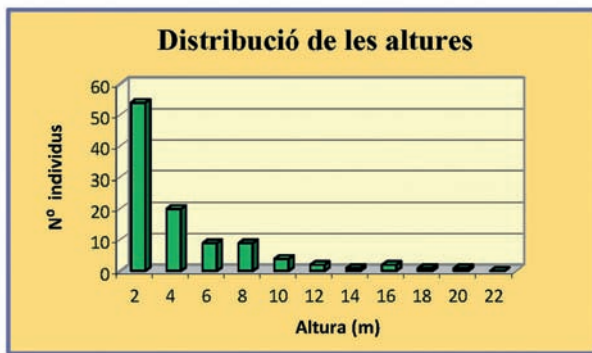


Figura 8: Distribució de freqüències d'altura dels pinacles.

Figure 8: Frequency distribution of the pinnacles' height.

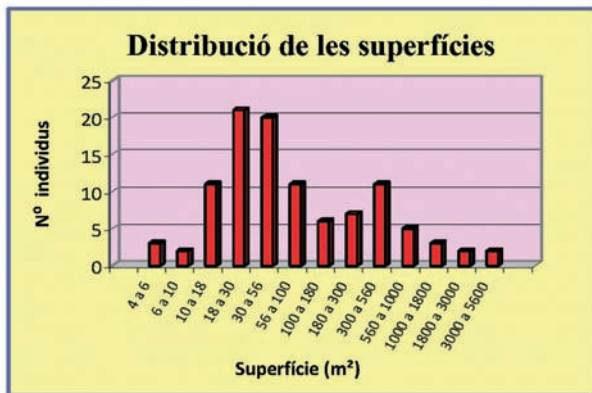


Figura 9: Distribució de freqüències de la superfície dels 104 pinacles *lato sensu*, agrupada en classes que segueixen una escala logarítmica.

Figure 9: Frequency distribution of the area corresponding to the 104 pinnacles *lato sensu*, grouped in classes according to a logarithmic scale.

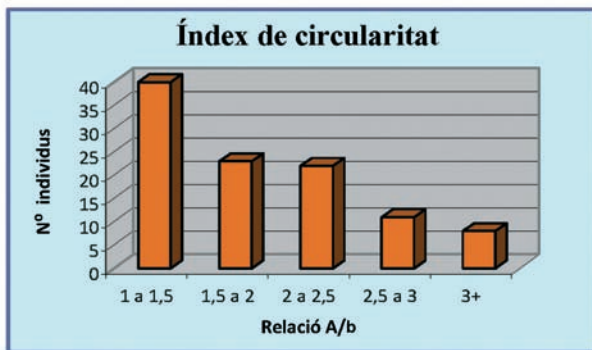


Figura 10: Distribució de freqüències de l'índex de circularitat (relació entre l'eix major i l'eix menor) dels pinacles.

Figure 10: Frequency distribution of the pinnacles' circularity index (major axis against minor axis ratio).

La immensa major part dels relleus del promontori de Sa Mitjania tenen unes superfícies més aviat reduïdes, tal com es pot observar a la gràfica corresponent, que mostra la distribució de freqüències agrupada en classes tot seguint una escala logarítmica (Figura 9). És remarcable que més del 65% dels relleus tenen

una superfície inferior als 100 m<sup>2</sup> i més del 77% tenen menys de 300 m<sup>2</sup> (és a dir, corresponen a la pràctica totalitat dels relleus considerats com a pinacles *stricto sensu*). Les classes modals que s'observen a la Figura 9 indiquen que la major part dels pinacles *stricto sensu* tenen una superfície compresa entre els 18 i els 56 m<sup>2</sup> (51% del total de pinacles) i també que el 78% d'ells tenen una superfície compresa entre 10 i 100 m<sup>2</sup>. La mitjana de superfície d'aquests pinacles se situa en torn a 55,8 m<sup>2</sup>, però es tracta d'un valor molt esbiaixat pels pinacles, poc representatius, que delimiten la transició gradual entre pinacles i penyals.

Les grans prominències o penyals càrstics són relleus molt més amples i complexos, però també menys nombrosos (25 penyals sobre un total de 104 pinacles *lato sensu*), i probablement són el resultat de l'evolució morfològica d'antics relleus residuals. Els penyals càrstics tenen una superfície mínima al voltant dels 300 m<sup>2</sup> encara que alguns penyals complexos poden assolir superfícies considerables, fins i tot superiors als 4.000 m<sup>2</sup>. D'altra banda, un tret interessant que mostra la Figura 9 és la seva bimodalitat, ja que dins els penyals càrstics destaca una classe modal que correspon a elements topogràfics amb valors de superfície compresos entre 300 i 560 m<sup>2</sup>.

## Forma en planta dels pinacles

La forma dels contorns en planta, tant dels pinacles com dels penyals, és molt variada, havent-hi prominències (de diferents mides) gairebé completament circulars, però també el·líptiques, allargassades i amb formes irregulars, generalment lobulades. En qualsevol cas, tot i que els pinacles de planta irregular no es poden mesurar de manera satisfactòria, pareix a bastament útil aplicar als pinacles de Sa Mitjania un **índex de circularitat** (mitjançant el qual es relaciona l'eix major A amb l'eix menor b del pinacle; és a dir, A/b) per tal d'obtenir una visió més objectiva de les proporcions amb què es presenten algunes de les distintes formes. Les dades obtingudes apareixen a la Taula I.

La Figura 10 resumeix els resultats dels càlculs de l'índex de circularitat dels 104 pinacles *lato sensu*, si bé la Taula I mostra per separat les dades de pinacles i penyals. Les dues primeres classes de la gràfica agrupen pinacles quasi circulars o el·líptics (índexs compresos entre 1 i 2), mentre que les classes següents (índexs superiors a 2) agrupen relleus allargassats o molt elongats, que corresponen a crestes o a complexos de pinacles. Un percentatge considerable del total de pinacles estudiats (el 38%) mostra un índex de circularitat que no supera el valor 1,5; de manera que la seva forma en planta és bastant rodona. Però a mesura que l'índex de circularitat es fa més gran, el nombre de pinacles disminueix. La predominança dels pinacles de planta circular o moderadament el·líptica és, doncs, evident. Així i tot, cal destacar que un 9% del total dels pinacles exhibeix valors que superen un índex de 3, indicant que es tracta de relleus en forma de cresta. Quant a les mitjanes, els pinacles donen valors de 1,8 (desviació estàndard =

0,6; coeficient de variació = 0,33) i els penyals mostren tendències més el·líptiques, amb un índex mitjà de circularitat de 2,3 (desviació estàndard = 0,7; coeficient de variació = 0,3).

La majoria dels pinacles de menors dimensions apareixen a la cartografia com a elements topogràfics simples, amb plantes de forma ovalada o circular. Aproximadament una tercera part dels pinacles *lato sensu* mostra, en canvi, valors d'el·lipticitat prou allargats que els apropiarien més aviat a crestes que a pinacles. Una anàlisi provisional de les orientacions que presenten els eixos majors dels pinacles de Sa Mitjania ha demostrat un clar predomini de les següents direccions: NW-SE (n = 32), N-S (n = 18), NNW-SSE (n = 18), NE-SW (n = 14) i NNE-SSW (n = 13); aquestes direccions preferents estan fortament relacionades amb les principals línies de fractures que afecten el sector (vegeu la Figura 3). Molt més disperses són les direccions que es poden reconèixer entre els penyals de grans dimensions, De fet, les formes en planta dels grans penyals són molt menys uniformes i abunden els contorns irregulars. La variació de formes és molt gran: bilobulades (en forma de ronyó, bumerang o papallona), plurilobulades (en forma d'ameba) o geomètriques (formes triangulars o quadrangulars). Però en canvi les formes el·líptiques són molt infreqüents i no hi ha cap penyal amb planta realment circular. És significatiu que una quarta part del total de pinacles *lato sensu* mostren formes irregulars i que, a més, tots aquests individus sense cap excepció, abraquen superfícies de més de 200 m<sup>2</sup>. Alguns d'ells estan constituïts per complexos de pinacles agrupats i d'altres són probablement relleus residuals. Això explicaria que el predomini de les plantes irregulars sigui una característica pròpia dels penyals càrstics.

## Pendents dels costers dels pinacles

Un dels trets que millor caracteritzen les piràmides de lapiaz del carst de pinacles de Sa Mitjania (i de tots els camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana on hi predominen els pinacles) és el seu pendent, molt verticalitzat, que en la majoria dels casos dona lloc a uns costers extremadament abruptes. Per això s'han realitzat les mesures i els càlculs necessaris per tal d'avaluar els pendents dels costers de la totalitat dels 104 relleus positius que es poden identificar a la topografia que serveix de base per a la realització d'aquest estudi (Figura 4). Cal indicar que els pendents mínim i màxim de cada pinnacle o penyal càrstic corresponen respectivament als costers que vénen delimitats per l'eix major i l'eix menor de cada relleu. Aquest fet produeix evidentment uns resultats molt distints quan es mesuren pinacles de planta circular i pinacles de planta el·líptica o molt elongada: els primers, com què tenen forma de pinnacle, torre o pilar, presenten pendents considerables a ambdós costats; mentre que els segons, en tenir forma de crests (ridges en la bibliografia internacional en anglès), són més diversos en volum i topografia, i els seus pendents

poden ser prou diferents en les dues direccions ortogonals que delimiten respectivament els seus eixos major (A) i menor (b).

La major part dels costers dels pinacles i penyals de Sa Mitjania (és a dir, més del 80%) tenen pendents compresos entre 20° i 60°, però s'observa una diversitat de valors que va des de rosts gairebé verticals, que arriben a superar els 70°, fins a costers tan suaus que amb prou feines assoleixen 10° d'inclinació (Taula I). Si s'agrupen les 208 dades de pendents de costers en classes separades de 5 en 5 graus, la classe modal que destaca és la de 36° a 40° (n = 30). Però si es representen a la mateixa gràfica (Figura 11) les distribucions de freqüències corresponents als pendents mínims (seguint l'eix major, A) i als pendents màxims (seguint l'eix menor, b), es pot apreciar una clara disparitat entre els dos tipus de costers, amb un desfasament important que afecta els valors centrals de les dues distribucions de freqüències per separat. Òbviament això queda ben reflectit als paràmetres de les dues sèries estadístiques: en efecte, mentre la mitjana dels pendents màxims és de 46,8° (desviació estàndard = 11,3°; coeficient de variació = 0,24), la mitjana dels pendents mínims és només de 27,2° (desviació estàndard = 10,1°; coeficient de variació = 0,37).

Atenent a la distinció que s'ha fet al llarg d'aquest estudi, entre pinacles *stricto sensu* i penyals càrstics, cal remarcar que s'observen algunes diferències significatives entre els dos col·lectius, especialment pel que fa a les dades dels seus pendents mínims (Taula I). La mitjana dels pendents mínims dels costers dels pinacles petits és de 29,5°, enfront dels 20° que presenten els pendents mínims dels costers dels penyals. És probable que aquesta diferència de gairebé 10° estigui associada amb la major el·lipticitat pròpia dels penyals, característica que ja ha estat analitzada a un paràgraf anterior. En canvi la mitjana dels pendents màxims és fins i tot superior en els penyals, ja que la mitjana de 51,4° els fa aproximadament 6° més abruptes que la mitjana dels pinacles més petits (45,4°).

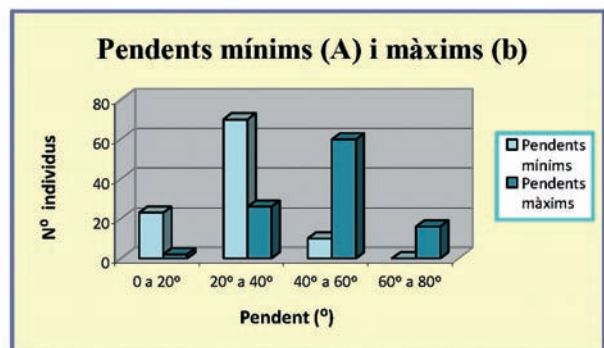


Figura 11: Distribucions de freqüències dels pendents dels pinacles. Els pendents mínims es refereixen als costers corresponents a l'eix major de cada pinnacle. Els pendents màxims es refereixen als costers corresponents a l'eix menor de cada pinnacle.

Figure 11: Frequency distribution corresponding to the dipping of the pinnacles' slopes. The minimum dipping values correspond to the major axis of each pinnacle. On the other hand, the maximum dipping values were measured along the minor axis of the pinnacles.

## Cotes a peu de pinacle

Un dels aspectes que podria aportar informació rellevant sobre l'evolució del relleu del promontori de Sa Mitjania (Figura 12) i sobre els probables processos de dissecció relacionats amb l'encaixament dels torrents del Gorg des Diners i de s'Al-lot Mort, que l'envolten, seria l'eventual presència de nivells més o manco esglaonats que haguessin pogut quedar enregistrats en forma de relleixos a la topografia de l'exocarst. Va ser amb la intenció d'explorar aquesta possibilitat que s'ha tabulat per a cada pinacle la cota de peu de pinacle, estimada 1 metre per davall de la primera corba tancada (més externa) que delimita cada prominència del relleu (Taula I). Caldria esperar que l'existència de relleixos aniria associada a una major freqüència de determinades cotes de peu de pinacles, ja que, si de cas, molts pinacles tindrien les seves bases relacionades altimètricament amb superfícies d'aplanament, les quals haurien estat anivellades pels mecanismes d'erosió en temps remots i en un context ben diferent de l'actual. És important destacar que, segons la bibliografia més recent, es considera que la gènesi dels pinacles esdevé sobretot com a resultat de llargs processos de corrosió sota coberta edàfica, de manera que antics *stone teeth*, exhumats per l'erosió del sòl, es van convertint després en pinacles escarpats (CHEN *et al.*, 1986; FORD *et al.*, 1996; KNEZ *et al.*, 2003; FORD & WILLIAMS, 2007; ZSENI, 2009).

Certament, la representació gràfica que apareix a la Figura 13 permet distingir tres puntes de major freqüència, que corresponen als següents intervals: 460 a 480 metres s.n.m. ( $n = 14$ ); 490 a 510 metres s.n.m. ( $n = 17$ ); i 530 a 570 metres s.n.m. ( $n = 63$ ). La classe que reuneix una més alta freqüència de peus de pinacles se situa a 550-560 metres s.n.m., amb un màxim de 26 pinacles. Tanmateix si, en lloc dels 104 pinacles inventariats, es pren en compte el nombre addicional de 40 pinacles que en resulten de considerar també els cimals petits en què cal subdividir els 13 pinacles complexos, la gràfica no canvia substancialment, i es mantenen i fins i tot es re-

forcen les tres puntes prèviament indicades, amb una freqüència encara major per als intervals de 490 a 510 metres s.n.m. ( $n = 19$ ) i 530 a 570 metres s.n.m. ( $n = 88$ ). En canvi, la quasi total absència de peus de pinacles es concentra alternativament en tres puntes de mínims, que corresponen als següents intervals altimètrics: 440 a 460 metres s.n.m. ( $n = 2$ ); 480 a 490 metres s.n.m. ( $n = 0$ ); i 510 a 520 metres s.n.m. ( $n = 1$ ). Una interpretació raonable de l'esmentada gràfica (Figura 13) sembla suggerir la presència al promontori de Sa Mitjania de tres relleixos principals, a partir dels quals arrenquen la quasi totalitat dels pinacles que s'han pogut identificar a la cartografia de base; pinacles que apareixen inventariats, junt amb les seves dades corresponents, a la Taula I.

## Cotes de cim de pinacle

També els cims dels pinacles poden aportar informacions valuoses de caire geomorfològic, especialment si els processos de dissecció haguessin actuat sobre un paleorelleu suposadament continu i quasi horitzontal. Si aquest fos el cas, la presència de nivells de cims en els relleus residuals que en resultessin podria constituir una dada significativa. Va ser amb la intenció d'explorar aquesta possibilitat que s'ha tabulat pinacle per pinacle la cota dels cims dels 104 pinacles i penyals inventariats, estimada 1 metre per sobre de la corba tancada (més interna) que delimita el punt més prominent de cada relleu (Taula I). Una major freqüència de determinades cotes de cim de pinacles ajudaria a la delimitació d'eventuals superfícies d'erosió antigues en curs de destrucció pels processos erosius actuals.

De manera anàloga al que succeïa amb les cotes de peu de pinacle, la representació gràfica que apareix a la Figura 13 permet distingir tres puntes de major freqüència, que corresponen als següents intervals: 460 a 480 metres s.n.m. ( $n = 15$ ); 490 a 510 metres s.n.m. ( $n = 14$ ); i 530 a 580 metres s.n.m. ( $n = 67$ ). La classe que re-

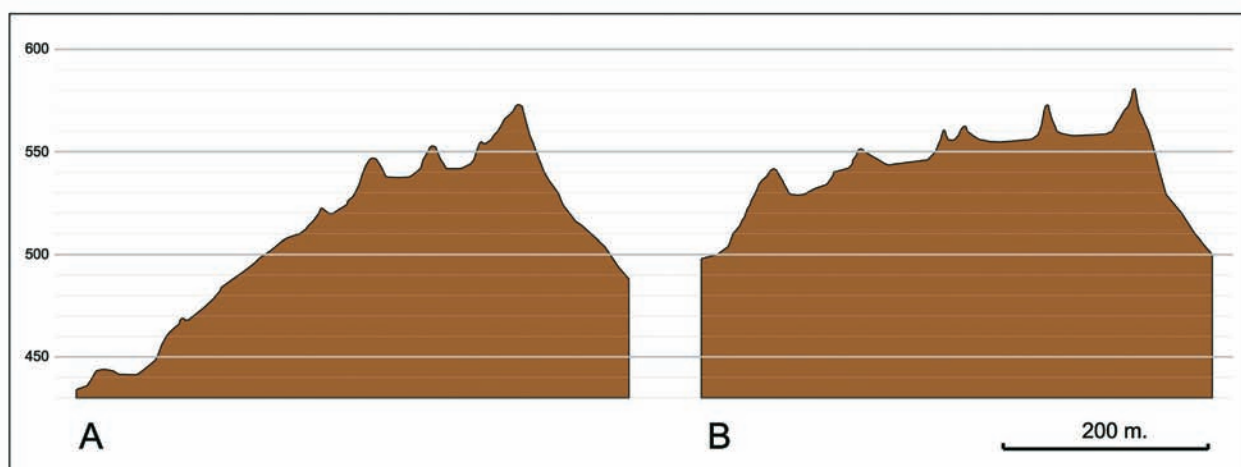


Figura 12: Perfils topogràfics del promontori càrstic de Sa Mitjania. La direcció dels dos talls apareix indicada amb les lletres A i B a la Figura 4. El denominador de l'escala horitzontal és el doble que el de l'escala vertical, per tal d'exagerar lleugerament el relleu.

Figure 12: Topographical profiles crossing the karst area of Sa Mitjania. The location of the two profiles is indicated in Figure 4, with the capital letters A and B. The denominator of the horizontal scale is twice the vertical scale, in order to obtain a vertical exaggeration of the relief.

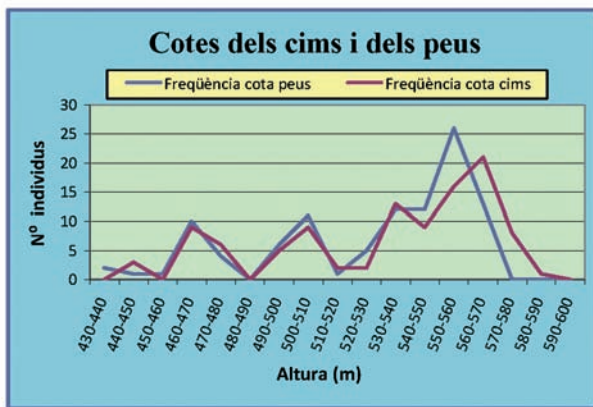


Figura 13: Gràfic que permet comparar la distribució de freqüències de les altituds que presenten els peus dels pinacles amb les altituds que delimiten els cims dels pinacles. El solapament molt perfecte que mostren les dues gràfiques pot estar relacionat amb l'existència de tres esglaonaments, produïts per sengles etapes d'aixecament tectònic.

Figure 13: Plot allowing the comparison between the frequency distribution of the elevation of the pinnacles' bases and the elevation of their summits. The perfect overlap of the two graphs may be related to the existence of three major steps, produced by several phases of tectonic uplift.

uneix una més alta freqüència de cims de pinacles correspon a 560-570 metres s.n.m., amb un màxim de 21 individus. La quasi total absència de cims de pinacles es concentra igualment en tres puntes, que corresponen als següents intervals altimètrics: 450 a 460 metres s.n.m. ( $n = 1$ ); 480 a 490 metres s.n.m. ( $n = 0$ ); i 510 a 530 metres s.n.m. ( $n = 4$ ). Aquesta gràfica sembla suggerir, doncs, l'existència al promontori de Sa Mitjania de tres nivells de cims, que agrupen la quasi totalitat dels extrems punxeguts dels pinacles que s'han pogut identificar a la cartografia utilitzada (Taula I). La comparació entre ambdues gràfiques –la de les cotes dels relleixos d'on arrenquen els pinacles i la de les cotes dels nivells que formen els cims dels pinacles– es pot visualitzar a la mateixa Figura 13. S'hi observa que la superposició de les dues gràfiques mostra un solapament quasi perfecte, que només presenta un sorprenent decalatge entre els pics superiors que delimiten els seus dos màxims: així, mentre el relleix superior sembla associat amb el màxim de cotes a peu de pinacle que apareix entre 550 i 560 metres s.n.m., el nivell de cims més important apareix localitzat entre 560 i 570 metres d'altitud; és a dir, 10 metres per damunt de l'esmentat relleix superior.

## Conclusions

El present treball constitueix fonamentalment un assaig d'aplicació de mètodes morfomètrics al cas concret de les formes de lapiaz de major mida, com són els pinacles. Al mateix temps s'ha volgut realitzar una descripció renovada –molt acurada i fins i tot prou minuciosa– d'un dels camps de lapiaz més remarcables de la Serra de Tramuntana. Es deixa així oberta la possibilitat d'efectuar comparacions quantificables i rigoroses entre els pinacles, tan característics dels camps de lapiaz ma-

llorquins, i també entre ells i els altres carsts de pinacles d'arreu del món.

Al nostre parer, caldria destacar els següents resultats com a principals conclusions del present estudi:

— S'ha elaborat una nova versió digitalitzada de la cartografia geomorfològica de Sa Mitjania a escala 1/2.000 i amb equidistància de corbes de nivell de 2 m (prèviament publicada a GINÉS, 1990), amb l'objectiu d'utilitzar-la per a efectuar amidaments amb criteris estadístics dels pinacles que estructuraven el seu lapiaz.

— Es presenta, segurament per primera vegada a la bibliografia existent, una àmplia sèrie de dades morfomètriques –obtingudes a nivell d'un camp de lapiaz sencer– sobre les formes de lapiaz de major mida (és a dir, mesokarren i makrokarren = morfologies compreses entre 1 m i més de 10 m; vegeu-ne GRIMES, 2007). Al mateix temps, aquestes mesures permeten avaluar els percentatges de superfície exocàrstica ocupada pels pinacles de lapiaz (10% del total, en Sa Mitjania) i quantificar així l'abast del seu predomini en el paisatge.

— El conjunt de dades resultant ofereix una descripció detallada d'un típic carst de pinacles mediterrani, en base a un amidament exhaustiu de totes les formes prominents identificables a la cartografia (un total de 104 individus, que suposen un mostreig a bastament significatiu). Els paràmetres, que han servit de base per a l'elaboració de la Taula I i conseqüentment per a la caracterització de la forma dels pinacles, han estat els següents: altura, longitud de l'eix major, longitud de l'eix menor, superfície, pendent de l'eix major i pendent de l'eix menor.

— La densitat de pinacles és molt elevada al camp de lapiaz de Sa Mitjania i ben probablement ultrapassa un valor de 10 pinacles per hectàrea al llarg de tota la seva superfície exocàrstica. Emperò, el càlcul de la densitat de pinacles és només aproximatiu, especialment si es considera l'abundància de pinacles petits difícils de discriminar, ja que poden ser subestimats en no ser distingibles a la cartografia. Lamentablement no existeix cap dada de densitat de pinacles a la bibliografia disponible i no és possible efectuar cap comparança amb altres carsts d'aquesta tipologia.

— Encara que hi ha una manca d'estudis equivalents als diversos carsts de pinacles tropicals, és evident que els pinacles de Sa Mitjania no són tan alts com els famosos exemples de Mulu (Sarawak), Lunan (Xina) o Bemaraha (Madagascar), ja que només un 11% superen els 10 m, amb una altura màxima de 22 m. D'altra banda, si bé els pendents dels seus flancs són considerables i assoleixen mitjanes de més de 45°, mai arriben a presentar la verticalitat dels pinacles en forma de columna o pilar que tant abunden al Shilin de Lunan i als carsts de pinacles tropicals en general.

— A causa de l'esmentada mancança de dades morfomètriques, és molt difícil establir comparacions rigoroses sobre les característiques geomètriques dels pinacles d'arreu del món, especialment pel que fa a la seva superfície, forma en planta i pendents dels costers. En el cas concret del carst de pinacles mediterrani de Sa Mitjania hi predominen pinacles en forma de piràmide (més del 60%), amb un percentatge important de crestalls elongats (al voltant del 10%); emperò, cal remarcar que si aquest estudi s'hagués fet als Pixarells

de Lluc aquestes proporcions haurien estat, de segur, ben diferents.

— La forma en planta dels pinacles –i més específicament la direcció dels seus eixos majors– mostra una clara concordança amb les línies de fracturació que s'observen mitjançant fotografia aèria (Figura 2). És probable que la distribució i freqüència de diàclasis i falles, així com la proximitat o espaiament de les fractures, sigui la causa de què en alguns camps de lapiaz els pinacles elongats en forma de crestall (topografia en *ridges and trenches*) superin en nombre als típics pinacles en forma de piràmide.

— El tret més destacat del promontori càrstic de Sa Mitjania (Figures 3, 4 i 12) és sens dubte el seu accidentat relleu, que el fa gairebé inaccessible. Apareix vorejat per pendents molt escarpats, dins un context geomorfològic que mostra la profunda incisió de dos torrents càrstics, i presenta una zona culminant relativament aplanada. L'estudi de les cotes dels peus i dels cims dels pinacles pareixen indicar l'existència de tres esglaonaments, lligats tal vegada a successives etapes d'aixecament tectònic.

— L'ènèrgic relleu de Sa Mitjania queda accentuat pels pendents molt verticalitzats dels seus nombrosos pinacles. Mitjanes de pendent (dels costers dels pinacles) compreses entre 30° i 50°, així com una proporció significativa de costers amb més forta inclinació (entre 50° i 70°), donen una idea del grau de dificultat que comporta transitar per aquests terrenys. És probable que els costers dels pinacles dels carsts tropicals siguin encara més escarpats, però hi manquen dades estadístiques.

— La necessitat d'establir una estratègia de mostreig adient ens ha obligat a dedicar una especial atenció a la tipologia dels pinacles; diferenciant en una primera aproximació entre pinacles simples i complexos, fins arribar progressivament –amb l'ajut del tractament estadístic– a una distinció addicional entre pinacles *stricto sensu* i penyals. Els penyals serien, segons el nostre criteri, relleus residuals de grans dimensions, simples o complexos, de contorns generalment irregulars, que assoleixen una extensió superior als 300 m<sup>2</sup> i una altura mitjana per sobre dels 10 m, i que representen a Sa Mitjania quasi el 25% del total dels relleus prominents que es poden apreciar. A falta d'estudis morfomètrics en altres carsts de pinacles del món, ignorem si aquesta diferenciació pot tenir també validesa a altres localitats.

## Agraïment

La cartografia que ha servit de base per a l'elaboració del present treball fou realitzada –l'any 1989– gràcies a la bona predisposició i facilitats brindades per D. Joaquín Rodríguez, aleshores director-gerent de l'*Empresa Municipal d'Informàtica S.A.* (actualment, l'*Institut Municipal d'Innovació* de l'Ajuntament de Palma). L'equipament fotogràfic de l'esmentada institució possibilita la generació de cartografies geomorfològiques detallades d'alguns indrets destacables de la Serra de Tramuntana.

## Bibliografia

- BÄR, W.F. (1989): Atlas Internacional del Karst. Hoja 5: Lluc / Sierra Norte (Mallorca). *Endins*, 14-15: 27-42. Palma de Mallorca.
- BÖGLI, A. (1980): *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer-Verlag. 284 pàgs. Berlin, Heidelberg, New York.
- CHEN, Z.P.; SONG, L.H. & SWEETING, M.M. (1986): The pinnacle karst of the Stone Forest, Lunan, Yunnan, China: an example of a sub-jacent karst. In: PATERSON, K. & SWEETING, M.M. (eds.) *New directions in karst*. Geo Books. 597-607. Norwich.
- DAY, M. & WALTHAM, T. (2009): The pinnacle karrenfields of Mulu. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 423-432. Ljubljana, Eslovènia.
- DREW, D. (1985): *Karst Processes and Landforms*. Aspects of Geography, Macmillan Education. 63 pàgs. London.
- FORD, D. & WILLIAMS, P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley and Sons Ltd. 562 pàgs. Chichester.
- FORD, D.C.; SALOMON, J.N. & WILLIAMS, P.W. (1996): Les 'Forêts de Pierre' ou 'Stone Forests' de Lunan (Yunnan, Chine). *Karstologia*, 28 (2): 25-40.
- GINÉS, A. (1998): L'exocàrst de la serra de Tramuntana de Mallorca. In: FORNÓS, J.J. (ed.) *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. 361-389. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1995): Les formes exocàrstiques de l'illa de Mallorca / The exokarstic landforms of Mallorca island. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca / Karst and caves in Mallorca*. *Endins*, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 59-70. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A.; GINÉS, J.; POMAR, L. & SALVÀ, P.A. (1979): *La Serra de Tramuntana*. VI Coloquio de Geografía, Excursión nº 1. 38 pàgs. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. (1990): El modelat càrstic de sa Mitjania (Escorca, Mallorca). *Endins*, 16: 17-20. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1989): El karst en las islas Baleares. In: DURÁN, J.J. & LÓPEZ, J. (eds.) *El karst en España*. Sociedad Española de Geomorfología, Monografía nº 4: 163-174. Madrid.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Mid-mountain karrenfields at Serra de Tramuntana in Mallorca Island. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 375-390. Ljubljana, Eslovènia.
- GRIMES, K.G. (2007): Microkarren in Australia - a request for information. *Helicite*, 40 (1): 21-23. Sydney.
- GRIMES, K.G. (2009): Tropical monsoon karren in Australia. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 391-410. Ljubljana, Eslovènia.
- JENNINGS, J.N. (1985): *Karst Geomorphology*. Basil Blackwell Ltd. 293 pàgs. Oxford, New York.
- KNEZ, M.; OTONICAR, B. & SLABE, T. (2003): Subcutaneous stone forest (Trebnje, Central Slovenia). *Acta Carsologica*, 32(1): 29-38.
- OSMASTON, H.A. (1980): Patterns in trees, rivers and rocks in the Mulu Park, Sarawak. Geomorphology of the Mulu Hills. *Geographical Journal*, 146 (1): 33-50.
- SALOMON, J.N. (2009): The Tsingy karrenfields of Madagascar. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 411-422. Ljubljana, Eslovènia.
- SMART, P.L. & WHITAKER, F.F. (1996): Development of karren landform assemblages - a case study from Son Marc, Mallorca. In: FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (eds.) *Karren Landforms*. Universitat de les Illes Balears. 111-122. Palma de Mallorca.
- WILLIAMS, P.W. (1972): Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. *Geological Society of America Bulletin*, 83: 761-796.
- WILLIAMS, P.W. (2009): Arête and pinnacle karst of Mount Kaijende. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 433-437. Ljubljana, Eslovènia.
- ZSENI, A. (2009): Subsoil shaping. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 103-121. Ljubljana, Eslovènia.

## LES CAVITATS DE LA SERRA DE NA BURGUESA. ZONA 9: SON BORONAT-L'HOSTALET (3a part) (Calvià, Mallorca)

per Damià CRESPI<sup>1,4</sup>, Pere BOVER<sup>1,3,4,6</sup>, Antelm GINARD<sup>1,3</sup>, Damià VICENS<sup>1,3,5</sup>,  
Mateu VADELL<sup>1,3,4</sup>, Miquel Àngel BARCELÓ<sup>1</sup> i Francesc GRÀCIA<sup>2,3,5</sup>

### Resum

Presentam la descripció i topografia de 16 cavitats naturals de la serra de na Burguesa (serra de Tramuntana, Mallorca), entre les quals destaca la cova-avenc de na Boira pels seus 41 m de desnivell.

### Resumen

Se presenta la descripción y topografía de 16 cavidades naturales de la Serra de na Burguesa (Serra de Tramuntana, Mallorca), entre las que destaca la Cova-Avenc de na Boira con 41 m de desnivel.

### Abstract

In this paper the description and topographic survey of 16 caves located at the Serra de na Burguesa (Serra de Tramuntana, Mallorca) are presented, among which Cova-Avenc de na Boira, a 41 meters deep cave, should be highlighted.

## Introducció

Es prossegueix amb la catalogació de les cavitats d'aquesta interessant part de la serra de Tramuntana, la serra de na Burguesa. Tasca iniciada per l'Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME) a la dècada dels 50 del segle passat (VICENS i PLA, 2001) i seguida amb posterioritat per diversos grups i estudiosos de les cavernes.

La catalogació iniciada per BARCELÓ (1992) va ser prosseguida per un equip d'espeleòlegs que perdura fins hores d'ara i que han centrat el seu estudi a 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; GINARD *et al.*, 2006; CRESPI *et al.*, 2007; GINARD *et al.*, 2009) i també per un altre equip (DOT i SÁNCHEZ, 2004). ENCINAS (2006) també ha publicat alguna topografia d'aquesta zona.

L'estudi del carst de la serra de na Burguesa ha dut associat la realització de treballs de caire florístic (GINÉS i GINÉS, 1992; GINARD *et al.*, 2010) i zoològic (JORDANA *et al.*, 2005; VADELL 2003, 2007; VADELL,

2010; VADELL *et al.*, 2005; VADELL i PONS, 2009; ZARAGOZA i VADELL, 2009a i 2009b).

Les evidències de dissolució del guixos a la serra de na Burguesa ha dut a GINÉS i GINÉS (2009) a incloure una nova modalitat morfogènica dins la tipologia de coves d'esfondrament de la zona vadosa.

En aquest treball presentam part dels resultats de la tercera campanya que feim d'aquesta zona de la serra de na Burguesa (Figura 1). També presentam alguna topografia feta de fa temps per part d'espeleòlegs considerats clàssics.

## Situació geogràfica

El present treball se centra entre Son Boronat, la urbanització de la costa d'en Blanes i el coll des Cocons, àmplia zona situada en el SO de la serra de na Burguesa. Les muntanyes més elevades de la zona les trobam a na Boira de 399 m d'alçada, el penyal des Migdia (390 m), ses Pedreretes d'Alt (387 m), el puig de Vilarrassa (379 m) i es Pi de ses Creus (432 m). Al vessant SE de la serra de na Burguesa trobam comes i barrancs de fondària considerable; entre aquests destacam la coma des Clot des Cero, amb 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.

1 Speleo Club Mallorca. Palma.  
2 Grup Nord de Mallorca. Pollença.  
3 Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 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.  
6 Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marqués 21. E-07190. Esporles.  
e-mail: speleo.club.mallorca@gmail.com

## Situació geològica

La serra de na Burguesa forma part de la serra de Tramuntana i es correspon amb dues alineacions muntanyoses de direcció NE-SO que culminen amb el puig Gros de Bendinat al S i amb el puig des Cans al N. 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). A 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, perpendicular 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) formats per dolomies, carnioles i algunes intercalacions margoses (FORNÓS i GELABERT, 1995). A les zones profundes de certes cavitats trobam els guixos del Keuper (Triàsic superior), que a la serra de na Burguesa són guixos sacaroides amb una laminació poc visible (VICENS *et al.*, 2005).

## Espeleogènesi

El primer en tractar el tema de l'espelogènesi en aquesta zona d'estudi fou CAÑIGUERAL (1949) i deia que les coves de la serra de na Burguesa, que acompanyen els jaciments de guix, són el resultat de la dissolució d'aquests guixos i posa com a exemple les coves del Pilar, les de Gènova i Calvià. Posteriorment tenim el treball de MONTORIOL (1963) en què atribueix la formació de coves a la serra de na Burguesa a processos de circulació de les aigües subterrànies.

En treballs anteriors ja hem discutit com són d'importants els fenòmens de col·lapse en la formació de cavitats a 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; GINARD *et al.*, 2009). De fet, aquestes cavitats s'englobarien en la tipologia de sales d'esfondrament (*collapse chambers*) descrites per GINÉS (2000), que en la bibliografia més antiga apareixen anomenades coves clàstiques (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), de les coves del Pilar (VICENS *et al.*, 2005) i de la cova des Coral-loides (GINARD *et al.*, 2009).

Per a la formació d'aquestes sales d'esfondrament és necessari que es formin buits per la dissolució de la

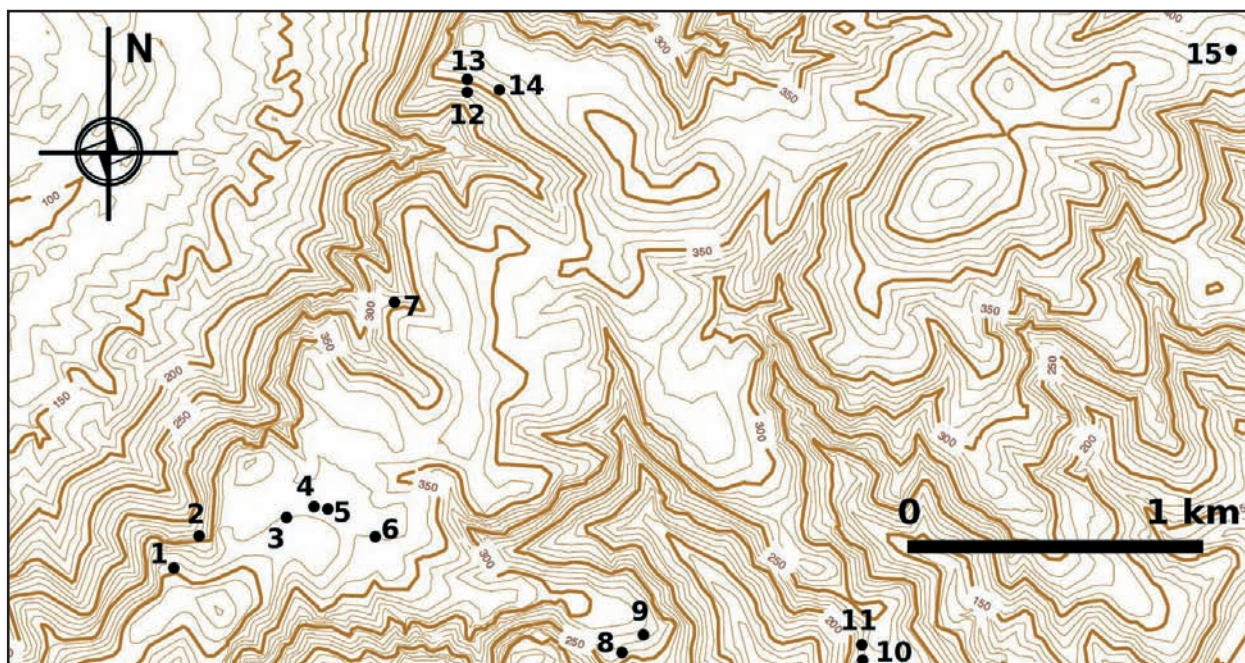


Figura 1: Mapa de situació de les cavitats: 1) avenc de n'Osito, 2) balma de sa Falzia Negra, 3) clot de sa Barraca, 4) cova de sa Terra, 5) avenc Boig, 6) avenc des Verdet, 7) avenc des Ginebró, 8) cova de sa Corba, 9) crull de sa Dauradella, 10) es Portalot, 11) Forat des Jaç, 12) avenc de sa Trescada, 13) cova-avenc de na Boira, 14) cova des Cabrits, 15) avenc de sa Nevada.

Figure 1: Location map of the caves.



Foto 1: Exemple d'acumulació de fems a una cova de la serra de na Burguesa. Foto: Mateu Vadell.

Photo 1: Example of garbage accumulation in a cave from Serra de Na Burguesa. Photo: Mateu Vadell.

roca. Tenim evidències de formes de dissolució freàtica de la roca carbonatada a l'avenc-cova de na Piccento, citat en primer lloc per BARCELÓ, (1992) i descrit amb més detall per GINARD *et al.* (2009).

Algunes altres coves de la serra de na Burguesa presenten morfologies menors de dissolució que en alguns casos podrien estar relacionades amb processos subèdàfics, com ara la cova de s'Agre d'en Massip (CRESPÍ *et al.*, 2001), rampa de ses Columnes de les coves del Pilar i la cova dets Escolapis (VICENS *et al.*, 2005) i fins i tot algunes morfologies relacionades amb l'impacte de les gotes, fruit del degoteig del sostre (GINARD *et al.*, 2009). En el cas de la cova de ses Cadmeres 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. Hem pogut observar clarament morfologies de dissolució en guixos a les mines sota la caverna des Caos, a les coves del Pilar (VICENS *et al.*, 2005). Pensam que la dissolució dels guixos pot haver jugat un paper important en la formació de molts dels esfondraments 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 Son Marill (BOVER *et al.*, 2004). També s'ha pogut constatar la presència de guix en parts profundes d'altres cavitats, com ara la covota des Puig Gros de Bendinat (VICENS *et al.*, 2000), cova des Guix i cova des Ratot (VICENS *et al.*, 2005), cova des Coals (GINARD *et al.*, 2006), cova des Coral-loides i avenc de s'Eriçó (GINARD, 2009).

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 i coral-loides). A la majoria de les cavitats de la serra de na Burguesa, aquests processos de concrecionament,

estan afectats sovint per solifluxions que en alguns casos provoquen desplaçaments superiors a un metre.

Per finalitzar aquest apartat cal destacar l'actualització feta per GINÉS i GINÉS (2009) sobre la classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. Aquesta manté les quatre categories principals establertes per GINÉS (1995), com són els avencs de la zona vadosa, les coves de la zona vadosa, les coves freàtiques no litorals i les coves de la franja litoral. Una de les principals novetats és el reconeixement del paper de la dissolució dels guixos subjacents en la gènesi d'algunes coves d'esfondrament de la serra de Tramuntana.

## Conservació de les cavitats

Cada vegada és més freqüent trobar informació exhaustiva sobre excursions a cavitats de les Balears en general i de Mallorca en particular. D'important rellevància és el fet que moltes d'aquestes informacions es troben fàcilment accessibles a diverses pàgines web de la xarxa. Evidentment, les coves més conegudes són aquelles que presenten, per algun motiu, un atractiu especial. En aquestes pàgines donen informació sobre localització, topografia, accés i informació diversa sense tenir en compte el fet de que la cova o la fauna que habita en aquestes puguin estar legalment protegides (per la qual cosa el seu accés és restringit) o el fet de que es tracti d'una cova amb un interès espeleològic, geològic, botànic, zoològic, paleontològic o arqueològic.

En el cas de la serra de na Burguesa hem pogut comprovar que s'està facilitant informació de coves a diverses pàgines web on, fins i tot, pengem fotos mostrant la manipulació de possibles restes paleontològiques i arqueològiques i també la manipulació d'espècies animals protegides, com ara rates-pinyades. D'altra banda, la massificació observada en algunes d'aquestes cavitats ha produït l'acumulació de fems (Foto 1) i destrucció d'espeleotemes (dos exemples clars en són la cova dets Albons i les coves del Pilar) o la desaparició de gran nombre de colònies de rates-pinyades (també a les coves del Pilar, actualment protegides per un tancament). L'efecte del pas i presència de gran quantitat de persones a l'interior de determinades coves és dramàtic per a les poblacions d'invertebrats cavernícoles, ja que aquestes són extremadament fràgils a qualsevol canvi o modificació que pugui patir l'ecosistema on viuen.

A més, es dona la falsa sensació de que les coves són accessibles a gent que pot estar poc preparada tant físicament com psicològica per entrar-hi i visitar-les.

Per tots aquests motius els components de l'equip d'espeleòlegs que exploram i topografiam les cavitats de na Burguesa hem decidit no donar les coordenades de les cavitats i ser molt cauts a l'hora de donar informació sobre fauna i flora protegida o jaciments arqueològics o paleontològics a partir d'aquest treball. Creim que la nostra responsabilitat pel que fa a la conservació de les cavitats que exploram i estudiam està per damunt d'egoismes, d'exhibicionismes i de motius econòmics (com semblen ser les motivacions d'algunes d'aquestes webs).





Foto 2: Vista de l'entrada de la cova des Cabrits. Foto: Miquel Àngel Barceló.

Photo 2: View of the entrance of Cova des Cabrits. Photo: Miquel Àngel Barceló.

## Descripció de les cavitats

### COVA DE SA TERRA

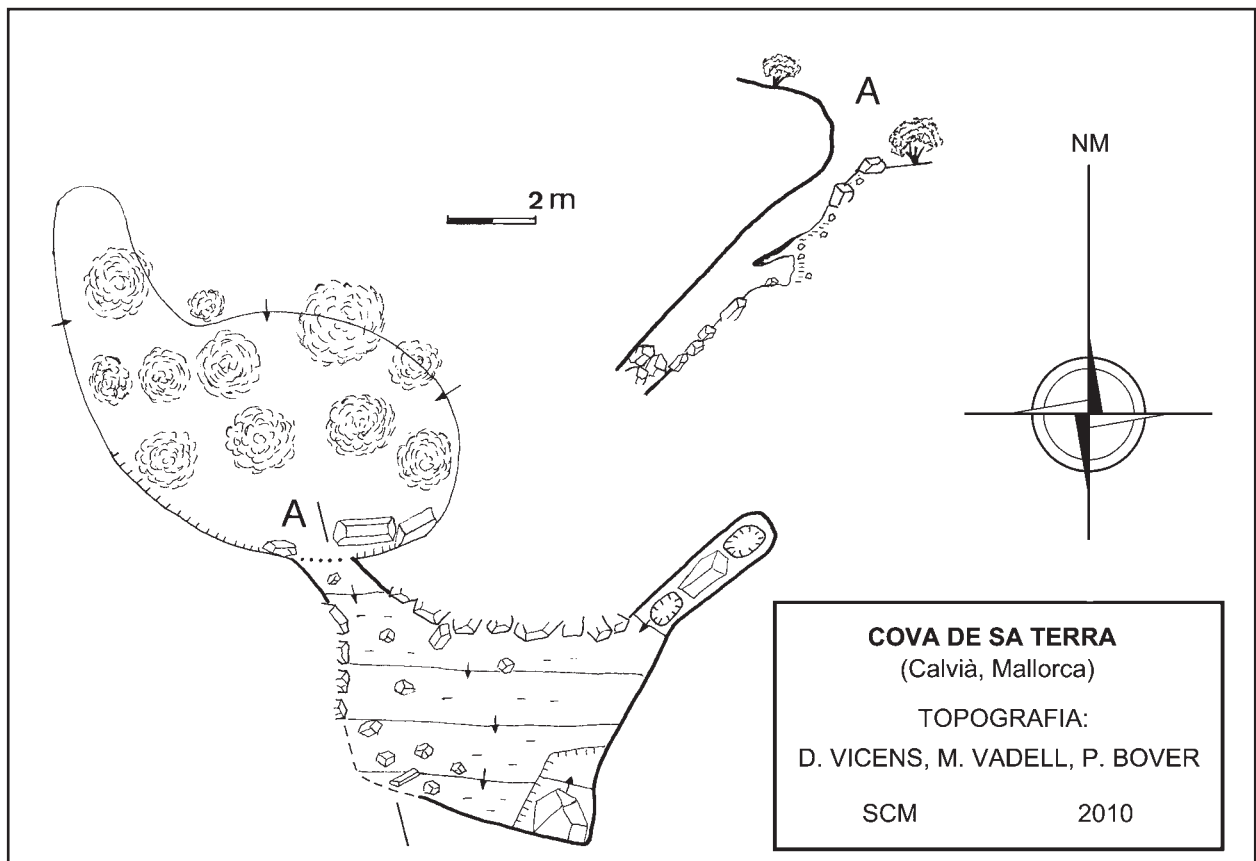
A aquesta modesta cavitat s'hi accedeix per una estretor d'uns 0,45 m d'alçada i 1,2 m d'amplada situada al S d'un enfonsament d'uns 5 m x 11 m. Després de passar l'estretor i davallar 2 m ens situam a una sala inclinada de 6 x 4 m, en què la característica més definitiva és la presència d'un sòl molt terrós i polsós. A la zona NE de la cavitat hi ha forats entre blocs. A la zona del SE sembla que la cova no es tanca, però la presència de blocs inestables i el sòl terrós va fer que desistíssim de ficar-nos-hi.

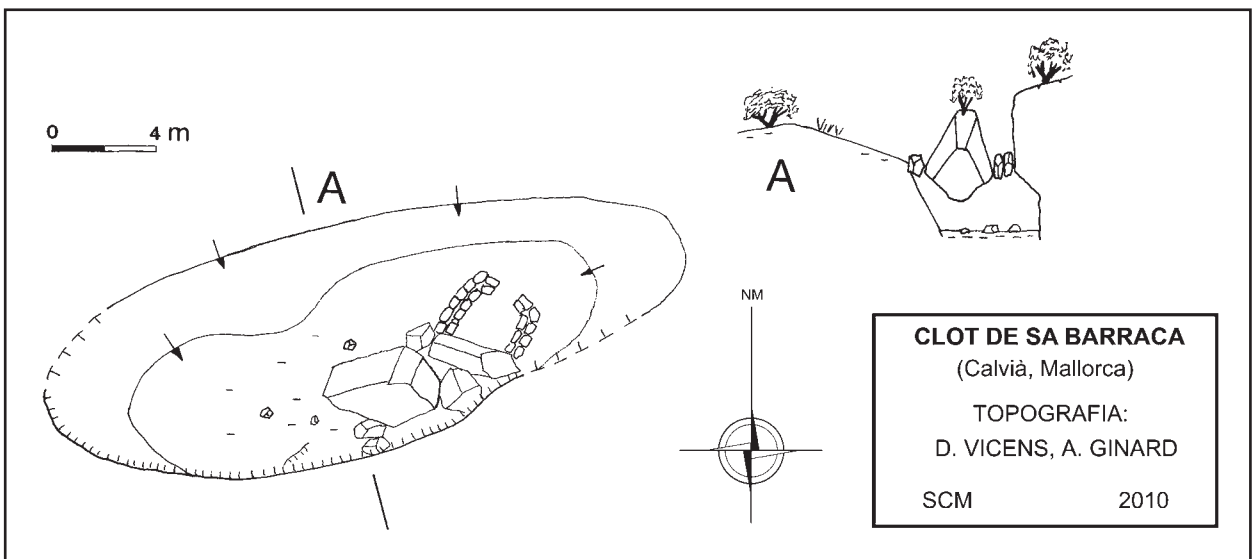
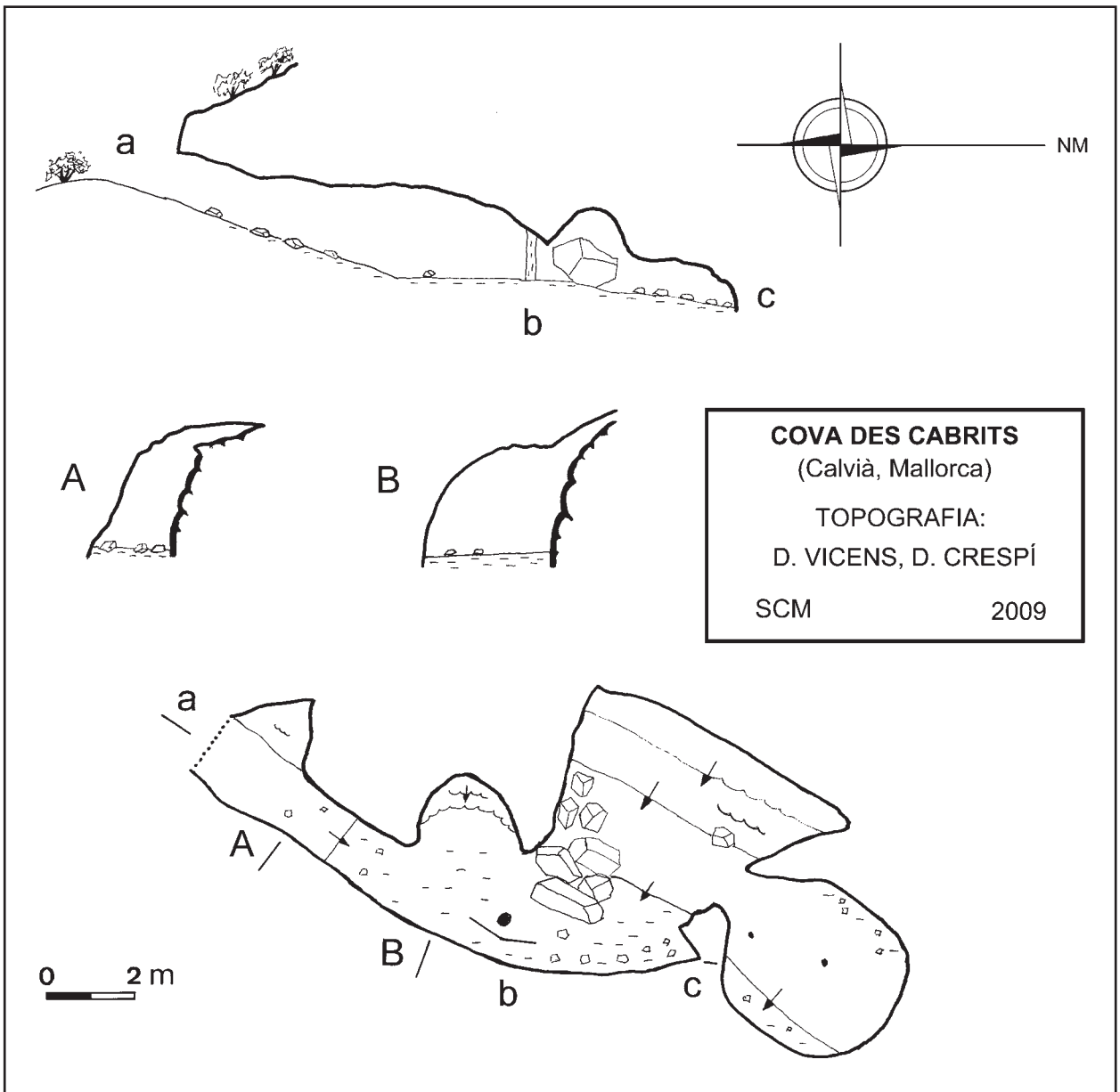
### COVA DES CABRITS

Cavitat modesta que presenta una direcció gairebé SO-NE, d'uns 16 m de llarg i d'amplada variable (Foto 2). Els primers 8 m presenta forma de galeria, on hi ha colades parietals, per després donar pas a una sala inclinada i al final una saleta de devers 3,5 m x 4 m.

### CLOT DE SA BARRACA

Es tracta d'un enfonsament natural d'uns 25 m x 6 m i que presenta les runes d'una barraca. Davall dels blocs al centre de la depressió hi ha una saleta.





### BALMA DE SA FALZIA NEGRA

Encara que es tracta d'una balma de poca importància espeleològica, sembla important incloure la topografia d'aquesta cavitat en aquest treball degut a la seva rellevant importància botànica, fet que dona nom a la balma.

Aquí hem localitzat fins a 5 espècies diferents de pteridòfits i en particular hi ha una població considerable de l'espècie *Asplenium onopteris*, conegut en català amb el nom de falzia negra.

La balma presenta una amplada d'uns 9 m i una alçada de 5 m. La balma està orientada cap el NNE. El seu trespol està molt cobert de vegetació, i amb abundant restes del desmantellament de la seva ventalla així com restes d'excrements de cabres que deuen emprar la balma com a abríc.

### AVENC DES VERDET

Petit avenc d'uns 7 m de profunditat al qual s'accedeix mitjançant una boca subcircular d'aproximadament 1 m de diàmetre (Foto 3). La sala principal, de planta subrectangular, té unes dimensions de 11 m en direcció SE-NO i 6 m en direcció SO-NE. En quasi tota l'extensió de la paret N podem observar abundants polígons de retracció en els sediments argilosos del terra, mentre

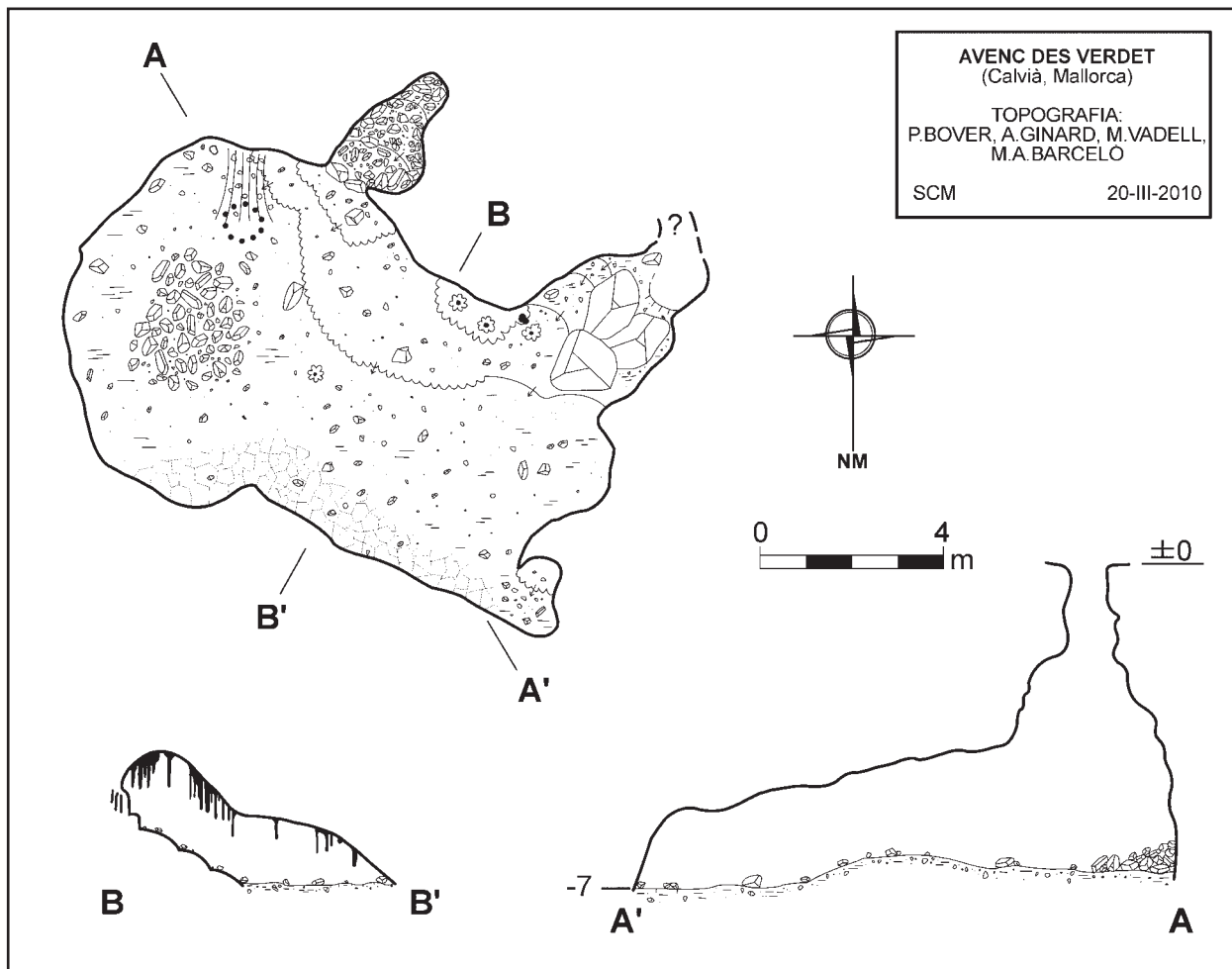
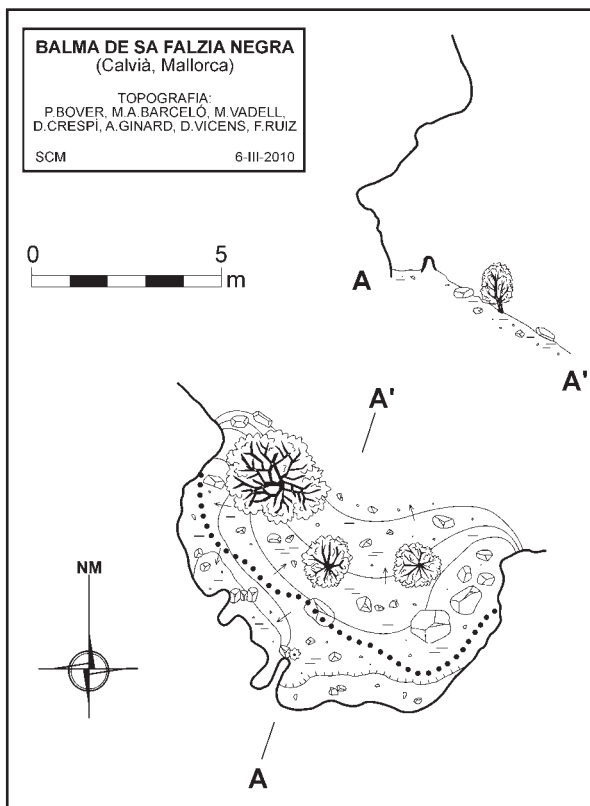




Foto 3: Vista de la sala principal de l'avenc des Verdet. Foto: Pere Bover.

Photo 3: View of the main chamber of Avenc des Verdet. Photo: Pere Bover.

que a la paret S podem observar alguns espeleotemes com ara estalagmites i colades pavimentàries i parietals. En aquesta zona es troben algunes restes d'arrels concrecionades.

La sala principal presenta tres petites saletes addicionals. Una, situada a la part mitjana de la paret S de la cavitat, té uns 3 m de profunditat i està totalment recoberta per blocs i pedres de forma que sembla una rosseguera. Una segona saleta està situada a una raconada del cantó septentrional presentant una important densitat de formacions. Pel cantó O s'accedeix a una acumulació de grans blocs que insinuen una continuació de la cova en aquesta direcció i que s'hauria de sotmetre a tasques de desobstrucció per intentar continuar.

En general l'avenc presenta restes d'acumulacions de blocs i pedres, sobretot a la part de davall l'entrada. També s'hi poden trobar abundant restes osteològiques de vertebrats terrestres que han caigut o han estat abocats a l'interior de la cavitat.

#### COVA DE SA CORBA

Petita cova de poca entitat d'uns 8 m de recorregut, bàsicament en direcció O-E. La seva boca actual és un petit esfondrament de 2 m de diàmetre en la part més ampla. A l'interior presenta colades parietals a la

part S, en alguns casos amb morfologies de dissolució subedàfiques. En general la cova no permet transitar dempeus i l'estretor es fa més important, fins a fer-se impenetrable, a mesura que ens apropam al sector O.

#### COVA DE S'ESTORA

La cova de s'Estora és un complex format per dues coves actualment separades i que antigament eren la mateixa cova. L'esfondrament de la zona exterior de la cova antiga ha fet que aquestes coves estiguin separades. De fet, avui en dia encara es poden observar els blocs de gran mida que devien formar el sòtil de la zona de la boca o entrada de la cova.

La **cova de s'Estora 1** és una cavitat amb un recorregut d'uns 30 m en direcció SE-NO (Foto 4), pràcticament sense canvis destacables de nivell. Podem accedir a la sala principal bàsicament per dues entrades: una entrada més septentrional de gran mida que ha estat dividida en dos degut als blocs caiguts del sòtil del paladar. L'altra entrada, de menor mida, està situada més al S.

La zona SE de la sala principal és la més concrecionada presentant colades parietals i pavimentàries, estalactites i columnes. El trespol de la sala està cobert d'abundants blocs de petita mida, especialment a la part més propera a les parets. A la zona E de la cavitat veim

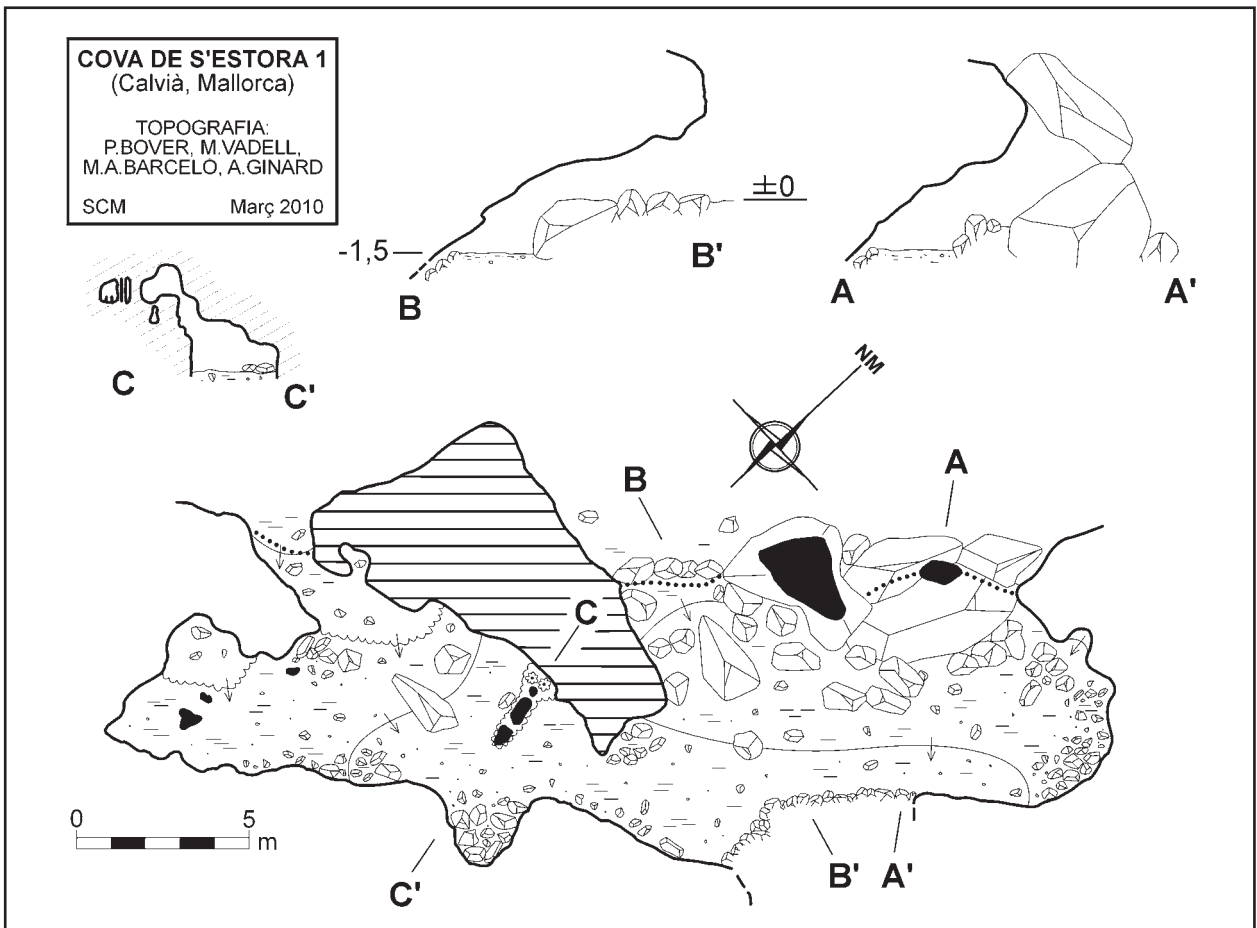
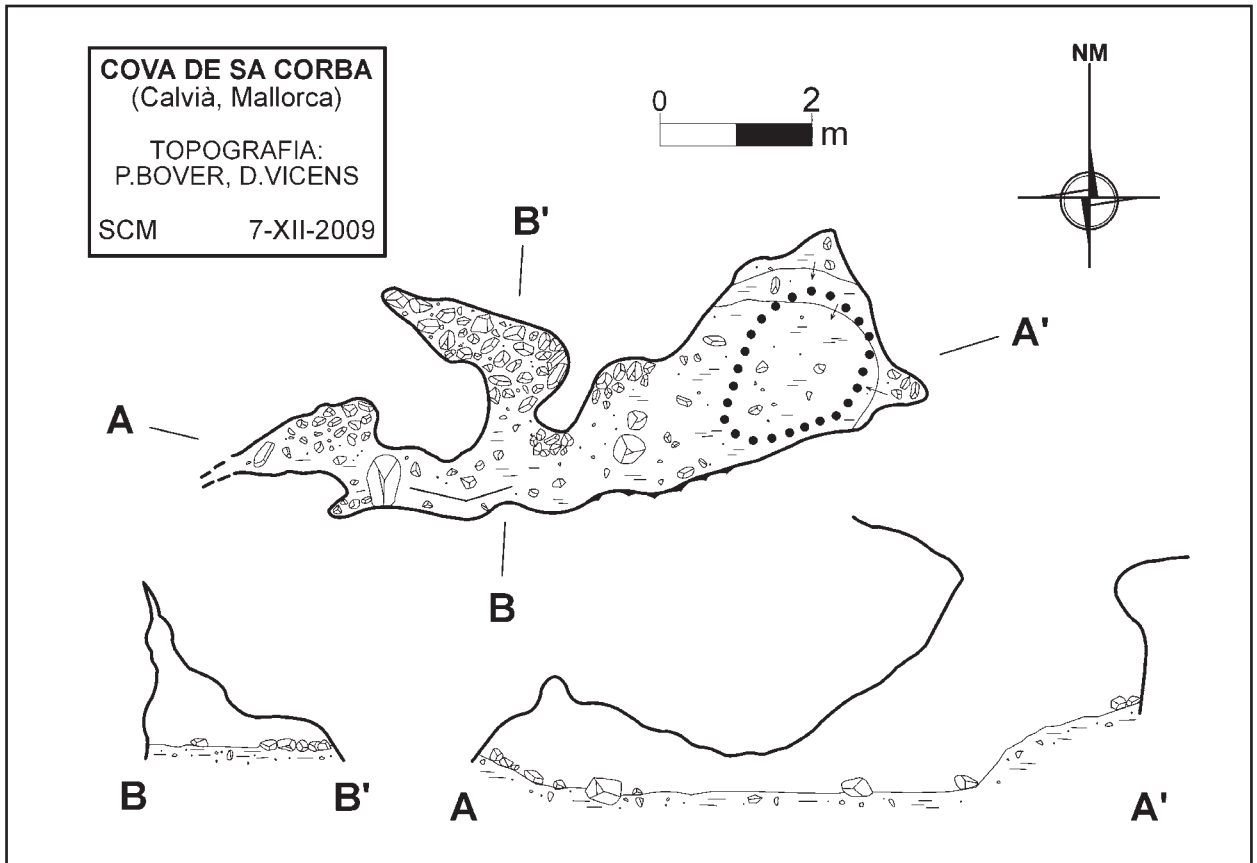
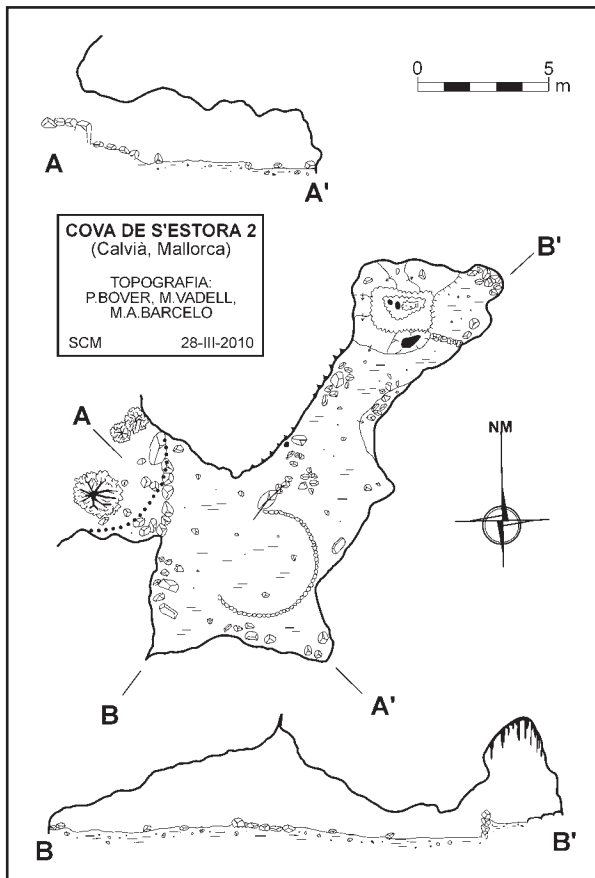




Foto 4: Esfondrament de la part exterior de la cova de s'Estora 1 que ha provocat el bloqueig de l'entrada principal. Foto: Mateu Vadell.

Photo 4: Collapse of the outer part of Cova de s'Estora 1 that caused the blockage of the main entrance. Photo: Mateu Vadell.



abundants blocs que semblen tapar una possible continuació en direcció descendent.

La cova de s'Estora 2 és de menor mida (Foto 5), i el seu recorregut és d'uns 20 m en direcció SO-NE. Tampoc presenta desnivells considerables a la major part de la sala principal. A la zona N es pot observar un balcó molt concrecionat amb abundants espeleote-



Foto 5: Detall de la boca d'entrada de la cova de s'Estora 2. Foto: Mateu Vadell.

Photo 5: Detail of the entrance of Cova de s'Estora 2. Photo: Mateu Vadell.



Foto 6: Columna de l'avenc des Ginebró. Foto Miquel Àngel Barceló.

Photo 6: Column in Avenc des Ginebró. Photo: Miquel Àngel Barceló.

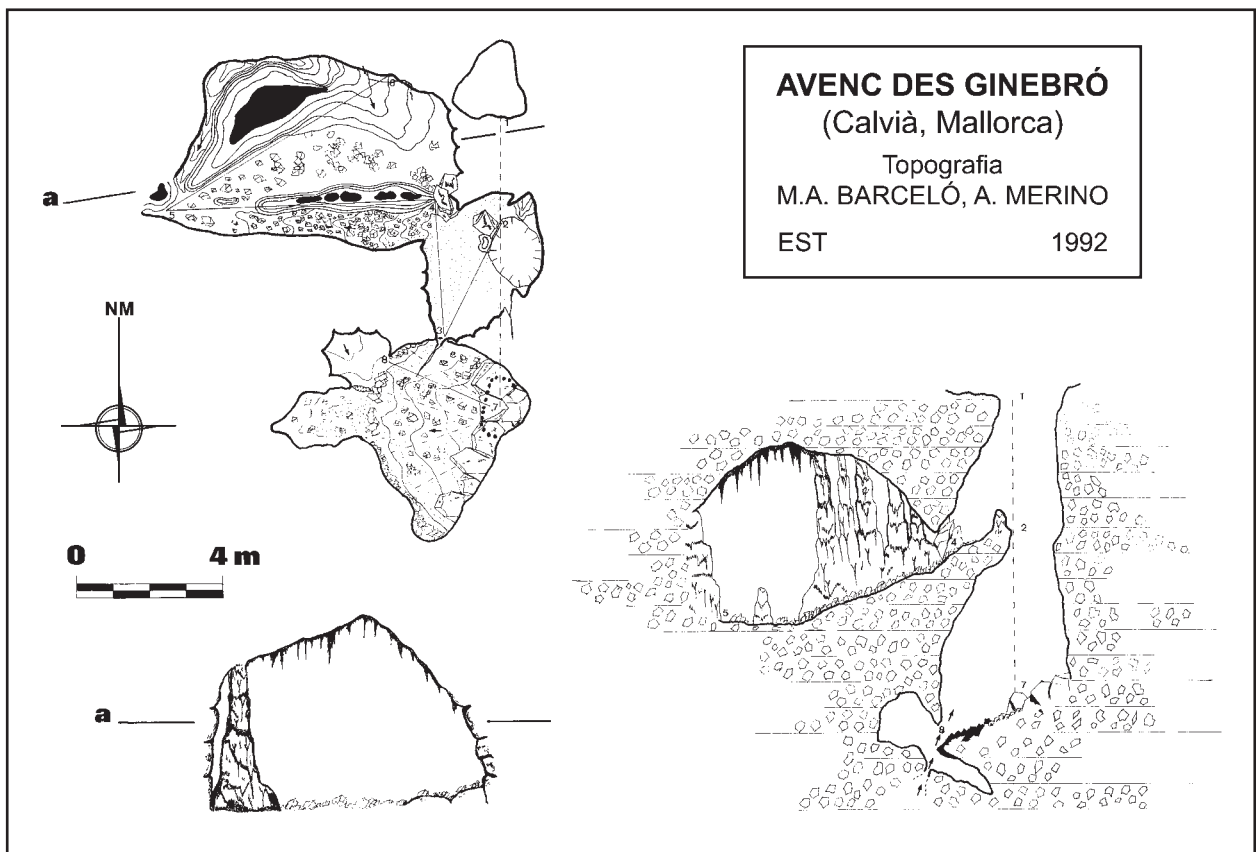
mes. Juntament amb la paret NO de la cova, aquesta zona del balcó és l'única decorada amb espelotemes. Cal destacar que a l'interior de la sala principal, just davant de l'entrada de la cova, podem observar un grup de pedres disposades en cercle d'uns 3 m de diàmetre. Encara que no es pugui descartar que es tracti d'un peu de barraca, sembla més plausible que es tracti d'una sitja. De fet, aquesta no és l'única construcció humana que podem trobar a la cova, ja que a l'extrem N, devora del balcó, podem observar una petita paret de pedres.

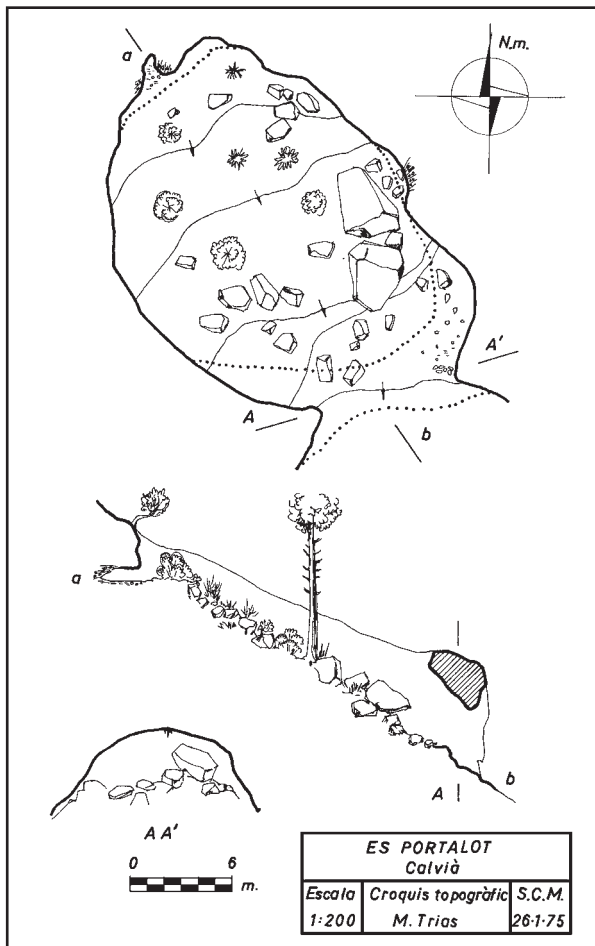
### AVENC DES GINEBRÓ

Cavitat localitzada i topografiada l'any 1992 per Miquel Àngel Barceló i Antoni Merino. Es tracta d'un avenc de dimensions discretes, d'uns 10 m de profunditat. Presenta dos nivells. L'inferior suposa el final del propi pou, on s'arriba a una petita sala de dimensions reduïdes on s'acumulen els enderroc i blocs caiguts pel pou. A mitja baixada del pou (a uns 4 m) hi ha un relleix que dona accés a una sala superior d'uns 9 x 5 m de dimensions, amb l'eix llarg situat en direcció O-E. Aquesta sala presenta una certa decoració en forma de columnes i estalactites (Foto 6).

### ES PORTALOT

Cavitat explorada i topografiada l'any 1975 per membres de l'SCM. Segons consta escrit a la fitxa de la cova de l'arxiu de l'SCM, la cova consta d'una ampla





sala de 15 x 15 m, amb el paladar esfondrat, romanent només sencera l'antiga boca que fa un arc de 8 x 4 m (Foto 7). El paladar de la cova sembla haver estat destruït, a banda de per enfonsament, per erosió superficial ja que la línia teòrica de la volta queda per damunt de la superfície topogràfica actual. Hi podem observar enderros i bretxes aparentment sense restes d'ossos.

En una visita a la cova realitzada durant la primavera del 2010, la cova està en el mateix estat descrit 35 anys abans. De fet, tasques de neteja forestal (tallafocs) han fet que actualment la cova sigui ben visible i siguin fàcilment observables les característiques abans esmentades. La principal diferència és que actualment una urbanització està ben a prop de la cavitat.

### FORAT DES JAÇ

Cavitat també explorada i topografiada l'any 1975 per membres de l'SCM i localitzada molt a prop de "es Portalot". A la fitxa de l'arxiu SCM es pot llegir que es tracta d'un petit avenc de 2,5 m de fondària, arreglat artificialment com a habitació. Hi podem observar formes de corrosió al sòtil i pis de materials clàstics amb signes d'ocupació humana recent (foganya i jaç).

Visitada durant la primavera del 2010, la cova encara conserva les restes d'un jaç i una foganya (desco-nexim si es tracta del mateix trobat 35 anys abans).



Foto 7: Vista de Es Portalot amb l'arc que suposa l'únic reste del sòtil de l'antiga cova. Foto: Mateu Vadell.

Photo 7: View of Es Portalot with the arch as the sole remain of the former cave ceiling. Photo: Mateu Vadell.



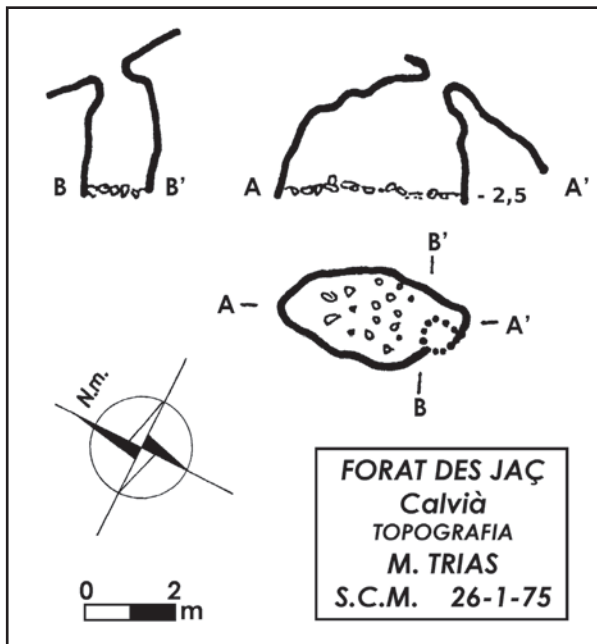
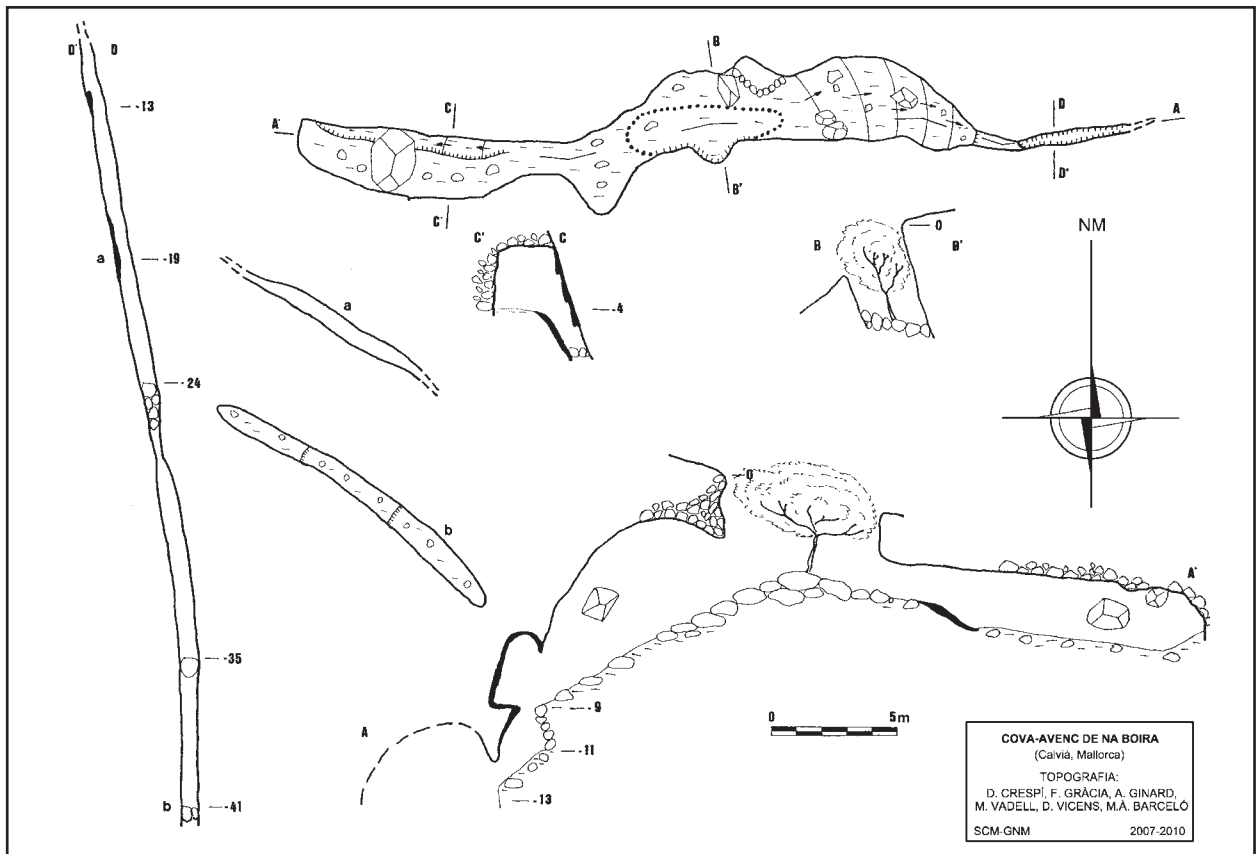


Foto 8: Pas estret que dona accés a la part més profunda de la cova-avenc de Na Boira. Foto: Miquel Àngel Barceló.

Photo 8: Narrow passage to the deep part of Cova-Avenc de Na Boira. Photo: Miquel Àngel Barceló.

### COVA-AVENC DE NA BOIRA

Aquesta és una cova que era ben coneguda pels espeleòlegs que investigaven la serra de na Burguesa, encara que no s'havia publicat mai la seva topografia. Segons Miquel Àngel Barceló (com. pers.) fou descoberta arran d'una campanya que es feu coincidint amb el campament que realitzà la Federació Balear



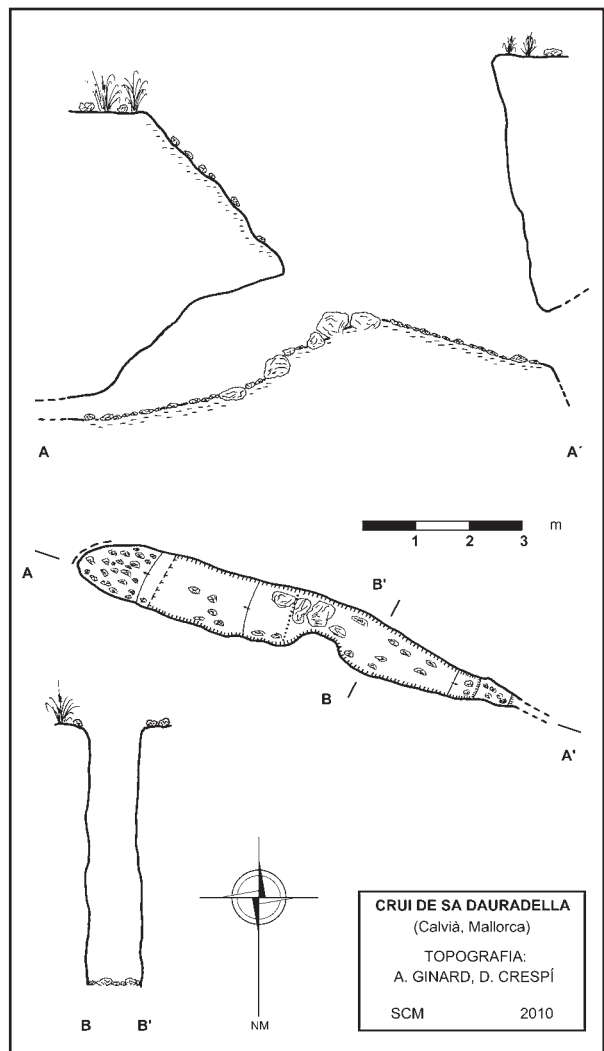
d'Espeleologia a la serra de na Burguesa l'any 1992. Es troba molt a prop del puig de na Boira, del qual pren el nom. Va començar a ser topografiada pel nostre equip al febrer del 2007. En el transcurs de la topografia vam observar que al fons hi havia un crull semiobstruït del qual sortia un fort corrent d'aire (Foto 8). Posteriorment a aquesta troballa, vàrem abandonar temporalment les tasques de topografia. A finals del 2009 fórem informats per Manolo Luque que ell havia trobat aquesta cova i que l'havia desobstruïda. A començament de l'any 2010 en vàrem reprendre les tasques de topografia.

Aquesta cavitat consta de dues parts ben diferenciades. La part superior, coneguda des d'antic, consta d'una obertura d'entrada, parcialment tapada per una gran mata, que dóna accés a una cova de desenvolupament principalment horitzontal (Foto 9). La part central té una orientació principal E-O i d'extrem a extrem fa uns 18 m. Es troba bastant il·luminada gràcies a la llum que arriba per l'entrada. A l'extrem E tenim una petita sala amb el trespòl cobert de blocs i terra i amb concrecionament parietal a la paret N. A l'extrem O de la sala principal, la cavitat segueix un crull que ens encamina cap a la part més profunda de la cova. Després de superar un bot d'uns 2 m trobam un pas extremadament estret que ens condueix a una fractura vertical d'orientació NO-SE, que ens porta a la part més profunda de la cavitat. El fons d'aquesta es troba obstruït per blocs. La fondària total d'aquesta cavitat és de 41 m. En aquesta cova es troben alguns espeleotemes, encara que no són tan freqüents a la part més profunda.



Foto 9: Sala d'entrada a la cova-avenc de na Boira. Foto: Mateu Vadell.

Photo 9: Entrance chamber of Cova-Avenc de Na Boira. Photo: Mateu Vadell.



## CRULL DE SA DAURADELLA

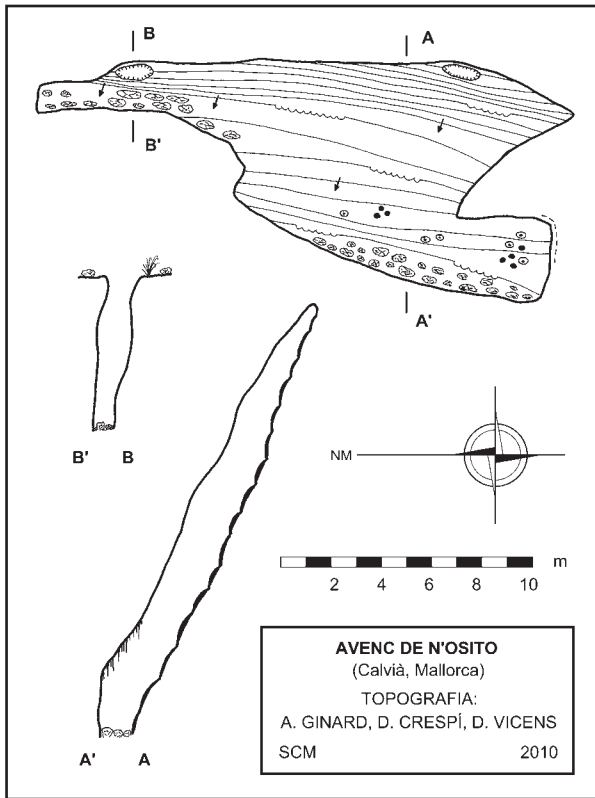
Avenc que segueix una fractura vertical, les dimensions del qual són força discretes. Arriba fins als 7 m de fondària i uns 9 m aproximadament de llargària. La cavitat és estreta, entre 1 m i 1,5 m aproximadament. L'entrada és allargada i segueix la direcció de la cavitat, NO-SE. La fractura en ambdós costats es va fent estreta fins que s'arriba a fer impenetrable.

A les parets de la cavitat s'hi ha observat el pteridòfit *Ceterach officinarum*, conegut en català amb el nom de dauradella, fet que dóna nom a la cavitat.

## AVENC DE N'OSITO

Avenc que segueix una fractura subvertical i arriba a assolir els 17 m de fondària. La fractura segueix la direcció N-S i s'arriba a fer impenetrable en ambdós costats.

Té una entrada discreta, de 1,5 m, per la qual podem davallar a través d'una rampa pràcticament vertical. A pesar que es fa necessari instal·lar cordes, l'accés a l'avenc no representa cap dificultat. Hi ha una altra entrada, també d'1,5 m, per on és més difícil l'accés.



**AVENC BOIG**

Petita cavitat que agafa aquest nom per la perillositat d'una zona de l'avenc que roman inexplorada. Podem accedir a la cavitat per una entrada d'1 m aproximadament que davalla gairebé 3 m. A partir d'aquí i en direcció O s'accedeix a la zona perillosa, d'una alçada d'1 m aproximadament que impedeix anar dempeus. A més, en aquesta zona de la cavitat, el sòl és torna com-

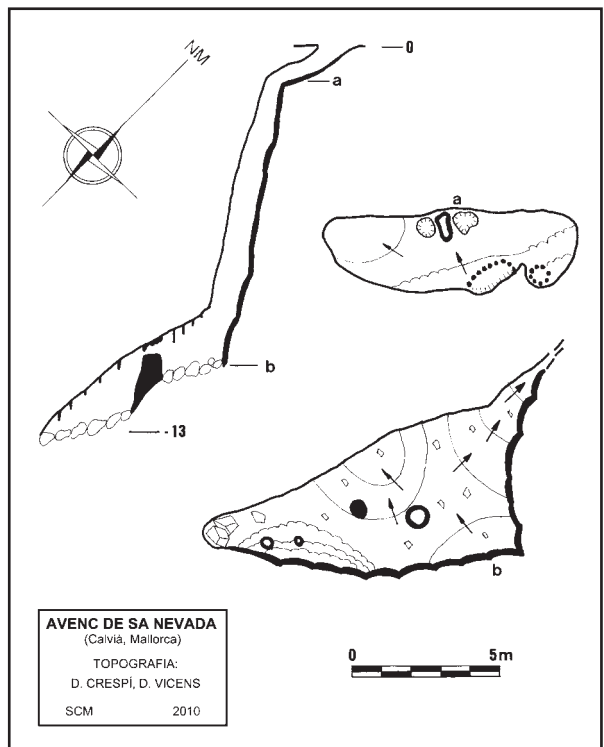
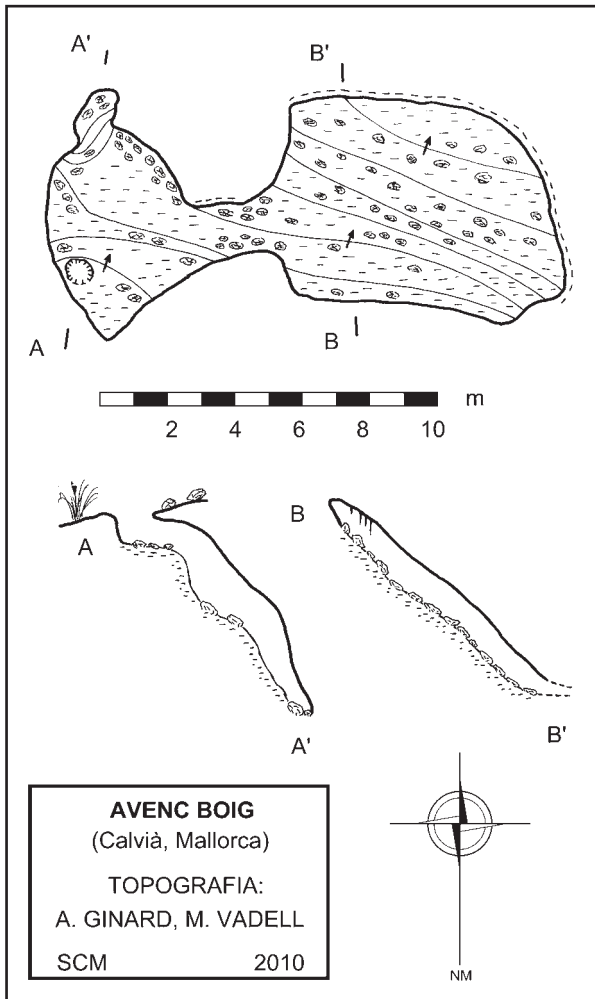
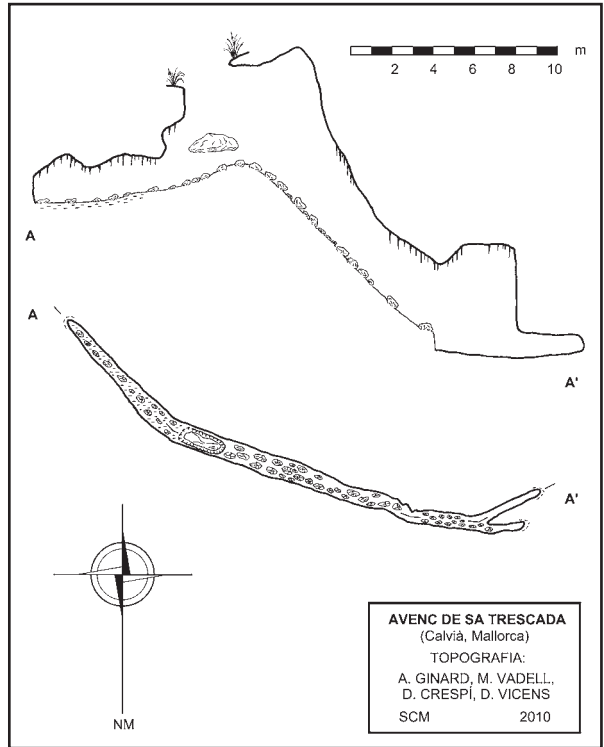


Foto 10: Detall de l'estratigrafia de l'inestable pis de l'avenc Boig. Foto: Miquel Àngel Barceló.

Photo 10: Detail of the stratigraphy of the unstable floor in Avenc Boig. Photo: Miquel Àngel Barceló.



Foto 11: Entrada de l'avenc de sa Nevada. L'aire calent que sortia de la cavitat va fondre la neu del voltants de la boca (a la dreta de la foto). Foto: Damià Vicens.

Photo 11: Entrance of Avenc de sa Nevada. The snow surrounding the entrance (on the right of the photo) was melted down by the warm airstream coming from inside the shaft. Photo: Damià Vicens.



pletament inestable (Foto 10) i el pendent és força pronunciat (45°), la qual cosa ens va fer desistir de seguir explorant l'avenc malgrat que en el fons de la cavitat s'intuïa una possible continuació.

### AVENC DE SA TRECADA

Cavitat estructurada sobre una fractura vertical que segueix la direcció NE-SO. Arriba gairebé fins als 13 m de fondària; la cavitat és molt estreta, un poc més d'1 m en els llocs més amples, però té una llargària considerable, 27 m aproximadament. Al sòl hi ha força blocs i als dos extrems de la fractura la cavitat es va estrenyent fins que es fa impenetrable.

## Annex

Dues nevades a principis d'any varen cobrir la serra de na Burguesa a partir d'uns 200-300 m. Una d'elles va ser el 09-01-2010 i varem tenir el plaer de poder passejar-hi i topografiar una cavitat, que tot i no estar dins la zona d'estudi d'aquest treball, hem trobat adient treure-la a l'Endins d'enguany.

### AVENC DE SA NEVADA

Aquesta cavitat va ser topografiada pel nostre equip un dissabte de gener en què a la serra de na Burguesa caigué una forta nevada (Foto 11).

Aquest és un avenc de desenvolupament vertical de 14 m de fondària. Consta d'una petita sala d'entrada a la qual s'accedeix per una obertura de 2 m per 1 m que dona accés a una petita sala d'orientació NE-SO, que presenta un pendent cap al NO. A la paret NO hi ha un petit forat que dona accés a un crull quasi vertical de 9 m de desnivell. Al fons es troba una sala de planta irregular d'11 per 4 m. A l'extrem N hi ha un crull que s'estreny i es torna inaccessible. Les dues sales i la rampa de baixada es troben bastant concrecionades.

## Agraïments

Volem agrair a Miquel Trias la seva amabilitat per permetre l'accés a l'arxiu de l'SCM i la reproducció de la topografia de dues de les coves aquí presentades (es Portalot i el forat des Jaç). El nostre agraïment a Antoni Merino que també ens ha permès reproduir una de les seves topografies (avenc des Ginebró). Francesc Ruiz, Julián Vadell i Pau Barceló ens han acompanyat en algunes de les sortides realitzades. A Manolo Luque li hem d'agrair la informació subministrada.

## Bibliografia

- BARCELÓ, M. A. (1992): Cavidades de la Serra de na Burguesa. Zona 1: S'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Endins*, 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). *Endins*, 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). *Endins*, 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). *Endins*, 26: 59-82.
- CAÑIGUERAL, J. (1949): Las cuevas de Campanet (Mallorca). *Revista ibérica* núm. 156.
- CRESPI, D., GINARD, A., VICENS, D., VADELL, M. i BARCELÓ, M. A. (2007). Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 9: Son Boronat-L'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Endins*, 31:141-160.
- 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-. *Endins*, 24: 75-97.
- DOT, M.A. i SÁNCHEZ, C. R. (2004): El carst de sa Malafetge (Calvià i Palma, Mallorca). *Endins*, 26: 105-124.
- ENCINAS, J.A. (2006): *Relación inventarial de subterráneos naturales de las Illes Balears*. Ediciones Jaes. Pollença. 236 pp.
- FORNÓS, J. J. i GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica dels carst de Mallorca / Lithology and tectonics of the majorcan karst. *Endins*, 20 /*Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 27-43.
- GINARD, A.; BOVER, P.; VICENS, D.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M.A. (2009): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 9: Son Boronat-L'Hostalet (2a part) (Calvià, Mallorca). *Endins*, 33: 105-120.
- 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). *Endins*, 29: 99-120.
- GINARD, A.; VICENS, D.; ROSSELLÓ, J.A.; PONS, G.X.; MIRGUAL, M.; PLA, V.; CRESPI, D.; BARCELÓ, M.A. i BOVER, P. (2010). Pteridòfits i briòfits de la serra de na Burguesa (serra de Tramuntana, Mallorca). *Endins*, 34: 69-86.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geològica de la mitad occidental de la Isla 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). *Endins*, 17-18: 37-41.
- GINÉS, J. (1995): L'endocarst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics / Mallorca's endokarst: the speleogenetic mechanism. *Endins*, 20 /*Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 71-86.
- GINÉS, J. i GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfofènica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- 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). *Endins*, 21: 37-49.
- JORDANA, R.; VADELL, M. i BAQUERO, E. (2005): Descripción de una nueva especie de *Entomobrya* (Collembola, Entomobryidae) de una cueva de Mallorca (Islas Baleares, España). *Serie Zoológica*, 29(2): 8-21.
- 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.
- MONTORIOL, J. (1963): Resultados de una campaña geoespeleológica en los alrededores de la Bahía de Palma de Mallorca. *Speleon*, 15: 3-32.
- VADELL, M. (2003): Fauna invertebrada de las cavidades del Barranc de sa Coma des Mal Pas (Palma-Calvià). *Endins*, 25: 107-116.
- VADELL, M. (2007): Datos sobre los *Lithobius Vives* i Serra, 1983 y *Lithobius piceus tabacaru* Negrea & Matic, 1973 (Chilopoda: Lithobiomorpha), localizados en el Clot des Sero (Calvià, Mallorca). *Endins*, 31: 179-183.
- VADELL, M. (2010): *Scutigera coleoptrata*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 5ta edició (en prensa). Govern de les Illes Balears.
- VADELL, M. i PONS, G.X. (2009): Aportaciones al conocimiento de los quilópodos (Chilopoda; Geophilomorpha) de la Serra de na Burguesa (Mallorca, islas Baleares). *Bolletí de la Societat d'Historia Natural de les Balears*, 52 (en prensa). Palma de Mallorca.
- VADELL, M.; ZARAGOZA, J. A.; BARCELÓ, M. A., i CRESPI, D. (2005): Aportaciones al conocimiento de la fauna en el conjunto de las Coves del Pilar. *Endins*, 27: 75-92.
- VICENS, D. i PLA, V. (2001): L'Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME): primer grup espeleològic mallorquí. *Endins*, 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. *Endins*, 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). *Endins*, 23: 23-40.
- ZARAGOZA, J. A. i VADELL, M. (2009a): *Chthonius balearicus*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 4ta edició. Govern de les Illes Balears.
- ZARAGOZA, J. A. i VADELL, M. (2009b): *Roncus neotropicus*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 4ta edició. Govern de les Illes Balears.

## NOVES APORTACIONS A L'ESTUDI DE LES CAVITATS DE CALA FALCÓ – CALA VARQUES (Manacor, Mallorca)

per Francesc GRÀCIA <sup>1,2</sup>, Pere GAMUNDÍ <sup>1</sup>, Bernat CLAMOR <sup>1</sup>, Miquel TRIAS <sup>3</sup>,  
Joan J. FORNÓS <sup>2</sup>, Mateu FEBRER <sup>1</sup> i Jaume POCOVÍ <sup>1</sup>

### Resum

El coneixement de les coves litorals situades entre cala Falcó i cala Varques s'ha vist enriquit amb les aportacions subaquàtiques efectuades a la cova des Coloms de Cala Falcó o cova des Coloms 1, a la cova des Coloms de cala Varques o cova des Coloms 2 i amb la incorporació d'una nova cavitat, la cova des Genet. Dues de les tres cavitats descrites són captures càrstico-marines a on es fan ben evidents les interaccions entre el modelat càrstic i el modelat litoral. La cova des Coloms de Cala Varques actua també de surgència submarina.

### Abstract

The knowledge of the littoral caves located between Cala Falcó and Cala Varques has resulted enriched with several new findings: the diving explorations performed in Cova des Coloms de Cala Falcó (also known as Cova des Coloms 1) and in Cova des Coloms de Cala Varques (also known as Cova des Coloms 2) as well as the documentation of a new cave, the Cova des Genet. Two of the three described caves are complex regarding their genesis, being the result of mixed karstic and marine erosion processes. The Cova des Coloms de Cala Varques acts also as a submarine spring.

## Introducció

La regió central de la costa del llevant de Mallorca es pot considerar com a clàssica dins l'espeleologia mallorquina. Gràcies al projecte d'investigació sufragat per l'*Obra Social de SA NOSTRA*, dins la convocatòria d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009, s'ha pogut avançar en les tasques d'exploració subaquàtica i documentació d'algunes de les cavitats de la zona.

A finals dels anys setanta del segle passat TRIAS & MIR (1977) procediren a estudiar les cavitats localitzades a l'àrea compresa entre les cases de Can Frasquet, cala Varques i Can Llunes. Aquesta zona fou descrita llavors com una de les més denses espeleològicament parlant de Mallorca: "*dins una superfície d'1 km<sup>2</sup> es troben 14 coves importants*". Una munió d'estudis posteriors efectuats a la zona (GINÉS & GINÉS, 1976; TRIAS & MIR, 1977; TRIAS, 1992; TRIAS, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2006; GRÀCIA *et al.*, 2010) deixaren ben reforçada aquesta afirmació. Entre les connexions entre cavitats ja conegudes i la troballa o documentació de

noves coves, el nombre total de cavitats és de 12, emperò amb un recorregut total que supera amb escreix els 20 km. Si es comptabilitzen el nombre total d'entrades de la mateixa zona, el nombre de boques és de 19, ja que l'any 1977, de les 16 documentades, no es coneixia l'existència d'algunes d'elles: cova de Cala Varques D, cova des Genet i la connexió amb la cova de sa Gleda. Aquesta entrada la incorporam en ésser la mateixa cavitat que l'avenc des Camp des Pou (sistema Gleda-Camp des Pou).

Una de les aportacions més interessants és la cova des Genet, cavitat que als anteriors treballs efectuats a la zona havia quedat exclosa per desconeixement de la seva existència. C. Veny reproduceix, no obstant això, a la seva obra de 1968, el llistat de coves de l'arxiu de J. Aguiló, a on inclou la cova des Genet. Emperò la cavitat no constava als inventaris espeleològics que es van anar publicant.

Les vuit cavitats litorals que trobam a la proximitat de la costa, entre cala Varques i cala Falcó, es troben circumval·lant el litoral, fet ben evident a cala Varques (Fig. 1). Les relacions entre algunes de les coves ja es varen exposar a GRÀCIA *et al.* (2000), on donàrem a conèixer el sistema format per les coves de Cala Varques A o cova des Xuetes, la cova de Cala Varques C i la cova de Cala Varques D, sistema anomenat cova de

---

1 Grup Nord de Mallorca (GNM). Pollença.  
email: xescgracia@yahoo.es  
2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. email: joan.fornos@uib.cat  
3 Speleo Club Mallorca (SCM).

Cala Varques ACD. També vam remarcar la proximitat a la cova de Cala Varques B, la de més recorregut de la zona d'estudi.

## Cova des Coloms de Cala Falcó o cova des Coloms 1

### HISTÒRIA DE LES EXPLORACIONS

**1977** - Els espeleòlegs de l'Speleo Club Mallorca (SCM), Miquel Trias, C. Payeras i J. Metola topografiaren l'àmplia entrada marina de la cavitat, fins a uns 50 m cap a l'interior, a on el sostre, les parets i el terra convergeixen fins que no és possible continuar, ja que les oncs impedeixen seguir més enllà. Al treball sobre les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques (TRIAS & MIR, 1977) apareixen descrites 16 cavitats; una de les considerades menys importants era la cova des Coloms 1, ja que una visita amb presses i l'estat no gaire bo de la mar, feren que no s'adonassin del pas baix que dona accés a la part principal de la caverna, deixant-la

reduïda a la topografia publicada el 1977, al gran porxo d'entrada.

**1990** - Tomeu Mestre, un dels propietaris de la zona, informà de l'existència d'una gran cova amb accés marí a Cala Falcó, que no podia ésser d'altra que la cova des Coloms 1. M. Trias i J. Castelló, de la secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca (GEM) efectuaren la topografia de les galeries aèries de la cavitat. La fondària dels llacs a la vora de les parets de la sala final, feu pensar en la possible existència de continuacions importants per davall l'aigua. A TRIAS (1992), ja s'esmentà que l'article hauria de servir d'estímul per a la revisió topogràfica de les cavitats de la zona, després de les novetats que es produïren en el camp exploratori, i que s'apuntaven en el noticiari d'aquesta publicació.

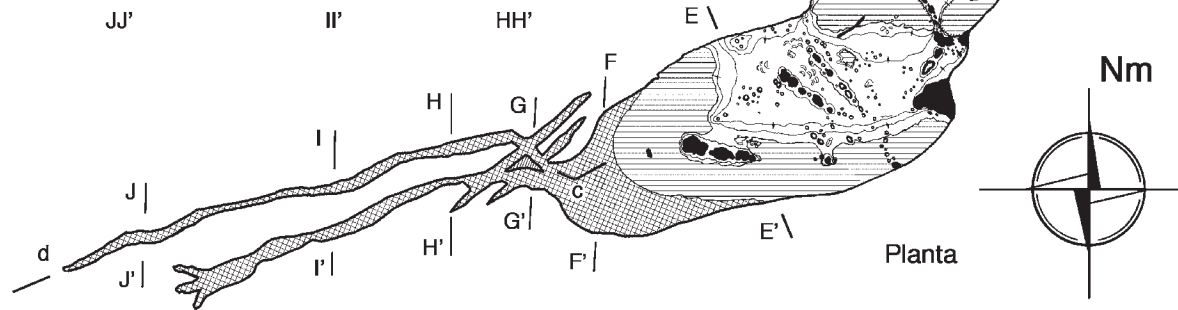
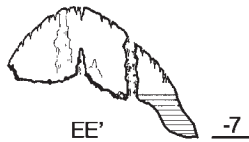
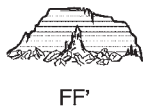
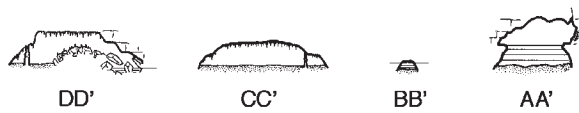
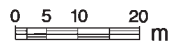
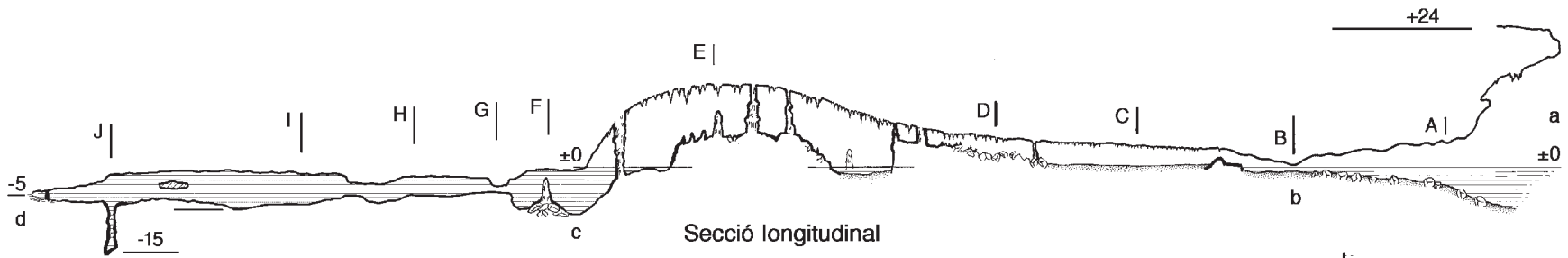
**1990-1996** - A la dècada dels 90 la cavitat fou explorada per grups de bussos de coves britànics, sense aconseguir trobar continuacions. Aquestes informacions van fer que el Grup Nord de Mallorca no s'interessés per la cavitat des del punt de vista exploratori, per no tractar-se d'una cavitat verge, subaquàticament parlant.

**1999** - Aquest any es realitzà una visita a la cavitat amb material d'immersió per part de Bernat Clamor i Francesc Gràcia (GNM) amb tancs de petita capacitat (2 x 5 l). La sorpresa fou majúscula en trobar, després d'uns



Figura 1: Fotografia aèria de Cala Falcó i Cala Varques amb la superposició de la planta de les cavitats.

Figure 1: Aerial photograph of Cala Falcó and Cala Varques area with the plan survey of the caves superposed.



**COVA DES COLOMS 1**  
**Manacor**

**Topografia aèria**

*M. Trias J. Castelló*

**G.E.M. 12·IX·1990**

**Topografia subaquàtica**

*F. Gràcia P. Gamundí B. Clamor*

*M. Febrer*

**G.N.M. 21·VIII·2010**



metres de volum important sota les aigües del darrer llac, dues galeries paral·leles que prossegueixen més enllà.

**2010** - Es reactiven les tasques topogràfiques encara inacabades i es procedeix a documentar fotogràficament la cavitat per a la seva publicació.

## DESCRIPCIÓ DE LA CAVITAT

La cavitat s'obre als penya-segats meridionals de cala Falcó, essent el seu accés per la mar (Figs. 1 i 2). La boca és un gran arc ben visible des de lluny i que es troba al costat d'una cova d'abradió marina anomenada cova des Barrufau, localitzada uns metres més enllà en direcció de cap a la mar gran. La cova està constituïda per una sola galeria de 180 m de llargària que prossegueix i es bifurca de forma subaquàtica al final, fins als 274 m lineals. L'amplària és molt variable, entre els 3 i els 30 m a les zones aèries, i al voltant de 17 m a l'inici de la part subaquàtica i entre 0,5 i 4 m a les galeries sotaiguades. El recorregut total projectat és de 575 m, dels quals 214 m són de galeries subaquàtiques i 361 m corresponen a zones aèries. Per conveniència descriptiva la podem considerar dividida en quatre parts.

La primera és el porxo d'entrada, voluminós àmbit totalment envaït per la mar, amb el paladar a 20 m d'alçària que davalla a mesura que les parets s'atraquen, de la mateixa manera que ho fan les parets. Té forma vagament triangular i amb uns 50 m tant d'amplària com de llargària. Aquesta zona d'influència marina està estructurada damunt d'una diàclasi E-W, ben visible en alguns llocs (TRIAS, 1992). Un pas molt baix marca el límit d'aquesta primera part, que no arriba a sifonar; entre la superfície de la mar i el paladar queda un espai d'aproximadament 20 cm, però d'unes dimensions tan reduïdes fan que no sigui gens aconsellable d'intentar-hi entrar amb la mar moguda.

Més enllà del pas s'obre una petita saleta aquàtica, continuació de la mateixa galeria, mitjançant la qual s'accedeix a la segona part de la cova. A la vorera de l'aigua se surt per damunt d'una colada estalagmítica pavimentària afectada per l'erosió de les ones i que en



Figura 2: Penya-segats meridionals de cala Falcó, a on destaca la gran entrada marina de la cova des Coloms (Foto M. L. Redondo).

Figure 2: Southern cliffs of Cala Falcó, where it is clearly visible the big sea entrance to Cova des Coloms (Photo M. L. Redondo).

moltes ocasions es troba recoberta per fulles de *Posidonia oceanica*. D'aquí connecta amb una ampla galeria horitzontal amb el pis cobert d'arena arrossegada per la mar. Seguint una direcció NE-SW, aquesta galeria té una llargària de 60 m i una amplada de 20 m. El seu límit ve marcat per una important acumulació de blocs, producte d'un esfondrament, a on l'amplària queda reduïda a un terç. A l'inici de l'estança, en direcció N, uns massissos estalagmítics creen una falsa galeria. El sostre d'aquesta part, està decorat per abundants espeleotemes i el terra, a més a més de l'arena, presenta localment, i a prop de les parets, estalagmites i algunes petites columnes.

Per accedir a la zona més interior aèria, podem passar pel centre de la galeria, entre els enderrocs, per voltar després a la dreta, o per l'esquerra travessant un petit llac; per l'eix de la galeria no s'hi pot passar ja que hi ha una doble barrera estalagmítica disposada transversalment. Aquesta tercera part és una continuació de la galeria descrita en segon lloc, emperò és molt diferent des del punt de vista morfològic: aquí el predomini del concrecionament és absolut, tot el que no està cobert per l'aigua dels llacs, ho està per espeleotemes que presenten tot tipus de formes. Els més destacats són les columnes, alineades seguint diàclasis de direcció NW-SE i E-W i que constitueixen massissos estalagmítics que subdivideixen la sala. La conjunció de la bellesa ornamental calcària amb els extensos llacs li atorga un gran atractiu. A més d'ésser la més decorada, aquesta tercera part, és també la que ofereix més volum, la seva llargària és de 70 m, l'amplària de 30 m i l'alçària arriba als 14 m. Fins aquí, en conjunt la llargària total de l'eix de la cova aèria és de 180 m, mentre que la poligonal projectada assoleix els 361 m (segons dades de GRÀCIA *et al.*, 2009).

Des del llac terminal de la zona aèria ja s'intueix la continuació subaquàtica de la cova, la quarta zona de la cavitat (Fig. 3). Des d'aquesta part, només els primers 15 m són voluminosos, ja que pocs metres després, la galeria es redueix de forma dràstica i prossegueix en forma de galeries més estretes. Aquesta primera zona espaiosa presenta el pis ocupat per blocs caiguts i per sediment carbonatat de color clar, excepte les parets on els espeleotemes i algunes morfologies de corrosió són abundants (Fig. 4). El sostre, molt pla al centre, només està situat a la cota -0,2 m i el pis a -6,5 m. Destaca una gran estalagmita situada damunt blocs caiguts, que serveix d'inici d'ancoratge del fil-guia. Dues galeries parteixen des d'aquest indret, amb una direcció predominant de 255°. La galeria de més al nord, de 79 m lineals, juntament amb el recorregut previ, totalitza 94 m des de l'inici de la immersió. La galeria parteix en forma de forat circular a l'inici, i poc després agafa la forma definitiva de galeria vertical (que corresponen a una galeria freàtica de control estructural tectònic). De seguida connecta amb dues galeries esbiaixades que de cap al NE es tanquen aviat i de cap al SW connecten amb la galeria Sud. Les cotes de fondària del sostre solen estar compreses entre els -1 m i -3,3 m, i el pis entre -4,3 m i -7 m. A una desena de metres abans del final de la galeria, es pot accedir, per un angost forat al terra flanquejat per colades parietals, fins als -15 m, que constitueix, en diferència, el lloc més baix de tota la cavitat. Les amplàries

estan compreses entre poc menys d'un metre i uns 3 m en llocs molt determinats, encara que la major part del temps, els valors oscil·len entre 1 m i 2 m.

Les galeries subaquàtiques semblen galeries poc modificades evolutivament, on les morfologies de corrosió són abundants. A nivell de macroformes ho són les pròpies galeries freàtiques de control estructural tectònic (Fig. 5); a llocs concrets veiem verticalment la galeria subdividida en dos nivells. A nivell de mesoformes, les morfologies més representatives són els envans, separadors de galeries i els ponts de roca, les facetes, a ambdós costats de la galeria, essent molt característiques en alguns trams i van associades a les regates de corrosió. A escala de microformes hi trobam conductes seminals o iniciadors, en algunes parts de les galeries i especialment a la zona subaquàtica més espaiosa de l'inici. Els espeleotemes són abundants per redols i en cas de trobar-se, són de color fosc, ja que sembla que han sofert qualche tipus de procés geoquímic que, de la mateixa manera que a d'altres cavitats, han acabat alterant les formacions (Fig. 6).

La galeria sud, menys espectacular que la galeria nord, prossegueix uns 62 m que representen 77 m linealment. Les cotes de fondària estan compreses entre els -2,1 m i -7,1 m al sostre, i entre -6,7 m i -8,1 m al terra. L'amplària generalment oscil·la entre 1 i 3 m.

El recorregut total projectat és de 575 m, dels quals 214 m són de galeries subaquàtiques i 361 m corresponen a zones aèries.

## ASPECTES TÈCNICS

La part més problemàtica de la cavitat, a nivell de perillositat, és la primera zona ocupada directament per la mar. La forma d'embut de la zona marina la fa especialment perillosa a la zona més estreta, on feim peu, i on l'onatge incideix amb gran força. Amb la mar remoguda, el petit pas amb aire queda sifonat, amb forts corrents de succió, a més a més del possible impacte del cap contra el baix sostre que només deixa uns pocs centímetres d'aire per damunt del cap.

Nosaltres mateixos hem hagut de renunciar a entrar-hi en diverses ocasions pel mal temps. També en una de les visites a la cova vam haver d'ajudar a un grup de francesos atemorits, la majoria adolescents i nins, que no gosaven sortir en haver-hi empitjorat les condicions de la mar.

La zona subaquàtica terminal, per mor de les reduïdes dimensions d'amplària de les galeries, s'ha de transitar amb arnesos sense armilles hidrostàtiques. Els tancs emprats aconsellats són els de 5 l o 6 l, perquè



Figura 3: Preparatiu d'immersió al llac interior de la cova des Coloms de Cala Falcó (Foto P. Plomer).

Figure 3: Preparations of a diving in the inner pool of Cova des Coloms de Cala Falcó (Photo P. Plomer).

és suficient l'aire que contenen per poder recórrer les galeries i endemés resulten relativament fàcils de transportar des de l'exterior fins al llac final. Tanmateix no es tracta d'una immersió recomanable per a espeleòlegs escafandristes poc avesats a cavitats estretes i amb passos delicats. La visibilitat és dolenta de tornada, pel sediment carbonatat de color clar en suspensió, fet que, juntament amb les estretors de les galeries i passos angosts, fa recomanable que només entri un escafandrista en solitari que compti amb una dilatada experiència de busseig en aquestes condicions.

## ESPELEOGÈNESI

És un bon exponent de les denominades per MONTORIOL-POUS (1971) captures càrstico-marines. Com passa molt sovint al carst litoral, aquí ens trobam davant d'una *cova d'entrada marina* no d'una *cova marina*; és a dir que aquesta és una cova excavada a la zona de mescla d'aigües continentals i salades, la qual ha estat després capturada per la mar que n'ha modificat l'aspecte originari.

La boca de la cavitat, totalment d'influència marina, està estructurada damunt d'una diàclasi E-W uns 50 m, per després, a la segona i tercera zona, seguir 130 m en direcció NE-SW (TRIAS, 1992). La darrera part de la cova, totalment subaquàtica, de direcció intermèdia



Figura 4: Columnes i estalactites sota les aigües del llac més interior de la cova des Coloms de Cala Falcó (Foto A. Cirer).

Figure 4: Drowned columns and stalactites in the inner pool of Cova des Coloms de Cala Falcó (Photo A. Cirer).



Figura 5: Galeria freàtica de control estructural tectònic a la cova des Coloms de Cala Falcó. Al terç inferior de la imatge es poden apreciar facetes a ambdós costats de la galeria associades als canals subverticals de dissolució (Foto A. Cirer).

Figure 5: Joint-guided phreatic passage in Cova des Coloms de Cala Falcó. In the lower part of the picture, solutional bevels (facettes) are visible at both sides of the passage associated to subvertical dissolution channels (Photo A. Cirer).

entre les dues anteriors (255°), afegeix linealment 94 m més i totalitza així els 274 m de penetració lineal.

A diferents indrets de les parets de la zona d'influència marina directa, s'observen llims vermells consolidats, sediments que han estat posteriorment buidats per l'acció de la mar i són les restes d'una antiga fase de reblit.

Les galeries terminals es desenvolupen sobre litologies d'edat miocena que corresponen a ambients sedimentaris de lagoon, amb poca porositat i amb una permeabilitat associada especialment a la fracturació. La litologia correspon a materials calcarenítics i calcisiltítics.

La cavitat presenta la característica associació clàstic-litoquímica de la majoria de les formes hipogees d'aquest carst. Els blocs resultants del primer dels dos processos estan distribuïts molt irregularment; en alguns llocs manquen completament, a d'altres són ben visibles i finalment en trobam de recoberts per colades estalagmítiques. També és molt irregular la distribució de les formes litoquímiques: manquen quasi completament en el porxo d'entrada, cosa no gens estranya degut a l'acció directa de la mar damunt les que hi hagués pogut haver antigament; estan reduïdes a fines estalactites i a unes poques columnes

de bon gruix a la zona central i són molt abundants a la part més interior. Els espeleotemes de la tercera zona són de grans mides i importància, constituint el caràcter de l'estança, a més a més de la presència dels llacs. Les formacions litoquímiques de les galeries subaquàtiques, o quarta zona de la cova, són molt abundants en alguns trams i falten completament en altres.

La cavitat, excavada a la zona de mescla litoral, ha estat després envaïda per la mar que n'ha modificat l'aspecte de diferents maneres: destruint les parts directament obertes a ella, arrossegant-hi gran quantitat d'arena i negant les zones més enclotades, formant els llacs. Molt abans d'aquesta invasió marina, la cova formava part d'un sistema de conductes excavats en regim freàtic, dels quals encara resten com a evidència les galeries subaquàtiques terminals, que són galeries freàtiques de control estructural tectònic. Segons GINÉS (2000), la gènesi d'aquestes galeries i de la resta de buits freàtics primigenis s'ha de situar al Pliocè (fins i tot finals del Miocè) o Pleistocè inferior (6000-1500 ka BP.). Aquestes cavitats inicials van experimentar al llarg del Pleistocè inferior i mig (1500-135 ka BP.) una important transformació en condicions vadoses (despreniments rocosos, deposició d'espeleotemes aeris), de caràcter polifàsic per mor de les interferències que les oscil·lacions del nivell de la mar exerceixen en l'evolució del carst costaner. En aquest sentit, les fluctuacions positives de la Mediterrània inhibirien el creixement d'espeleotemes aeris, mentre que les davallades del nivell de la mar potenciarien el desenvolupament d'ajustaments mecànics

de les voltes, i permetrien alhora la deposició de tot tipus de formacions estalactíiques i estalagmíiques convencionals (GINÉS & GINÉS, 1992; GINÉS, 2000). Així s'arriba al Pleistocè superior amb la cova configurada en la seva aparença actual, excepció feta de certs retocs morfològics posteriors. L'existència d'una franja d'espeleotemes freàtics, disposada a una cota de +2 m a la sala intermèdia de la gruta, registra un episodi transgressiu ocorregut forçosament amb anterioritat a la captura marina de la cova. Per justificar aquesta afirmació GINÉS (2000) afirma que la precipitació dels espeleotemes freàtics no es podria produir en un ambient geoquímic i dinàmic com l'actual vigent a la sala, a causa de l'actual connexió directa amb la mar. L'edat atribuïble a aquesta alineació d'espeleotemes freàtics es correspon amb l'estadi isotòpic cinquè (MIS 5), és a dir, el darrer interglacial, en base a abundants paleonivells freàtics datats a altituds similars a les localitats properes a la que ens ocupa; en concret, la veïna cova de Cala Falcó, posseeix una franja de nivell localitzada a +1,9 m d'altitud, i datada en 83,9 ka B.P., que correspon amb tota seguretat al subestadi 5a. La cronologia proposada per a aquests espeleotemes freàtics ens marca un límit temporal a la captura de la cavitat càrstica preexistent per l'erosió marina: s'ha d'haver produït l'esdeveniment al llarg d'un període transgressiu, necessàriament més modern que l'estadi isotòpic 5 o, el que és el mateix, la captura ha d'ésser postglacial (5-10 ka BP.). A l'actualitat cal recalcar la formació d'espeleotemes freàtics en el present marge de fluctuació dels llacs més interiors, en



Figura 6: Zona recoberta d'espeleotemes que dificulta la progressió per la galeria Nord de la cova des Coloms de Cala Falcó (Foto A. Cirer).

Figure 6: An area with abundant speleothems which make difficult the exploration in the northern gallery of Cova des Coloms de Cala Falcó (Photo A. Cirer).

els quals els paràmetres hidrodinàmics i geoquímics encara són favorables al desenvolupament d'aquests processos. Per contra, a la sala intermèdia les condicions ja no són les propícies per a la deposició d'aquests dipòsits cristal·lins subaquàtics, sinó que té lloc la penetració d'arenas marines als instants d'onatge acusat; aquests darrers esdeveniments tenen una cronologia clarament subactual (GINÉS, 2000).

### ESTAT DE CONSERVACIÓ

Al treball de TRIAS (1992) ja es fa referència al fet que és molt coneguda per gent no gens relacionada amb el món de l'espeleologia i que fins i tot es realitzen visites turístiques més o menys organitzades. Afirmava: *"Són abundants les espelmes deixades pels visitants, que com s'ha dit són molt nombrosos, cosa gens estranya ja que es tracta d'una caverna de gran bellesa per les seves formacions i llacs i d'accés molt còmode. Això és una bona mostra del desconeixement per part de l'espeleologia organitzada de les coves d'accés marí, fins i tot de les molt conegudes en medis mariners i escafandristes, i del nul interès per part d'aquests en divulgar l'existència de les cavitats que troben"*.

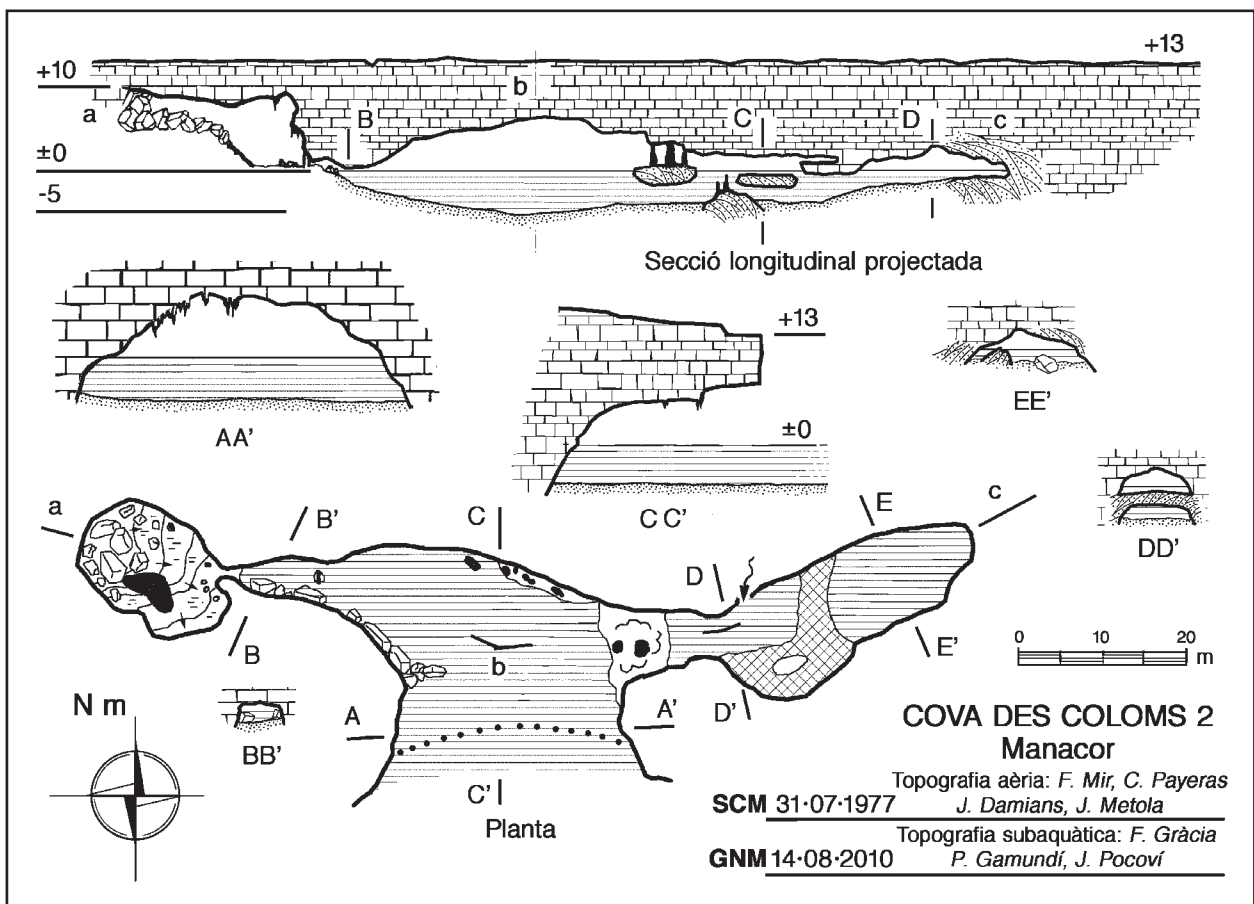
Al llarg de les visites efectuades per explorar i documentar les extensions subaquàtiques aquests darrers anys hem pogut comprovar la intensa freqüentació de la cavitat, que s'ha incrementat considerablement. Ben igual que la cova de ses Llàgrimes del terme d'Alcúdia,

també captura càrstico-marina i agraciada amb abundants concrecions litoquímiques, ambdues s'han convertit en cavitats "pseudoturístiques", a on es fan constants visites organitzades i guiades pels centres de busseig, entre d'altres empreses d'aventura, a més a més de nombroses visites de gent que hi va pel seu compte. En algunes ocasions hem comptabilitzat fins a cinc embarcacions carregades de visitants endemés de la gent que accedeix des de cala Falcó o que davalla amb cordes per la boca d'accés directament fins a la mar. Les cavitats han aparegut com a oferta de sortides als catàlegs comercials. Afortunadament la cavitat no sembla trobar-se espanyada per causes antròpiques, ja que els espeleotemes no es troben fragmentats o danyats. L'antic costum de col·locar espelmes sembla que s'ha anat esvaint, ja que no se'n veuen tantes com a la dècada dels anys 90, fins i tot sabem que hi ha hagut campanyes de neteja de la cera acumulada a la cavitat.

## Cova des Coloms de Cala Varques o cova des Coloms 2

### HISTÒRIA DE LES EXPLORACIONS

1977 - F. Mir, C. Payeras, J. Damians i J. Metola efectuaren la topografia de la zona aèria de la cavitat (TRIAS & MIR, 1977) .



**1999** - La cova fou visitada amb material d'immersió per part de Francesc Gràcia (GNM) amb tancs de petita capacitat (2 x 5 l). S'hi va apreciar a la part més meridional de la cavitat una possible continuació que fou explorada fins a una sala que es tanca completament.

**2010** - Es realitza la topografia de la zona explorada per part dels membres del GNM: P. Gamundí, J. Pocoví i F. Gràcia i es procedeix a documentar la cavitat per a la seva publicació.

## DESCRIPCIÓ DE LA CAVITAT

S'obre als penya-segats septentrionals que formen l'entrada a Cala Varques (Figs. 1 i 7), en forma de grans pòrtic de 35 m d'amplària per 10 m d'alçària, que dona accés a una gran sala il·luminada i totalment inundada de 26 m d'amplària per 30 m de llargària per uns 6 m d'alçària mitjana (sense contar els 2,5 m - 3 m d'aigua), presentant el fons, abundants blocs producte dels esfondraments. A la part E s'obre una petita galeria, de 45 m lineals totals, inundada també en part, que presenta a l'inici formes reconstructives: colades i massissos estalagmítics de remarcable potència així com algunes columnes, totes elles prou afectades per l'abrasió marina (Fig. 8). En contacte subaquàtic directe amb la mar, per davall d'aquest pis d'espeleotemes, prossegueix la galeria sota l'aigua, a 3,9 m de fondària i continua per



Figura 7: Entrada marina de la cova des Coloms de Cala Varques. Les dues coves des Coloms són captures càrstico-marines on són ben evidents les interaccions entre el modelat càrstic i el modelat litoral (Foto M. Luque).

*Figure 7: Sea entrance to Cova des Coloms de Cala Varques. The two caves in the area known as Cova des Coloms correspond to a mixed genesis, being quite clear the interactions between karstic and marine erosion processes (Photo M. Luque).*

davall d'una placa producte de l'abrasió marina, uns 15 m. La zona per damunt de la placa és aèria amb aigua fins els 0,8 m de fondària mitjana. Posteriorment es troba una part sifonada de 5 m de longitud que s'obre després



Figura 8: Galeria oriental de la cova des Coloms de Cala Varques on la cavitat prossegueix sota les aigües. S'observen llims vermells endurits adossats a les parets i formacions que han sofert un intens procés d'erosió (Foto P. Plomer).

*Figure 8: Eastern passage of Cova des Coloms de Cala Varques, where the cave presents underwater extensions. Red cemented clays are visible on the walls as well as speleothems that have suffered intensive erosional processes (Photo P. Plomer).*

a una cambra interna aquàtica de 20 m de longitud, 11 m d'amplària màxima, 2,5 m d'alçària en el punt més elevat i 1,5 m de profunditat que disminueix fins als -0,6 m.

A la zona W del pòrtic d'entrada, trobam una galeria també ocupada per la mar, de 16 m de llargària, sostre baix, que dóna accés, per un estret i concrecionat pas, a la part seca de la cova, composta per una única sala de 18 m, de pis ascendent en fort rost constituït per grans blocs despresos del sostre i en gran part coberts i cimentats per colades i en part per sediments argilosos. Aquesta zona correspondria amb la continuació cap a la cova des Genet, ja que només estan separades 10 m i ambdues cavitats coincideixen en aquesta separació amb un esfondrament que impedeix la connexió. En aquesta sala són abundants les formes reconstructives destacant els massissos estalagmítics i certes estalactites i columnes (TRIAS & MIR, 1977). El recorregut total de la cavitat és de 163 m i la direcció predominant W-E.

## ESPELEOGÈNESI

Actualment la primitiva estructura està molt amagada per l'important procés clàstic que ha anat engrandint el volum de la cova i també pels retocs que ha fet contínuament l'acció de la mar. Les morfologies actuals són degudes als processos d'esfondrament, que són especialment importants a la sala d'entrada i a la sala més occidental. El paladar de la cova, a la part superior d'aquesta darrera sala (+ 10 m) està a uns 8 m de la superfície del terreny. Tanmateix, els menys de 10 m que separen aquesta sala d'esfondrament de la veïna cova des Genet, també amb el mateix esfondrament visible, però des de l'altre costat, les relacionen genèticament.

A diferents llocs, especialment al costat més orientat de la cova, s'observen llims vermells consolidats, sediments que han estat posteriorment buidats per l'acció de la mar i són les restes d'una antiga fase de reblit. La galeria oriental és un bon exemple dels processos de sedimentació d'arenas eòliques en moments de pulsacions climàtiques fredes que van arribar a tancar i reblir una bona part de la galeria, per després recobrir-se per colades estalagmítics i columnes. Posteriorment, en produir-se una transgressió marina, s'ha produït el buidatge de part de les eolianites, fins al punt de formar alguns falsos pisos formats per devers 1 m de potència d'aquest material, com es pot observar a la topografia de la cavitat. Sembla que la pròpia continuació de la cova està amagada darrere les eolianites. Tanmateix és notòria la capacitat erosiva de la mar enfront d'aquest dipòsits litorals, fins al punt d'haver buidat una bona part d'ells que recobrien per complet els buits i tornar a aparèixer almenys part de la galeria.

El que aquesta cavitat funciona com a una surgència ja es feia públic a les observacions efectuades per ASTIER (1972) qui va mesurar la conductivitat de l'aigua que hi brolla, tractant-se d'una aigua bastant dolça, però de cabdal molt petit i d'una conductivitat aproximada de 4500 microhoms per cm. Les exploracions subaquàtiques han localitzat, a la galeria oriental, a uns 17 m de l'inici, un petit forat per a on es produeix l'aport hídric que s'assenyala a la topografia.

## ESTAT DE CONSERVACIÓ

A l'entrada de la cavitat, el sostre s'empra per part de multitud de practicants del *psicobloc*, activitat nascuda a Cala Varques, per realitzar escalades sense corda i en cas de caiguda impactar contra l'aigua de la mar. També, els 13 m d'alçària del penya-segat s'utilitzen per saltar a la mar, des d'un costat de la cova i fins i tot des de dalt.

## Cova des Genet

### HISTÒRIA DE LES EXPLORACIONS

**1968** – És dóna la reproducció per part de l'eclisiàtic C. Veny del llistat de coves d'en J. Aguiló, a on inclou la cavitat, de la qual diu que és de "*boca petita i dedins, com una església*" (VENY, 1968). Els diferents catàlegs espeleològics publicats no inclouen la cova, encara que alguns informants, bons coneixedors de la contrada, parlaven d'una cavitat a l'altra banda de Cala Varques.

**2008** - F. Bonnín, retrobà l'entrada de la cova i ho comunicà a J. Bermejo que comprovà astorat que no hi havia cap cavitat catalogada a la zona on se va realitzar la troballa, malgrat ésser una zona molt freqüentada per espeleòlegs, turistes i excursionistes. El 7 de setembre en J. Bermejo, A. Villar, J.A. Encinas i M.L. Redondo es dirigiren a explorar la cavitat. Fou realitzada la topografia de la cavitat el 5 d'octubre per part de J. A. Encinas, G. Herráez, J. Bermejo i J. A. Pérez.

**2010** - M. Trias i Pere Bover realitzen la revisió de la posició relativa d'aquesta cova i de la veïna cova des Coloms de Cala Varques, així com de les cotes d'alçada d'ambdues cavitats. Es veu que la distància que les separa és de menys de 10 m.

### DESCRIPCIÓ DE LA CAVITAT

La petita entrada a la cavitat es troba al nord de Cala Varques (Figs 1 i 9), seguint un caminó poc trespicat, que adreça per l'interior en direcció a Cala Falcó i que facilita la comunicació entre ambdues cales travessant la garriga de la marina manacorina. Abans d'arribar s'ha de deixar enrere una paret, i a l'alçària de 20,66 m per damunt del nivell de la mar, just a la vora del camí s'obre la cavitat. La boca d'entrada es troba a prop d'un ullastre que es pot fer servir per instal·lar el material de progressió vertical, a més a més d'un pont de roca a la mateixa entrada que és molt útil per realitzar un fraccionament. L'entrada, de dimensions 0,5 m per 0,7 m, dóna accés a un desnivell aeri, de 6 m, dels quals la darrera meitat són sobreplomats i s'han de superar amb material d'espeleologia vertical, bé mitjançant un electron o bé mitjançant tècnica de sols corda. La vertical porta a un típic con d'enderrocs, el qual, a més a més de pedres, inclou també ampolles de begudes de vidre antigues, llaunes rovellades i ossos d'animals domèstics entre els quals destaquen els cans i els porcs.

L'angost accés condueix a un vestíbul de forma gairebé circular on ja són visibles les primeres concrecions, entre les quals destaca una petita columna a poc més de 1,5 m del terra, pròxima al lloc a on la cavitat prossegueix mitjançant una galeria en descens amb el terra llenegadís segons l'època de l'any (com. pers. Bermejo). La cova flanqueja un rost de SW a NE, d'una vintena de metres i podem observar al costat SW una gran quantitat de formacions litoquímiques i nombroses pedres que provenen de l'esfondrament. A la banda més de cap al NE l'accés és molt més fàcil malgrat les nombroses pedres que recobreixen el terra. Les arrels són molt abundants en aquest indret i pertot arreu de la cova, localment al sostre i també al terra, algunes de les arrels són gruixudes i altres formen una atapeïda xarxa vegetal. Hi trobam escampades estalagmites que han aprofitat les arrels per créixer. Segons seguim avançant, trobam una saleta al costat NE, un poc abans d'arribar a la gran sala de la cavitat.

L'espaiosa sala (Fig. 10) està bellament decorada per abundants i delicats espeleotemes al sostre, especialment estalactites fistuloses, i també voluminoses i potents columnes repartides pertot arreu de l'àmbit. La sala es desenvolupa en direcció SE, amb unes dimensions d'uns 50 m de longitud, 32 m d'amplària màxima i uns 12 m de desnivell total respecte de l'entrada. L'alçària del sostre està compresa, en general, entre els 2 m i els 5 m. Aquesta zona de la cavitat es troba plena de columnes de diàmetres considerables, que és el que més destaca del fenomen endocàrstic. Les columnes semblen haver estat xapades per processos de reajustament del terra i reomplertes per precipitats posteriors.

A la sala són abundants també els gours al terra, de



Figura 9: Petita entrada de la cova des Genet, que dona accés a un desnivell aeri, de 6 m (Foto M.A. Amezcua).

Figure 9: The small entrance to Cova des Genet gives access to a vertical pit six meters deep (Photo M.A. Amezcua).

mides variables, i localment freqüents, encara que no semblen molt actius. El sostre està recobert de moltes estalactites fistuloses, en especial a la part més terminal, al costat SE, que poden arribar a assolir el metre de longitud. Gairebé a la meitat de la cavitat, al costat NE, al lloc de més profunditat, trobam una zona amb el pis de sediments fins, els quals han estat localment sobreexcavats per un corrent d'aigua, de forma que ha rebaixat devers 1,20 m el pis per on s'infiltra l'aigua que ha recorregut la cova en moments de fortes precipitacions. Una marca de l'antic nivell del pis es veu a la paret i és testimoni del procés de buidatge. Dues petites estances es troben al final de la sala principal sense continuïtat.

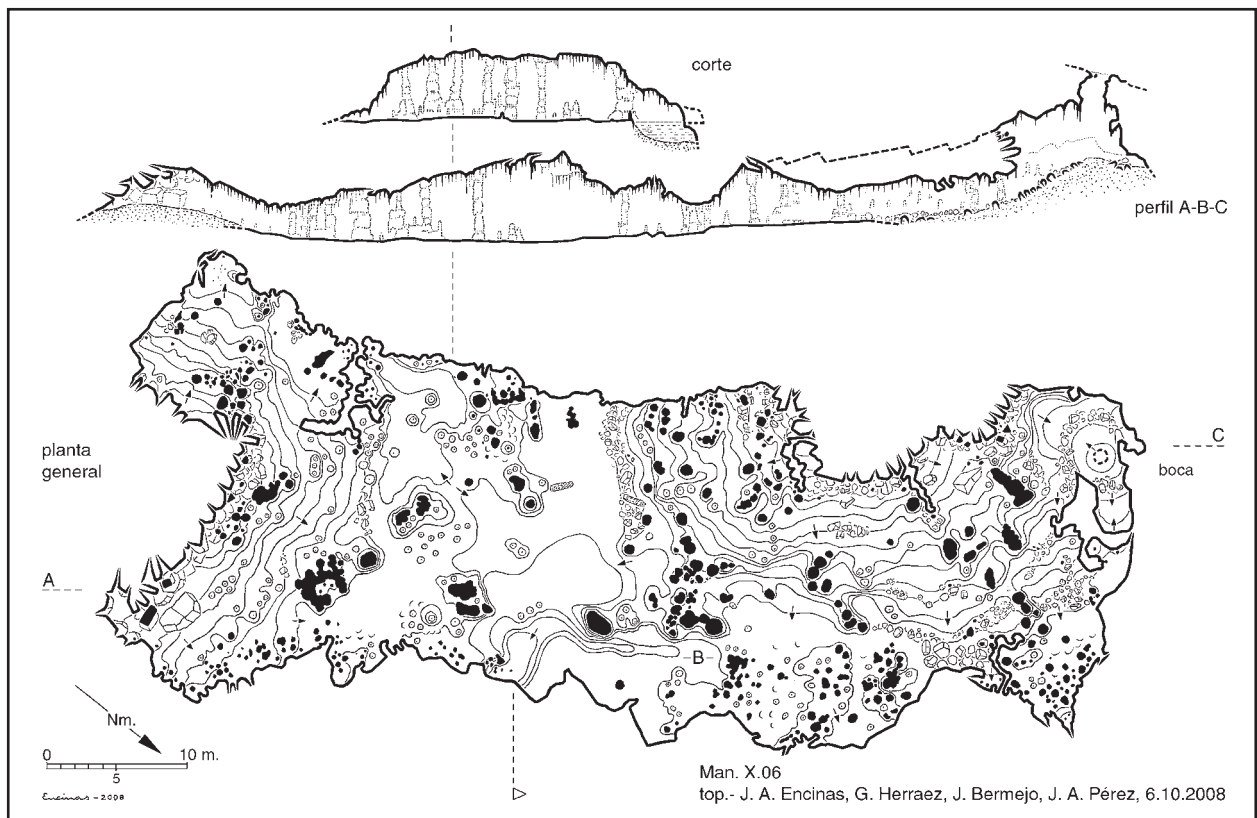






Figura 10: Espaiosa sala, bellament decorada per abundants i delicats espeleotemes de la cova des Genet. Al fons es veu un esfondrament situat al NW de la cavitat (Foto M.A. Amezcua).

Figure 10: Wide chamber in Cova des Genet, nicely decorated with abundant and delicate speleothems. At the rear of the picture it is visible a breakdown in the NW part of the cave (Photo M.A. Amezcua).



Figura 11: Les arrels dels vegetals i les estalagmites generades per arrels són molt abundants a diferents indrets de la cova des Genet (Foto M.A. Amezcua).

Figure 11: The roots of vegetation and the vegetal stalagmites are very abundant in different spots of Cova des Genet (Photo M.A. Amezcua).

La pràctica totalitat del costat SE és un altre esfondrament, també d'una vintena de metres que barra el pas.

En conjunt podem considerar la cavitat com a una única sala de 74 m de longitud i 32 m d'amplària màxima, amb zones de pendent irregular pels blocs i pedres als rostos i també amb una profusió de formacions secundàries. El recorregut projectat de la cova és de 186 m.

## ESPELEOGÈNESI

La cova des Genet està en un avançat estadi evolutiu, molt allunyada de les fases primigènies i cotes inicials dels buits originaris que es formaren en condicions freàtiques. El sostre a prop de l'entrada es veu afectat per abundants morfologies de corrosió tipus tupins que semblen ascendir fins connectar amb l'exterior. Dos grans esfondraments més recents afecten la cavitat als costats NW i SE (Fig. 13), que es poden apreciar bé a la planta de la topografia. La cavitat es troba estretament relacionada amb la cova des Coloms de Cala Varques o cova des Coloms 2, ja que es localitza a les proximitats, i es veu una gènesi i relació evident. Sembla que es troben incomunicades com a resultat dels processos d'esfondrament que s'aprecien a ambdues coves, especialment als costats més pròxims entre sí de les cavitats. A la figura a on es representen les plantes de les topografies superposades damunt la fotografia aèria, es pot veure la posició relativa de les cavitats (Fig. 1). Les tasques de comprovació de les cotes i de les entrades de les cavitats ens ha donat una separació de menys de 10 m (Fig. 12). La potència del sostre a la part terminal de la cova, per damunt del cim de l'esfondrament és de devers 5 m. Es pot observar en superfície el lloc que correspon a la zona esfondrada entre ambdues cavitats, així com també a la fotografia aèria.

## ESTAT DE CONSERVACIÓ

La saleta d'entrada a la vertical sota la boca es trobava, per sorpresa nostra, farcida d'excrements humans recents i paper higiènic. No ens explicàvem com espeleòlegs o covers respectuosos podien dedicar-se a aquestes feines sense poder esperar a sortir fóra de la cavitat. El misteri es va resoldre mentre entràvem, ja que els autors de les deposicions varen comparèixer amb la intenció de seguir incrementant la seva contribució al món subterrani. Va resultar que la seva intenció era de no embrutar l'exterior, per la qual cosa pujaven des de Cala Varques fins a l'entrada del forat per, després de fer

les feines pertinents, tirar el resultat de les deposicions dins el forat i que no afectàs així a la garriga. Van quedar astorats de veure gent que entràs dins un forat tan reduït i vertical. Els hi vam explicar que era una cova interessant i bella i ens demanaren disculpes de forma reiterada.

Llevat d'aquesta anècdota, que hem reproduït per trobar que és ben indicadora de l'estat de pressió antròpica i massificació a que es veu sotmesa una de les cales verges del litoral manacorí, podem dir que la cavitat està ben conservada i poc alterada. Les abundants estalactites fragmentades que cobreixen bona part del pis d'algunes zones de la cova semblen haver

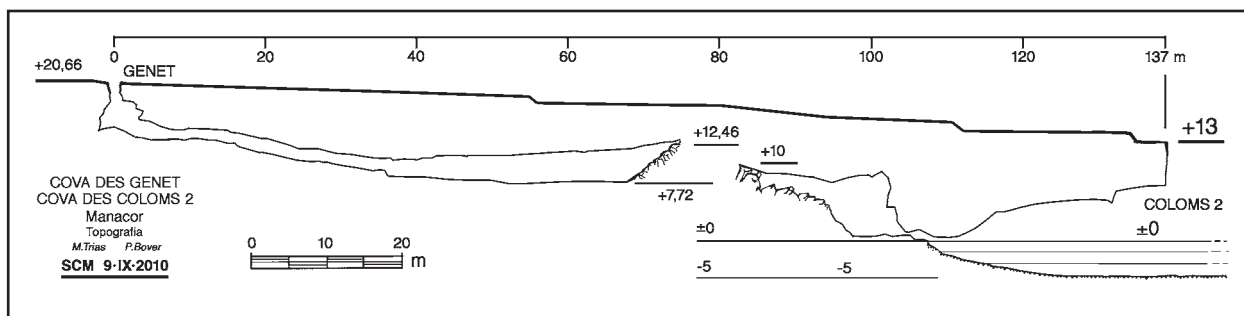


Figura 12: Les tasques de comprovació de les cotes i de la distància entre les entrades de la cova des Genet i de la cova des Coloms de Cala Varques ens ha donat una separació de menys de 10 m entre les sales d'ambdues cavitats.

Figure 12: The survey tasks performed in order to check the position of the entrances to Cova des Genet and Cova des Coloms de Cala Varques have show that the passages of both caves are separated a distance less than 10 m.



Figura 13: Esfondrament recobert parcialment de colades estalagmítics localitzat al SE de la cova des Genet i que separa aquesta cavitat de la cova des Coloms de Cala Varques per uns 10 m de distància (Foto M.A. Amezcua).

Figure 13: Breakdown pile partially covered by flowstone located at the SE part of Cova des Genet. This collapse represents the separation from Cova des Coloms de Cala Varques, situated only 10 m away (Photo M.A. Amezcua).

estat trencades o bé per causes naturals o bé aquests trencaments s'han produït per l'home en temps pretèrits, ja que les estalactites zenitals estan en bon estat i han crescut al llarg dels darrers segles sobre les formacions trencades.

## Conclusions

El coneixement de les coves litorals d'aquesta zona geogràfica s'ha vist enriquit amb les aportacions subaquàtiques efectuades a la cova des Coloms de Cala Falcó, a la cova des Coloms de Cala Varques i amb la incorporació d'una nova cavitat, la cova des Genet.

Les descobertes subaquàtiques efectuades a la cova des Coloms de Cala Falcó consisteixen en dues galeries freàtiques de control estructural tectònic, poc modificades evolutivament per no estar afectades per processos d'esfondrament.

La cova des Coloms de Cala Varques és un bon exemple de les interaccions entre la mar i el carst, en trobar a les zones descobertes abundants dipòsits d'eolianites parcialment erosionats i que obstrueixen possibles continuacions. És destacable el paper de la cova com a surgència. L'aigua prové de la galeria més oriental, a on s'ha localitzat el lloc d'on brolla l'aigua.

La cova des Genet suposa una interessant nova incorporació a les cavitats de la zona. Les principals característiques definitòries que presenta són la riquesa en espeleotemes i l'avançat estadi evolutiu de la cavitat, fet habitual a les coves situades a la zona vadosa del carst del llevant mallorquí.

Les vuit cavitats litorals que trobam a la proximitat de la línia de costa, entre Cala Varques i Cala Falcó, es troben circumval·lant el litoral, fet ben evident a Cala Varques. Les relacions entre algunes de les coves ja es varen documentar a GRÀCIA *et al.* (2000), on donàrem a conèixer el sistema format per les coves de Cala Varques A o cova des Xuetes, la cova de Cala Varques C i la cova de Cala varques D, sistema anomenat cova de Cala Varques ACD. També remarcàrem la proximitat a la cova de Cala Varques B, la de més recorregut de la zona d'estudi. El replantejament topogràfic de la cova des Coloms 2 i de la cova des Genet fan veure també la proximitat en què es troben i la relació genètica entre ambdues, interrompuda per un esfondrament que les separa menys de 10 m.

## Agraïments

Els treballs subaquàtics han estat finançats parcialment gràcies als projectes de la *Obra Social de SA NOSTRA*, dins les convocatòries d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009. Volem agrair al Sr. Andreu Ramis, al Sr. Antoni Sorà, al Sr. Bartomeu Tomàs i a la Sra. Eva Villalonga de l'*Obra Social de "SA NOSTRA"*, la seva bona disposició i professionalitat.

Cal consignar que bona part de les tasques desenvolupades s'emmarquen dins del projecte d'investigació del *Ministerio de Ciencia e Innovación* –FEDER, CGL2009-07392.

A Joaquín Ginés, a qui volem agrair la revisió atenta de l'article i la traducció a l'anglès del resum i dels peus de figures.

A J. A. Encinas, per permetre'ns publicar la topografia de la cova des Genet.

A Antoni Cirer "Chirino", del GNM, per la seva excel·lent tasca fotogràfica i professionalitat. És un fotògraf subaquàtic capaç d'entrar als llocs més difícils i allunyats, sense protestar, amb l'objectiu de retratar i permetre compartir el món subterrani inundat.

A Maria Antònia Amezcua i Pere Plomer, del GNM, per realitzar les fotografies terrestres de la cova des Coloms de Cala Falcó, cova des coloms de Cala Varques i la cova des Genet. Sempre han estat disposats a col·laborar i a fer les tasques fotogràfiques més agradables amb la seva companyia.

A Manolo Luque i a Maria Luisa Redondo, del GNM per deixar-nos publicar les fotografies de les entrades marines de la cova des Coloms de Cala Varques i de la cova des Coloms de Cala Falcó respectivament.

A Rafel Pons i Antonio Amezcua per les seves ajudes i agradable companyia en algunes sortides a les cavitats.

## Bibliografia

- ASTIER, L. (1972): Contribuyendo al estudio del karst del valle de Sant Vicenç de Pollença (Mallorca). *Hidrología general. Geo y Bio Karst*, 31: 22-26.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Les coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Apuntes históricos y espeleogenéticos. Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 595 pp. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1976): Ses Coves del Pirata. *Endins*, 3: 41-45.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de Cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- 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.
- GRÀCIA, F.; GINARD, A.; VICENS, D. & GINÉS, J. (2009): Recull de les cavitats de major recorregut i major fondària de les Balears. *Endins*, 33: 139-152.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J. J. (2010): El sistema Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Nota sobre la gènesis de la Foradada (Conejera, Balears). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19.
- TRIAS, M. (1992): Noves dades sobre la Cova des Coloms 1 (Manacor, Mallorca). *Endins*, 17-18: 21-23.
- TRIAS, M. (2000): La Cova des Moro (Manacor, Mallorca) i alguns destacats aspectes de la seva morfologia. *Endins*, 23: 73-77.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- VENY, C. (1968): *Las cuevas sepulcrales del Bronce antiguo de Mallorca*. C.S.I.C. 429 pàgs. Madrid.

# EPELEOTOPONÍMIA DE MOTIVACIÓ PALEONTOLÒGICA I ANTRACOTOPONÍMIA DE LES ILLES BALEARS

per Guillem MAS<sup>1</sup>, Heracli ASTUDILLO<sup>2</sup>, Josep QUINTANA<sup>3</sup> i Francesc GRÀCIA<sup>4</sup>

## Resum

En aquest treball es recopilen i estudien, des d'una perspectiva etnopaleontològica, les aportacions i influències exercides pels fòssils en relació al patrimoni onomàstic toponímic relacionat amb cavitats càrstiques de l'àmbit geogràfic de les Illes Balears. Generalment es tracta de microtopònims moderns o recents, en vies de popularització i/o tradicionalització (neotopònims), establerts pels científics que estudien les coves i/o esportistes del món de l'espeleologia (topocultismes). Es poden distingir entre espeleotopònims de primer ordre (quan es refereixen a cavitats completes) i de segon ordre (quan es refereixen a un sector d'una cavitat). També es realitza una primera aproximació als topònims referits a mines d'extracció de carbó fòssil (antracotopònims).

## Abstract

In this paper we collect and study, from a etnopaleontological perspective, the contributions and influence of the fossils in relation to the place names of the karstic caves in the linguistic heritage of the Balearic Islands. Usually are modern or recent micro place names, established by both scientists and speleologists studying the caves. We can distinguish between first order place names (when referring to a full cave) and second order names (when referring to a sector of a cave). It also makes a first approach to the place names related to fossil coal mining extraction.

## Introducció

La paleontologia cultural és un neologisme utilitzat per a designar una nova àrea d'estudi i coneixement que pretén vincular, íntimament, els camps de la paleontologia i de l'etnologia. La paleontologia cultural té com a objecte d'investigació les diverses menes de relacions extra-científiques comprovades empíricament o documentades, establertes històricament i geogràficament, entre els humans i els fòssils, relacions que es posen de manifest a través de diversos productes culturals, uns de natura tangible (objectes) i els altres de natura intangible (idees).

Aquesta nova àrea d'estudi, que ha estat molt recentment delimitada (ASTUDILLO, 2006a, 2007a,b,c,d, 2008a,b, 2009a,b), pretén establir les funcions social-culturals extracientífiques que els fòssils han assolit, al llarg de la història humana i dels diversos territoris, habitats, del món.

Així doncs, els objectius fonamentals de recerca, de la paleontologia cultural, són conèixer, estudiar i divulgar les influències, de tota índole, que els fòssils han exercit sobre la cultura humana, al llarg de tota la història de la humanitat i de tots els territoris habitats del planeta, però excloent-hi expressament, les influències exercides pels fòssils, sobre el coneixement científic del medi físic, doncs aquestes pertanyen als objectius específics del camp de coneixement que és propi de la paleontologia científica.

Aquesta nova disciplina, pel fet de tenir un objecte d'estudi tan ampli i uns objectius tan variats, necessàriament, ha de ser concebuda com una disciplina de síntesi i per tant de contorns bastant difusos que, en moltes ocasions, se solapen amb els marges dels camps d'estudi d'altres disciplines, doncs la paleontologia cultural ha sorgit com a producte d'integració de múltiples i variats coneixements humans, aportats per distintes disciplines implicades en l'estudi i la descripció de la realitat natural i social. Cal destacar-hi les aportacions des dels camps de les ciències de la terra, bàsicament de la paleontologia i la geologia, l'etnologia, la història, la literatura i la filologia.

Si analitzem les influències bàsiques, exercides pels diferents tipus de fòssils, sobre la cultura humana, en tot moment i en tot arreu, ens adonem que són de dues ca-

1 Museu Balear de Ciències Naturals, Apartat de Correus nº 55, 07100 Sóller (Mallorca), Illes Balears, E-mail: masgornals@gmail.com  
2 Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl (DMACS), Universitat de Lleida, Avinguda de l'Estudi General, 4, 25001 Lleida, E-mail: hastudillo@macs.udl.cat  
3 Carrer Gustau Mas, 79-1r, 07760 Ciutadella de Menorca, Illes Balears, E-mail: picoguevo@hotmail.com  
4 Grup Nord de Mallorca (GNM). Pollença. E-mail: xescgracia@yahoo.es

tegies bàsiques. Així, mentre certes classes de fòssils han contribuït, en determinats grups humans, a generar cultura de tipus material (inspirant la creació d'objectes), altres classes de fòssils, o els mateixos, en un altre tipus de societats, han contribuït a inspirar cultura no material, sinó ideal (generant idees explicatives i/o utilitàries).

Les repercussions culturals generals i universals dels fòssils, de mena no científica, són de tipus lingüístic-onomàstic (lèxic i toponímia), literari (llegendes, poesies, frases fetes, refranys, endevinalles, oracions i conjurs), credenciari (creences de sentit comú i arraconals) i costumari (usos segons propietats i virtuts) (Fig. 1).

Els fòssils han contribuït a enriquir el **patrimoni lingüístic**, en el seus vessants lèxics i onomàstics, en estimular la creació de noms propis i genèrics per a designar determinats objectes característics (lèxic) o llocs on hi són presents (toponímia):

- els **noms populars**, denominacions usades per la gent comuna, en certes àrees locals, en qualsevol variant o dialecte de la llengua catalana, per a nomenar determinades espècies o grups de fòssils, existents en el seu entorn;
- els **topònims**, denominacions usades per la gent comuna, en certes àrees locals, en qualsevol variant o dialecte de la llengua catalana, per a nomenar determinats llocs del seu entorn que fan referència a determinades classes de fòssils que, per que hi apareixen o es van trobar antigament en aquest lloc, han estat la seva motivació toponomàstica.

La **etnopaleontologia**, és un neologisme utilitzat per a denominar una nova subàrea d'estudi, dintre de la paleontologia cultural, que fa referència a la recopilació, estudi i interpretació de les concepcions, funcions i

costums populars i/o tradicionals que caracteritzen les relacions dels membres, o sectors, d'una comunitat humana o cultura concreta, amb els fòssils existents en el seu entorn natural (fòssils autòctons) i/o entorn cultural (fòssils al·lòctons), en el context ambiental d'un determinat període històric.

Podem dir que l'etnopaleontologia és la paleontologia cultural, practicada a petita escala i prenent com a límits, els d'unitats territorials, força o molt, homogènies culturalment; aquest podria ser-ne el cas de l'àmbit balear – català – valencià. Però també que és un sinònim d'altres denominacions, gens o poc utilitzades, en l'actualitat, en el nostre àmbit cultural, com són "etnologia paleontològica" o "paleontologia popular" i que està relacionada amb altres denominacions estrangeres clàssiques, com "folklore paleontològic" o "folklore dels fòssils", però també molt poc utilitzades, a casa nostra.

## La toponímia com a ciència auxiliar de la paleontologia

Un dels diversos principis metodològics de la toponímia moderna, es l'anomenat "principi d'excepcionalitat", segons el qual hi ha una tendència generalitzada en totes les societats i cultures, a assenyalar toponímicament aquells trets del territori que resulten més sobresortints o poc comuns, en comparació amb el típics del seu entorn (TORT, 2003). Aquest seria el cas de determinats topònims que sembla ser que van ser-ne creats amb la pretensió d'informar de la presència de pedres amb formes orgàniques o d'empremtes d'aspecte orgànic,

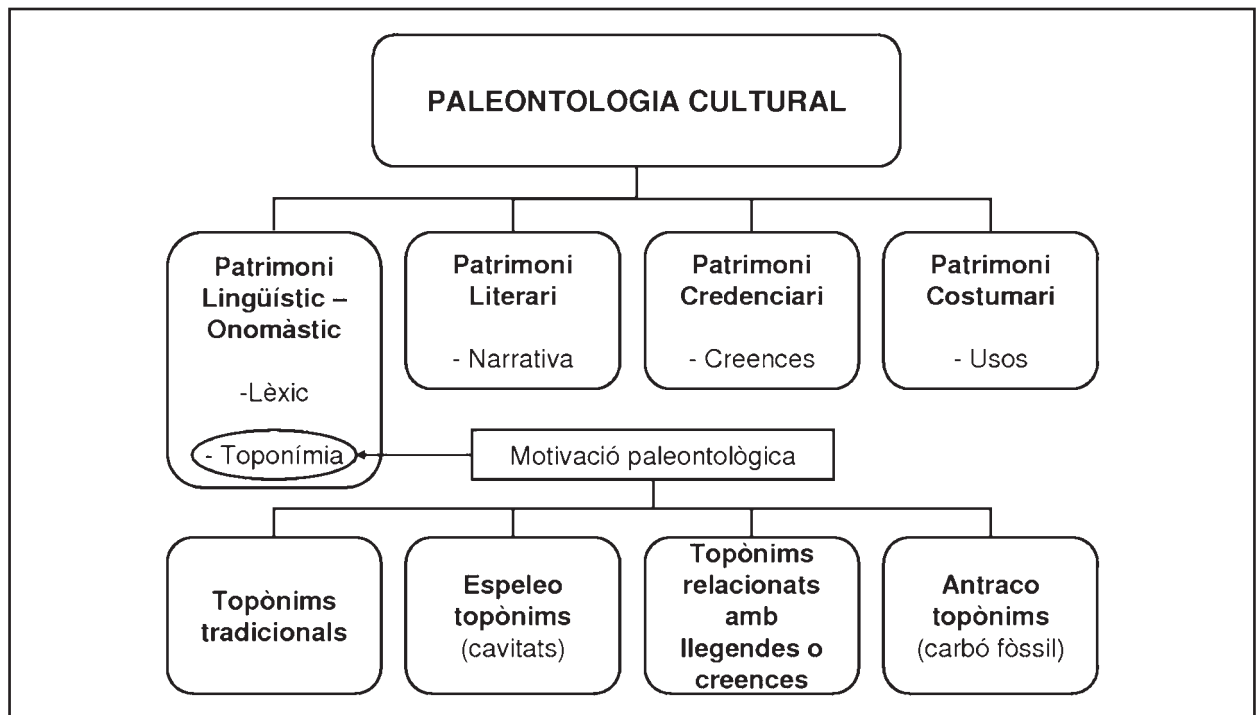


Figura 1: Paleontologia Cultural i patrimoni etnopaleontològic, amb especificació de les distintes categories de toponímia de motivació paleontològica de les Illes Balears.

Figure 1: Cultural paleontology and ethnopaleontological heritage, specifying the different categories of site names with paleontological motivation of the Balearic Islands.

en les roques de certs indrets (MAYOR, 2007; ROMA, 2006), o bé assenyalar la presència, en determinades localitats, de certes estructures, coloracions o textures particulars del terrenys, indicadores de l'existència de recursos geològics de naturalesa orgànica, o situar els punts d'assentaments o d'activitats prospectives, extractives o transformadores de recursos geològics de naturalesa orgànica.

Tenint en compte, aquesta característica tan particular de la toponímia, la recerca i l'estudi dels topònims de motivació paleontològica pot arribar a proporcionar resultats interessants a la paleontologia, com podrien ser:

- **facilitar la localització topogràfica**, conjuntament amb l'estudi de les dades procedents de sistemes de teledetecció, prèviament a la realització d'estudis de camp, de possibles jaciments paleontològics, potencialment interessants.
- **ajudar a seleccionar la localització idònia**, conjuntament amb l'estudi de les dades procedents de sistemes de teledetecció, prèviament a la realització dels treballs de camp, de les àrees de prospecció i d'estudi paleontològic, o estratigràfic, més favorables als objectius de l'estudi.
- **determinar l'antiguitat del coneixement humà**, de certs fenòmens geològics relacionats amb la paleontologia, a partir de l'estudi etimològic de determinats topònims de motivació paleontològica i la deducció de la cronologia històrica pertinent.
- **establir el grau d'integració cultural del registre fòssil** en la societat i cultura locals, a partir de l'estudi etnopaleontològic de la toponímia i del lèxic de motivació paleontològica.

Cal tenir present que en la toponímia de qualsevol contrada existeixen tres categories de topònims, els transparents, els falsament transparents i els opacs. Mentre que els "topònims transparents" no presenten cap problema greu d'interpretació als investigadors no experts en filologia, com són paleontòlegs, biòlegs o geògrafs, ja que signifiquen exactament el que mostren les paraules de que estan compostos, malauradament per als que no són etimòlegs experts, també existeixen una altra mena de topònims que es presten fàcilment a la confusió dels paleontòlegs, biòlegs o geògrafs, ja que resulten de sentit molt enganyós als profans a la etimologia toponímica. Aquesta mena de noms de lloc, són els anomenats "topònims falsament transparents" que són aquells que deriven, per corrupció o evolució lingüística, de antics topònims amb fonètica més o menys semblant a la dels actuals, però de significat i lèxic molt diferents i que han estat recreats a partir dels originals, intentant dotar-los de "sentit comú", per a que signifiquin alguna cosa comprensible, fent-hi una "associació etimològica" amb el vocabulari modern.

En quant als anomenats "topònims incomprendibles o opacs" presenten l'inconvenient de que la seva interpretació, necessita imprescindiblement, de la intervenció de filòlegs experts en etimologia, doncs es tracta de veritables "mots fòssils", provinents de llengües mortes o de formes molt antigues de la parla actual que han perdut l'ús o el significat original, ja fa centenars d'anys i que per tant, en l'actualitat, resulten incomprendibles o sense sentit.

## Metodologia

### FONTS

En relació a les fonts documentals ha estat especialment valuosa la informació proporcionada pels articles publicats a la revista *Endins* i pels catàlegs o inventaris espeleològics d'ENCINAS (1997, 2006)

S'ha pogut trobar informació específica a:

- Inventaris espeleològics (ESCO-NATURA; ENCINAS, 1997, 2006)
- Publicacions d'espeleologia i topografies de les coves de les Balears (Revista *Endins*, Boletín SEDECK)
- Web (ESCO-NATURA)
- Premsa (DM.- Diario de Mallorca)

També es va mantenir una reunió a la seu de la Federació Balear d'Espeleologia, de presentació del tema i recollida d'informació entre els responsables i membres d'aquesta associació.

### CARTOGRAFIA

L'expressió cartogràfica dels espeleotopònims estudiats es mostra en forma de coordenades UTM (*Datum ED50*) seguides de la cota d'altura sobre el nivell del mar expressada en metres.

La mesura i determinació d'altures i coordenades UTM s'ha realitzat mitjançant un receptor – navegador GPS *Garmin eTrex Summit HC*, proveït del programa de cartografia topogràfica digital *Topo España V.3.0*, basat en la cartografia digital BCN 1:25.000 de l'Institut Geogràfic Nacional (IGN) i en el model digital d'elevacions MDT25 d'aquest mateix organisme. Tant l'aparell receptor – navegador com el programa de cartografia estaven configurats en el sistema de coordenades UTM *Datum European 1950*.

En el cas de cavitats inventariades, s'han utilitzat les coordenades existents en els inventaris espeleològics (ESCO-NATURA; ENCINAS, 1997, 2006) confrontades les dades sobre el programa de cartografia abans citat.

## Espeleotoponímia de motivació paleontològica de les Illes Balears

La toponímia de motivació paleontològica també pot ésser denominada paleotoponímia (Etim.: Del gr. *palaios*, "antic" i *on, ontos*, "ésser"), neologisme que s'ha de distingir del mot paleotoponímia aplicat en referència als topònims antics (MAS *et al.*, en premsa).

Aquests patrimoni paleontotoponímic inclou topònims tradicionals i neotopònims (espeleotopònims) de motivació paleontològica, topònims relacionats amb creences o llegendes sobre els fòssils, localitzadors genèrics i topònims relacionats amb l'extracció de carbó fòssil (antracotopònims) (Fig. 1).

Pel que fa als topònims de motivació paleontològica relacionats amb cavitats càrstiques, generalment es tracta de microtopònims moderns o recents, en vies de popularització i/o tradicionalització (neotopònims), establerts pels científics que estudien les coves i/o esportistes del món de l'espeleologia (topocultismes). Tots els topònims descrits en aquest apartat estan directament relacionats amb cavitats càrstiques, per la qual cosa també es poden denominar com espeleotoponímia (Etim.: Del gr. *spelaión*, "cova", "caverna") (MAS *et al.*, en premsa). Podem distingir entre espeleotopònims de primer ordre (quan es refereixen a cavitats completes) i segon ordre (quan es refereixen a un sector d'una cavitat).

## 1. ESPELEOTOPÒNIMS DE PRIMER ORDRE

### 1.1. Copinyes, balma de ses

Ubicació: Barranc de Xorrigo, Palma (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 484980 4380850 – 95 m)  
Descripció: Cavitat en forma de balma a l'espadat d'un barranc  
Motivació: Lumaquel·la (*copinyar* o *copinyam*, Fig. 2.b) de cardítids (motlles), *Ostrea* spp., *Pecten* sp., *Panopea glycymeris* (motlles), *Strombus coronatus* (motlles) (Pliocè sup.)  
Font/s: ENCINAS, 1997; ESCO-NATURA

### 1.2. Copinyes, cova de ses (sin. cova de ses Petxines, cova des Balç, cova des Balcó)

Ubicació: Barranc Gros de Son Gual, Palma (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 484255 4379508 – 89 m)  
Descripció: Cavitat a l'espadat d'un barranc (Fig. 2.a)  
Motivació: Lumaquel·la (*copinyar* o *copinyam*, Fig. 2.b) de cardítids (motlles), *Ostrea* spp., *Pecten*

sp., *Panopea glycymeris* (motlles), *Strombus coronatus* (motlles) (Pliocè sup.)  
Font/s: ENCINAS, 2006

### 1.3. Escopinyes, cova de ses

Ubicació: Ferreries (Menorca)  
(UTM-ED50 31 S 582600 4420960 – 15 m)  
Descripció: Cova  
Motivació: Bivalves  
Font/s: ENCINAS, 1997, 2006

### 1.4. Fòssils, cova des

Ubicació: Ciutadella de Menorca  
(UTM-ED50 31 T 569700 4432650 – 15 m)  
Descripció: Cova penya-segat  
Motivació: Espècie/espècies fòssil/s desconeguda  
Font/s: ENCINAS, 1997; ESCO-NATURA

### 1.5. Myotragus, avenc

Ubicació: Calvià (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 462350 4380300 – 440 m)  
Descripció: Avenc natural  
Motivació: *Myotragus* sp. (Pliocè - Holocè)  
Font/s: ENCINAS, 1997; ESCO-NATURA

### 1.6. Myotragus, cova des

Ubicació: Alaior (Menorca)  
(UTM-ED50 desconegut)  
Descripció: Cova  
Motivació: *Myotragus balearicus* Bate, 1909 (Plistocè sup.)  
Font/s: QUINTANA *et al.*, 2003, 2004

### 1.7. Papalló, cova del

Ubicació: Ciutadella de Menorca  
(No localitzada, informant recentment traspassat)

\* Lumaquel·la de motlles de mol·luscs, bàsicament motlles de bivalves (copinyes) i algun gasteròpode que li confereixen una gran porositat (Fig. 2.b). Per mor de la dissolució normalment només es conserven les closques calcítiques, havent-se dissolt totalment les aragonítiques. Solen tenir força continuïtat lateral i estar ben localitzats formant un nivell ben definit als talls de pedreres i escarpaments. Al jaciment pliocè de la pedrera de Sa Cova a Lluçmajor (UTM-ED50: 31 S 481581 4374922) fa anys que s'explota, en forma de llesques de pedra ornamental (MAS *et al.*, en premsa).

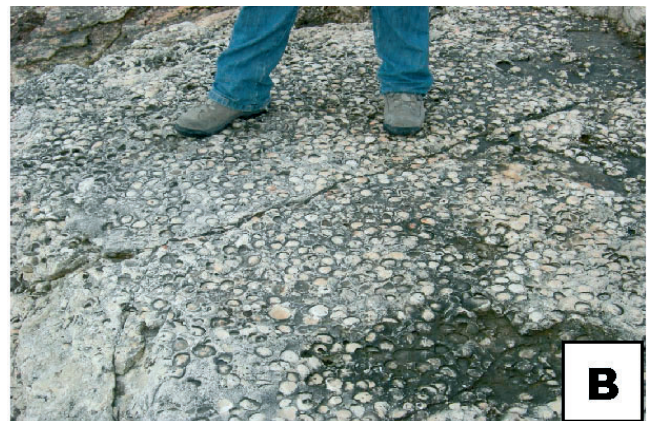


Figura 2: A) Cova de ses Copinyes, Barranc Gros de Son Gual, Palma (Mallorca) (espeleotopònim de 1r ordre). Foto IGME – MAGNA, 1991; B) Característic *Copinyar* o *Copinyam* format per lumaquel·la de motlles de mol·luscs (bàsicament copinyes) que ha motivat espeleotopònims de 1r ordre com els de Balma o Cova de ses Copinyes (Palma - Mallorca). Foto J.M. de Gibert.

Figure 2: A) Cova de ses Copinyes, Barranc Gros de Son Gual, Palma (Mallorca) (1st order place name). Photo IGME - MAGNA, 1991; b) Characteristic *Copinyar* or *Copinyam*, forming a coquille of mollusc casts (mainly bivalves) that has motivated the 1st order place names as Balma or Cova de ses Copinyes (Palma - Mallorca). Photo J.M. de Gibert.

Descripció: Cova  
Motivació: *Clypeaster* sp. (Miocè)  
Font/s: Bartomeu Camps in QUINTANA, 2004

### 1.8. Petxines, cova de ses

Ubicació: Sa Barca Trencada, Santanyí (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 517170 4356020 – 5 m)

Descripció: Cova  
Motivació: Bivalves neògenes  
Font/s: ENCINAS, 2006

## 2. ESPELEOTOPÒNIMS DE SEGON ORDRE:

Les coordenades UTM-ED50 indicades informen sobre la ubicació de l'entrada de la cavitat. Per a la localització concreta de la part de la cova on s'ubica el lloc corresponent als espeleotopònims de segon ordre vegeu en cada cas la topografia publicada a les referències indicades a l'apartat de font/s.

### 2.1. Clypeasters, galeria dels

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Galeria cova  
Motivació: *Clypeaster* sp. (Messinià) (Fig. 3.a)  
Font/s: MERINO *et al.*, 2007

### 2.2. Clypeaster, sector del

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Sector cova  
Motivació: *Clypeaster* sp. (Messinià) (Fig. 3.a)  
Font/s: MERINO *et al.*, 2007

### 2.3. Conus, galeria del

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Galeria cova  
Motivació: *Conus* sp. (Messinià)  
Font/s: MERINO, 2000, 2002; ESCO-NATURA

### 2.4. Costella, galeria de la

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Galeria cova  
Motivació: Costella de mamífer marí (cetaci o sirenoid)  
(Messinià)  
Font/s: MERINO *et al.*, 2007

### 2.5. Eriçons, sala dels

Ubicació: Cova de ses dues Boques, Son Alegre de Marina (Sa Fàbrica), Cala Anguila, Manacor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 527446 4375668 – 28 m)

Descripció: Sala cova  
Motivació: Fòssils d'equinoïdeus i bivalves (Miocè sup.)  
Font/s: GRÀCIA *et al.*, 2003a

### 2.6. Fòssils, sala dels

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Sala cova  
Motivació: Motlles de mol·luscs (Messinià)  
Font/s: MERINO, 2000; ESCO-NATURA

### 2.7. Fòssils, platja dels

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489210 4357710 – 20 m)

Descripció: Vorera d'una sala inundada de la cova  
Motivació: Motlles de mol·luscs (Messinià)  
Font/s: MERINO, 2000; ESCO-NATURA

### 2.8. Myotragus, galeria del

Ubicació: Font de ses Aiguades, Alcúdia (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 514190 4410170 – 10 m)

Descripció: Galeria subaquàtica cova  
Motivació: *Myotragus* sp. possiblement *M. balearicus* Bate, 1909 (Plistocè - Holocè)  
Font/s: GRÀCIA *et al.*, 2001

### 2.9. Myotragus, galeria dels

Ubicació: Cova Genovesa (o Cova d'en Bessó), carrer Leonardo da Vinci, Urbanització Portocristo Novo, Cala Anguila, Manacor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 527088 4375240 – 23 m)

Descripció: Galeria subaquàtica cova  
Motivació: *Myotragus balearicus* Bate, 1909 (Plistocè sup. – Holocè) (Fig. 3.b)  
Font/s: GRÀCIA *et al.*, 2003a,b

### 2.10. Tortugues, galeria de les

Ubicació: Cova de cala Varques B, Manacor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 525510 4372450 – 4 m)

Descripció: Galeria subaquàtica cova  
Motivació: Quelonis. Restes d'ossos i closques de tortugues marines (Miocè)  
Font/s: GRÀCIA *et al.*, 2000

### 2.11. Tragus, galeria del

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489160 4357700 – 20 m)

Descripció: Galeria cova  
Motivació: *Myotragus* sp. possiblement *M. antiquus* o *M. kopperi* (Pliocè sup. – Plistocè inf.)  
Font/s: MERINO *et al.*, 2007; ESCO-NATURA; DM, 21/02/09

### 2.12. Tragus, sector del

Ubicació: Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Mallorca)  
(UTM-ED50 31 S 489160 4357700 – 20 m)

Descripció: Galeria cova  
Motivació: *Myotragus* sp. possiblement *M. antiquus* o *M. kopperi* (Pliocè sup. – Plistocè inf.)  
Font/s: MERINO *et al.*, 2007; ESCO-NATURA; DM, 21/02/09



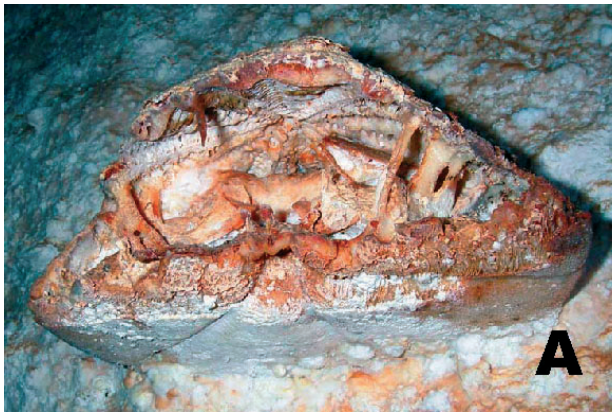


Figura 3: A) Secció d'un bogamari fòssil *Clypeaster* sp. que dona nom als espeleotopònims de 2n ordre Sector i Galeria dels Clypeasters de la cova des Pas de Vallgomera (Llucmajor - Mallorca). Foto A. Merino (in MERINO et al., 2007); B) Crani i altres ossos de *Myotragus* sp. que han motivat l'espeleotopònim de 2n ordre de la Galeria dels *Myotragus* a la Cova Genovesa o Cova d'en Bessó (Manacor - Mallorca). Foto P. Gracia (in GRÀCIA et al., 2003b).

Figure 3: A) Section of a fossil sea urchin *Clypeaster* sp. which gives the name of 2nd order place names like Sector and Galeria dels Clypeasters of Cova des Pas de Vallgomera (Llucmajor - Mallorca). Photo A. Merino (in MERINO et al., 2007); B) skull and other bones of *Myotragus* sp. which have led the 2nd order place name Galeria dels *Myotragus* of Cova Genovesa or Cova d'en Bessó (Manacor - Mallorca). Photo P. Gracia (in GRACIA et al., 2003b).

## Possible motivació del topònim Cova de l'Encantament (Menorca)

Francesc Camps i Mercadal (Francesc d'Albranca) relata una rondalla menorquina que parla de caragols bovers i monges, trobats al lloc de Biniguarda, suposadament encantats, ja que era impossible rompre'ls i tirats al foc, es posaven incandescents però no es cremaven (CAMPS I MERCADAL, 1918-1921: vol. 2, pàg. 41, Encantaments de Biniguarda, II):

*“Una veïeta, descendenta d'antics pagesos de Biniguarda, me contà que una tia seva, essent al loteta, va somiar tres nits seguides que dins una cova, de ses moltes que hi ha a Biniguarda, hi havia tres ancolles enterrades; dues, plenes de monedes d'or, i una plena de monedes de plata. I en somnis, se li donà a comprendre que, sens dir res a ningú, les desenterràs i seria rica ella i sa família.*

*Des primer somni no en féu cas; es segon la posa consirosa, i amb es tercer li agafà por i ho contà tot a sa família, Anaren a sa cova; se posaren en cerca i van trobar ses tres ancolles ben amagades, ben tapades i plenes ... de caragols: dues, plenes de bovers, i una, plena de monges. Amb sa particularitat que no fou possible rompre'ls ni a martellades; i tirats al foc, se posaven vermeis, com si fossin de metall, però no es cremaven...” (sic)*

Taxó: Possiblement faci referència a motlles de reblliment intern de gasteròpodes pulmonats (*Otala* sp., *Eobania* sp., *Iberellus* sp.) fortament cementats i mineralitzats

Edat: Quaternari

Localitat: Cova de l'Encantament, Lloc de Biniguarda Vell, Alaior (Menorca)  
(UTM-ED50 31 S 595529 4422519 – 115 m)

Font: CAMPS I MERCADAL, 1918-1921

Taxó motivant	Espeleotoponímia 1r ordre	Espeleotoponímia 2n ordre	Narrativa
<b>Bivalves</b>	Copinyes, balma de ses Copinyes, cova de ses Escopinyes, cova de ses Petxines, cova de ses		
<b>Equinoïdeus</b>	Papalló, cova del	Clypeasters, galeria dels Clypeasters, sector dels Eriçons, sala dels	
<b>Gasteròpodes</b>		Conus, galeria del	Cova de l'Encantament
<b>Myotragus</b>	Myotragus, avenc Myotragus, cova des	Myotragus, galeria del Myotragus, galeria dels Tragus, galeria del Tragus, sector del	
<b>Quelonis</b>		Tortugues, galeria de les	
<b>Mamífers marins</b>		Costella, galeria de la	
<b>Indeterminats / Miscel·lània</b>	Fòssils, cova dels	Fòssils, platja dels Fòssils, sala dels	

Taula I: Espeleotopònims de motivació paleontològica de les Illes Balears segons taxons motivants.

Table I: Cave names with paleontological motivation in the Balearic Islands, according to the involved taxa.

## Antracotoponímia (Noms de les mines de lignits)

Es tracta de la toponímia vinculada amb el carbó fòssil. Diversos topònims, relativament moderns, fan referència a l'existència de llocs amb jaciments de carbó fòssil, dedicats a l'extracció del carbó de pedra, concretament del tipus de carbó mineral anomenat lignit, o relatius a l'aprofitament del patrimoni de les antigues empreses mineres. Es tracta de paleontotopònims mo-

tivats per quimiofòssils o relacionats amb fossilització química, que també podem denominar amb el neologisme d'antracotopònims (Etim.: Del gr. *ánthrax*, -akos, "carbó").

A Mallorca van ésser explotades fins el segle passat algunes mines de lignits de l'Eocè - Oligocè situades a diverses conques formades entre els plegaments originats durant l'orogènia alpina (HABSBURG-LORENA, 1871, 1989; OLIVEROS *et al.*, 1960; COLOM, 1975, 1983, 1991; RAMOS-GUERRERO, 1988; MORAGUES, 1993; CRESPI, 1994; ALOMAR-GARAU i ESPINOSA, 2010):

CONCA MINERA	NOMS MINES
<b>Conca d'Alaró</b>	Mina <i>San Narciso</i> // Mina <i>San Lorenzo</i> // Mina <i>La Fortuna</i> // Mina <i>La María</i>
<b>Conca d'Alcúdia – Pollença</b>	Mines de Son Fe o Mina <i>La Virgen del Puig</i> // Mina <i>Adela</i> // Mina <i>Josefina</i>
<b>Conca de Binissalem</b>	Mina de Can Horrach // Mina <i>Valor y Constancia</i>
<b>Conca de Consell</b>	Mina de Cas Cabrit
<b>Conca de Felanitx</b>	Mines de Firella // Mina de Can Galerí
<b>Conca d'Inca – Lloseta</b>	Mina de sa Trullola // Mina de <i>Santo Tomás</i> // Mina de Can Ramis // Mina <i>Dos Hermanos</i> // Mina <i>Catalina</i>
<b>Conca de Mancor de la Vall</b>	Mina <i>San Luis</i> // Mina <i>Júpiter</i>
<b>Conca de Puigpunyent</b>	Mina <i>San Antonio</i> // Mina <i>San Jaime</i> // Mina <i>Los Amigos</i>
<b>Conca de Sta. Maria del Camí</b>	Mina <i>La Carolina</i>
<b>Conca de Selva</b>	Mina <i>San Cayetano</i> // Mina de Can Mirall // Mina <i>La Lealtad</i> // Mina <i>La Gritud</i> // Mina <i>La Magdalena</i>
<b>Conca de Sineu</b>	Mines de Son Ferragut // Mines de <i>San Onofre</i> // Mina de sa Cimentera // Mina <i>Cuatro Socios</i> // Mina <i>Catalina</i> // Mina <i>La Ramona</i> // Mina <i>La Peña</i> // Mina <i>Los dos Amigos</i> (Son Vanrell)



Figura 4: A) Pou Virgen del Puig, mines de Son Fe (Alcúdia). Foto M. Espinosa; B) i C) Pous mines de Firella (Felanitx). Fotos G. Mas.

Figure 4: A) Virgen del Puig well in the mines of Son Fe (Alcúdia). Photo M. Espinosa; B) and C) wells in the mines of Firella (Felanitx). Photos G. Mas.

També han estat citades petites explotacions de lignits al S de Búger, N de Moscarí i a la zona de Calvià (OLIVEROS *et al.* 1960).

L'anàlisi dels noms emprats per designar les mines de lignits de Mallorca permet comprovar que cap dels topònims es relacionen directament amb el carbó o l'activitat extractiva. Recentment ALOMAR-GARAU i ESPINOSA (2010), en un estudi de detall sobre la toponímia de les mines de lignit d'Alcúdia i Pollença, indiquen que els noms emprats per designar les mines de lignits són bàsicament: (i) antropotopònims (*Adela, Josefina, La Carolina, ...*); (ii) hagiopòtopònims (*La Virgen del Puig, San Jaime, San Antonio, ...*); (iii) substantius abstractes o de qualitat (*La Fortuna, Valor y Constancia, La Lealtad, ...*). MAS *et al.* (en premsa) hi afegeixen (iv) els noms que fan referència al topònim popular prèviament existent al lloc on s'ubicà la mina (Son Fe, Can Horrach, Can Mirall, ...) i (v) a agrupacions o conjunts de persones (*Cuatro Socios, Los Amigos, Dos Hermanos, ...*).

MATEU (2004) realitza un estudi detallat del topònims de la Mina *San Cayetano* de Selva, proporcionant els noms dels distintes pous (pou de So na Montserratada, pou vell o *San Cayetano I*; pou de Ses Rotes, pou gran o *San Cayetano II*; pou de sa Central, pou nou, pou de Can Miró o *San Cayetano II bis*), desguassos (de Son Calent o de Son Sec, des pells, llarg o de Son Galiot, es porxo, de Can Rinya, de ses coves), galeries (sa plaça o sa sala, Son Calent, Son Sec, Son Galiot, Can Colomina, ses Cremades, ses Rotes, Son Sales, So na Montserratada, sa Tanca), capes explotades (blava, baixa, grossa, *carbonilla, bonita* i rossa) i llocs localitzats per dibuixos mascarats amb la flama del llum de carbur (papa la raspa, es ca que menja rem). OLIVEROS *et al.* (1960) també proporcionen noms comuns de les capes de lignits explotades a les mines *San Cayetano* i *La Lealtad* de Selva (*bonita, rosa, buena, gruesa* i *carboniza*) i a la mina *Dos Hermanos* de Lloseta (*baja, gruesa, perdida, pequeña, gris, prima* i *neo*). Cal destacar la denominació de *es neo* per part dels miners per referir-se a la darrera capa basal en contacte amb el pis Neocomià (Cretaci).

Els fòssils proporcionats pels lignits, margues i calcàries associades, són principalment diatomees (*Melosira*), algues cianofícies, restes vegetals molt diversos (*Phragmites, Typhia, Sabal, Sequoia, Grassulites, Myrica, Acer, Quercus*, falgueres, caràcies, ...), gastròpodes pulmonats i d'aigua dolça (*Helix, Neritina, Bulimus, Clausilla, Planorbis, Melanoides, Lymnaea, ...*), restes de rèptils (*Varanus, Trionyx, Crocodylia*), micromamífers (*Paracricetodon, Plesarctomys, Talpa, Steneofiber*) i grans mamífers (*Diplobune, Anthracotherium, Amphylragulus, Lophiotherium, Paleochoerus, Anaplotherium, Paloplotherium, ...*) (BOUVY, 1867; HERMITE, 1879; VIDAL, 1917; DEPÉRET i FALLOT, 1921; DARDER, 1925; ROMAN, 1927; BAUZÀ, 1946, 1956, 1958, 1961, 1978; COLOM, 1975, 1983, 1991; GONZÁLEZ-MIGUEL, 1981; RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1987). Els nivells carbonosos de les mines de Felanitx (Firella, Son Ramonet) han proporcionat malacofauna marina eurihalina d'ambients salobrosos (*Eotympanotonos, Cantharus (Pollia), Pirinella, Pyrazus, Turriscala, Lunatia, Melanopsis, ...*) (RAMOS-GUERRERO, 1988; MORAGUES, 1993; G.MAS, dades inèdites).

Ni a Menorca ni a Eivissa hi ha explotacions de lignits (COLOM, 1975). A Maó (Menorca) hi ha un jaciment d'hulla i a Sant Josep (Eivissa) n'hi ha un de lignit, ambdós de molt poca importància (CRESPÍ, 1994).

## Resultats

En relació a la espeleotoponímia de motivació paleontològica de les Illes Balears. s'han pogut trobar un total de 21 espeleotopònims corresponents a 7 taxons diferents (Taula I). Concretament, 8 dels noms corresponen a espeleotopònims de primer ordre, 12 a espeleotopònims de segon ordre i 1 està relacionat amb el registre narratiu, 16 corresponen a l'illa de Mallorca i 5 a l'illa de Menorca.

En relació a la antracotoponímia, s'han pogut recopilar un total de 38 noms de mines de lignits, totes a l'illa de Mallorca. D'aquests 38 antracotopònims, 9 són hagiopòtopònims, 9 fan referència a topònims populars preexistents, 8 són antropotopònims, 4 són substantius abstractes o de qualitat, 4 fan referència a agrupacions o conjunts de persones i 4 corresponen a altres tipus de topònims.

## Agraïments

El present treball s'enquadra dins del conveni de col·laboració entre el Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller i la Universitat de Lleida. Agrair als membres de la Federació Balear d'Espeleologia la seva acollida i col·laboració. A Gabriel Alomar Garau i Manuel Espinosa Galán per haver-nos avançat el text del seu treball quan encara estava pendent de publicar.

## Bibliografia

- ALOMAR-GARAU, G. I ESPINOSA, M. (2010): Els noms de les mines de lignit d'Alcúdia i Pollença i la seva toponímia en disseminat. In: BASSA, R. i LATORRE, F. (coords.): *XXII Jornada d'Antroponímia i Toponímia. Pollença, 28 de març de 2009*. Universitat de les Illes Balears – Conselleria d'Educació i Cultura (Govern de les Illes Balears), pp. 155-165.
- ASTUDILLO, H. (2006a): Paleontología y Etnopaleontología. *Glossopetrae*, 1 (primera època); <http://glossopetrae.blogspot.com>
- ASTUDILLO, H. (2006b): La fitxa etnonaturalista, un instrument polivalent d'enregistrament de dades pluridisciplinars, en els estudis del folklore de la naturalesa. Dossiers electrònics de l'assignatura optativa "La Natura en la Cultura Popular", setembre; <https://cv.udl.es/portal/site/40189-0607>
- ASTUDILLO, H. (2007a): Los fósiles y la Cultura Popular (1). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, setiembre; <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2007/09/los-fsiles-y-la-cultura-popular-1.html>

- ASTUDILLO, H. (2007b): Los fósiles y la Cultura Popular (2). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, septiembre; <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2007/09/los-fsiles-y-la-cultura-popular-2.html>
- ASTUDILLO, H. (2007c): Los fósiles y la Cultura Popular (3). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, septiembre; HYPERLINK "<http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2007/09/los-fsiles-y-la-cultura-popular-3.html>" <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2007/09/los-fsiles-y-la-cultura-popular-3.html>
- ASTUDILLO, H. (2007d): Los fósiles y la Cultura Popular (y 4). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, septiembre; <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2007/09/los-fsiles-y-la-cultura-popular-y-4.html>
- ASTUDILLO, H. (2008a): Paleontología Cultural y Etnopaleontología (1). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, junio; <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2008/06/paleontologia-cultural.html>
- ASTUDILLO, H. (2008b): Paleontología Cultural y Etnopaleontología (2). *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, diciembre; <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2008/12/paleontologia-cultural-y.html>
- ASTUDILLO, H. (2009a): El registro fósil en la toponimia (1) *Folklore de los Fósiles Ibéricos*, marzo <http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com/2009/03/el-registro-fosil-en-la-toponimia-1.html>
- ASTUDILLO, H. (2009b): Paléontologie culturel et Ethnopa-léontologie. *Glossopetrae*, 3, julio (segona època); <http://glossopetrae.blogspot.com>
- BAUZÀ, J. (1946): La edad de los lignitos de Son Fe (Alcudia). *Bol. R. Soc. Hist. Nat.*, 44: 561-569.
- BAUZÀ, J. (1956): Flora oligocena de Son Fe (Alcudia). *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 2: 89-90.
- BAUZÀ, J. (1958): Hallazgo del Diplobune secundaria Cuvier en los lignitos de Selva. *Estud. Geol.* (Inst. Lucas Mallada): 14 (37): 43-44.
- BAUZÀ, J. (1961): Contribución a la flora fósil de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 7: 49-54.
- BAUZÀ, J. (1978): Paleontología de Mallorca. Ciento ochenta millones de años de la flora y fauna de Mallorca. In: MASCARÓ, J. (coord.): *Historia de Mallorca*, tom 7: 331-430. Gráficas Miralles. Palma de Mallorca.
- BOUVY, P. (1857): Note sur les lignites des îles Baléares. *Bull. Soc. Géol. France* (2me série), 14.
- CAMPS I MERCADAL, F. (1918-1921): *Folk-lore menorquí* (*De la pagesia*). Impremta de M. Sintes Rotger, sucesor de B. Fàbregues y M. Parpal. 2 vols: 343 + 129 pp. Maó. Existeix una reimpressió corregida 2007: *Folklore menorquí* (*De la pagesia*). Institut Menorquí d'Estudis, 2 vols., Colecció Capcer, 4 i 5. 400+139 pp. Maó.
- COLOM, G. (1975): *Geología de Mallorca*. Diput. Prov. Bal. Inst. Estudios Baleáricos. Patronato "J. M<sup>º</sup> Quadrado". CSIC. 2 vols. 519 pp. Palma de Mallorca.
- COLOM, G. (1983): *Los lagos del Oligoceno de Mallorca*. Gráficas Miramar. 167 pp. Palma de Mallorca.
- COLOM, G. (1991): *Las ciencias naturales en las Islas Baleares. Historia de sus progresos. Direcció General de Cultura*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 369 pp. Palma de Mallorca.
- CRESPÍ, D. (1994): *Inventari de dipòsits minerals de les Balears. Informe de la realització de la fase primera del projecte*. Museu Balear de Ciències Naturals – Conselleria d'Obres Públiques i Ordenació del Territori (Govern Balear). 50 pp. + mapes + fitxes. Sóller.
- DARDER, B. (1925): Estudio geológico de los alrededores de Sineu y del Puig de Sant Onofre (Región central de Mallorca)(con notas paleontológicas de M. Charles DÉPERET y de Paul FALLOT). *Trab. Mus. Nac. Cien. Nat. Serie geológica*, 34: 1-80.
- DEPÉRET, C. I FALLOT, P. (1921): Sur l'âge des formations à lignites de l'île de Majorque. *C. R. Acad. Scien.*, 172: 790-795.
- ENCINAS, J.A. (1997): Inventari espeleològic de les Illes Balears – Any 1997. *Endins*, 21: 103-128.
- ENCINAS, J.A. (2006): Inventario interactivo de cavidades 2006. Relación inventarial de subterráneos naturales de las Illes Balears. CD In: Mayoral, D. i Mateu, T. *Mallorca, bellezas en la oscuridad*. Ed. Espeleo Mallorca SC. 277 pp + CD.
- ESCO-NATURA: [www.esconatura.com](http://www.esconatura.com)
- GONZÁLEZ-MIGUEL, J.R. (1981): Intento de reconstrucción de las cuencas límnicas terciarias de la Isla de Mallorca. *Coloquios de Paleontología*, 36: 67-73.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. I LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de Cala Varques (Manacor, Mallorca), *Endins*, 23: 41-58.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GRÀCIA, P.; MERINO, A.; VEGA, P. I MULET, G. (2001): Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la Font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-74.
- 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. *Endins*, 25: 23-42.
- 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. *Endins*, 25: 43-86.
- HABSBURG-LORENA, L.I.S. (1871): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Zweiter Band. Die eigentlichen Balearen. Drittes Buch. Mallorca. I. Allgemeiner theil. F.V. Brockhaus. 665 pp. Leipzig. Traducció al castellà: HABSBURG-LORENA, L.I.S. (1989): Las Baleares por la palabra y el grabado. Las Baleares propiamente dichas. Mallorca (parte general). Traducción del vol. III de la segunda parte de Die Balearen. Edición Sa Nostra, vol 6.
- HERMITE, H. (1879): *Description de quelques fossiles nouveaux des îles Baléares*. C. R. Somm. des Séances de la Soc. Géol. France, 40.
- MAS, G.; ASTUDILLO, H. I QUINTANA, J. (2010): Toponímia de motivació paleontològica de les Illes Balears. In: Bassa, R. i Latorre, F. (coords.): *XXIII Jornada d'Antroponímia i Toponímia - V Seminari de Metodologia en Toponímia i Normalització Lingüística*. Porreres, 27 de març de 2010. Universitat de les Illes Balears – Conselleria d'Educació i Cultura (Govern de les Illes Balears). En premsa.
- MATEU, B. (2004): A les entranyes de Selva, topònims. XIII Jornada d'Antroponímia i Toponímia. Sant Joan, 1999. In: PLANISI, H. i ROSSELLÓ, M. (coords.): *Sobre Onomàstica. Jornades d'Antroponímia i Toponímia (1993-2002)*. Universitat de les Illes Balears – Govern de les Illes Balears. pp 215-219.
- MAYOR, A. (2007): Place names describing fossils in oral traditions. In: PICCARDI, L. (coord.): *Myth and Geology*. Geological Society, London. Special Publications, 273: 245-261.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2002): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Boletín SEDECK*, 3: 134-142.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. I GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): 40 kilòmetros de desarrollo topografiado. *Endins*, 31: 101-110.
- MORAGUES, LL. (1993): Estudi geològic del sector meridional de les Serres de Llevant (Mallorca). *Boll. Soc. His. Nat. Balears*, 36: 103-120.
- OLIVEROS, J.M.; ESCANDELL, B. I COLOM, G. (1960): Estudio sobre la formación de los depósitos lacustres con lignitos del Ludiense – Estampiense inferior de Mallorca. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 61 (Temas geológicos de Mallorca): 9-152.

- QUINTANA, J. (2004): Els fòssils marins del Miocè superior. In: FORNÓS, J.; OBRADOR, A. i ROSSELLÓ, V.M. (eds.): *Història natural del migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà*. Mon. Societat d'Història Natural de les Balears, 11: 93-104.
- QUINTANA, J.; BOVER, P.; RAMIS, D. I ALCOVER, A. (2003): Cronologia de la desaparició de *Myotragus balearicus* Bate 1909 a Menorca. *Endins*, 25: 155-158.
- QUINTANA, J.; BOVER, P. I ALCOVER, A. (2004): Els vertebrats terrestres fòssils del Migjorn. In: FORNÓS, J.; OBRADOR, A. I ROSSELLÓ, V.M. (eds.): *Història natural del migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà*. Mon. Societat d'Història Natural de les Balears, 11: 291-302.
- RAMOS-GUERRERO, E. (1988): *El Paleògeno de las Baleares: Estratigrafía y sedimentología*. Tesis, Univ. Barcelona. 3 vols., 212 pp.
- RAMOS-GUERRERO, E.; FERNÁNDEZ-MARRÓN, T. I ÀLVAREZ-RAMIS, C. (1987): Estudio paleobotánico del Cenozoico de la zona central de Mallorca: Yacimiento de Son Ferragut. *Bol. Geol. y Min.*, 98 (3): 57-64.
- ROMA, F. (2006): Els noms de lloc i la cultura popular: la toponímia en l'imaginari de la societat tradicional. In: MALLORQUÍ, E. (coord.): *Toponímia, paisatge i cultura: els noms de lloc des de la lingüística, la geografia i la història*. Associació d'història rural de les comarques gironines - Documenta Universitària (Col. Fonts), 4: 127-144.
- ROMAN, F. (1927): Sur quelques fossiles des lignites de Binisalem (Majorque) recueillis par B. Darder Pericas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 27: 383-390.
- TORT, J. (2003): Toponimia y marginalidad geográfica. Los nombres de lugar como reflejo de una interpretación del espacio. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 7(138). Universitat de Barcelona. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-138.htm>
- VIDAL, L. M. (1917): Edad geológica de los Lignitos de Selva y Binisalem (Mallorca) y descripción de algunas especies Fósiles. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 10(7).

# APORTACIÓ AL CONEIXEMENT DE LES CAVITATS DE LA MACARONÈSIA

per Miquel TRIAS<sup>1</sup>, Juan Carlos RANDO<sup>2</sup> & Josep Antoni ALCOVER<sup>1,3</sup>

## Resum

En aquest treball descrivim una sèrie de cavitats de la Macaronèsia. Foren topografiades en el curs de les visites emmarcades a un Projecte de Recerca dirigit a determinar cronologies d'extincions d'espècies autòctones de vertebrats i d'introduccions d'espècies al·lòctones a illes macaronèsiques i a les Balears. Hi descrivim 15 cavitats, majorment de l'illa de Fuerteventura i d'altres de Lanzarote i Madeira. Entre aquestes cavitats presentem la topografia de la Cueva de Villaverde, un tub volcànic de 171 m de recorregut que hosteja una important estació aborigen de l'illa, així com la de la Sima de las Palomas de la Montaña de la Arena, on s'hi trobaren restes del la baldrija de la lava, *Puffinus olsoni*, endèmica de les Canàries orientals. Descrivim diferents avencs als voltants de la Montaña de l'Arena, on s'ha facilitat l'accés mitjançant caramulls de pedres en equilibri. Degut a la presència de coloms i baldrigues a l'interior d'aquests avencs, aquestes estructures segurament es varen fer per poder caçar-les. Es descriuen tres cavitats petites de Madeira.

## Abstract

In this paper we describe a series of caves from several Macaronesian islands surveyed in the course of the field work framed in a research project aimed at determining chronology of extinctions of native species of vertebrates and introductions of alien species on the Macaronesian and the Balearic Islands. 15 cavities are described, mostly from the island of Fuerteventura, and others from Lanzarote and Madeira. Among them, the topography of the Cueva de Villaverde, a volcanic tube of 171 m long that includes an important aboriginal station on the island, as well as the Sima de las Palomas on the Montaña de la Arena, containing remains of the extinct endemic Lava shearwater *Puffinus olsoni*, are presented. Several pot-holes around the Montaña de la Arena, where their access has been facilitated through rock accumulations inside them. Due to pigeons and shearwaters breed inside these caves, these structures very probably were made to allow the access for hunting chick of these birds. Finally, the description of three small cavities from Madeira completes the paper.

## Resumen

En este trabajo describimos una serie de cavidades de la Macaronesia topografiadas en el curso de las visitas enmarcadas en un Proyecto de Investigación dirigido a determinar cronologías de extinciones de especies autóctonas e introducciones de especies alóctonas de vertebrados en diferentes islas macaronésicas y en Baleares. Se describen 15 cavidades, principalmente de la isla de Fuerteventura, así como otras de Lanzarote y Madeira. Entre estas cavidades presentamos la topografía de la Cueva de Villaverde, un tubo volcánico de 171 m de largo que alberga una importante estación aborigen de la isla, así como la de la Sima de las Palomas de la Montaña de la Arena, en donde se localizaron por primera vez los restos de la Pardela del Malpaís, *Puffinus olsoni*. Se describen diferentes simas en las laderas de la Montaña de la Arena, cuyo acceso se ha facilitado debido a la existencia de amontonamientos de piedras en su interior, probablemente construidas para la caza de pollos de palomas y pardelas que anidan en su interior. Por último, se describen tres pequeñas cavidades de Madeira.

## Sumario

Neste trabalho descrevemos uma série de cavidades topografiadas da Macaronésia, feitas no decurso dum projecto de investigação com vista a determinar a cronologia de extinções de espécies nativas de animais vertebrados i d'introduccions de espécies exóticas nas ilhas Macaronesias e as ilhas Baleares. 15 cavidades são descritas, principalmente de Fuerteventura e outras de Lanzarote e Madeira. Apresentam a topografia da Cueva de Villaverde, um tubo vulcânico de 171 m de comprimento, que abriga uma importante estação aborígene na ilha, bem como a Sima de las Palomas na Montaña de la Arena, onde encontraram restos do *Puffinus olsoni*. Descrevemos vários buracos ao lado da Montanha da Areia, onde o acesso foi facilitado através de acúmulos de rocha. Devido a presença de pombos e cagaras dentro destas cavernas, essas estruturas muito provavelmente foram feitas para permitir o acesso de caça destas aves. Finalmente, descrevemos três pequenas furnas da Madeira

1 Speleo Club Mallorca  
2 Departamento de Biología Animal (UDI Zoología), Universidad de La Laguna E-38206 La Laguna, Tenerife - Canary Islands (Spain). e-mail: canariomys@yahoo.es

3 Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB), Cta de Valldemossa km 7,5, 07122 Palma de Mallorca

## Introducció

Des de l'any 1989 membres de l'Imedeia, de la Universidad de La Laguna, de la Federació Balear d'Espeleologia i de la Universitat de Montpeller II han realitzat campanyes de prospecció a diferents illes de la Macaronèsia sota la cobertura de diferents Projectes de Recerca. La Macaronèsia inclou arxipèlags atlàntics d'origen volcànic (Canàries, Madeira, Açores, Cabo Verde), molt distants entre sí però que comparteixen característiques biogeogràfiques, zoològiques i botàniques. Les campanyes inicials permeteren descriure algunes espècies noves per a la ciència d'aus recentment extingides, com ara *Carduelis triasi*, *Puffinus olsoni* i *Coturnix gomerae* (ALCOVER & FLORIT, 1987; McMINN *et al.*, 1990; JAUME *et al.*, 1993). Als treballs on descrivirem

aquestes espècies també incloïem descripcions i/o topografies de les cavitats on trobàrem les seves restes. Més endavant hem descrit noves espècies d'ocells, tals com *Emberiza alcoveri* i *Carduelis aurelioi* (RANDO *et al.*, 1999, 2010).

L'objectiu principal de les campanyes realitzades a partir del 2005 ha consistit en tractar d'establir cronologies precises que documentessin la darrera presència coneguda de diferents espècies endèmiques actualment extingides i la presència més antiga coneguda d'espècies introduïdes pels humans. A la Macaronèsia hem obtingut dades radiocarbòniques que han subministrat informacions rellevants sobre la cronologia de l'extinció de *Puffinus olsoni*, *Puffinus holeae*, *Malpaisomys insula-*

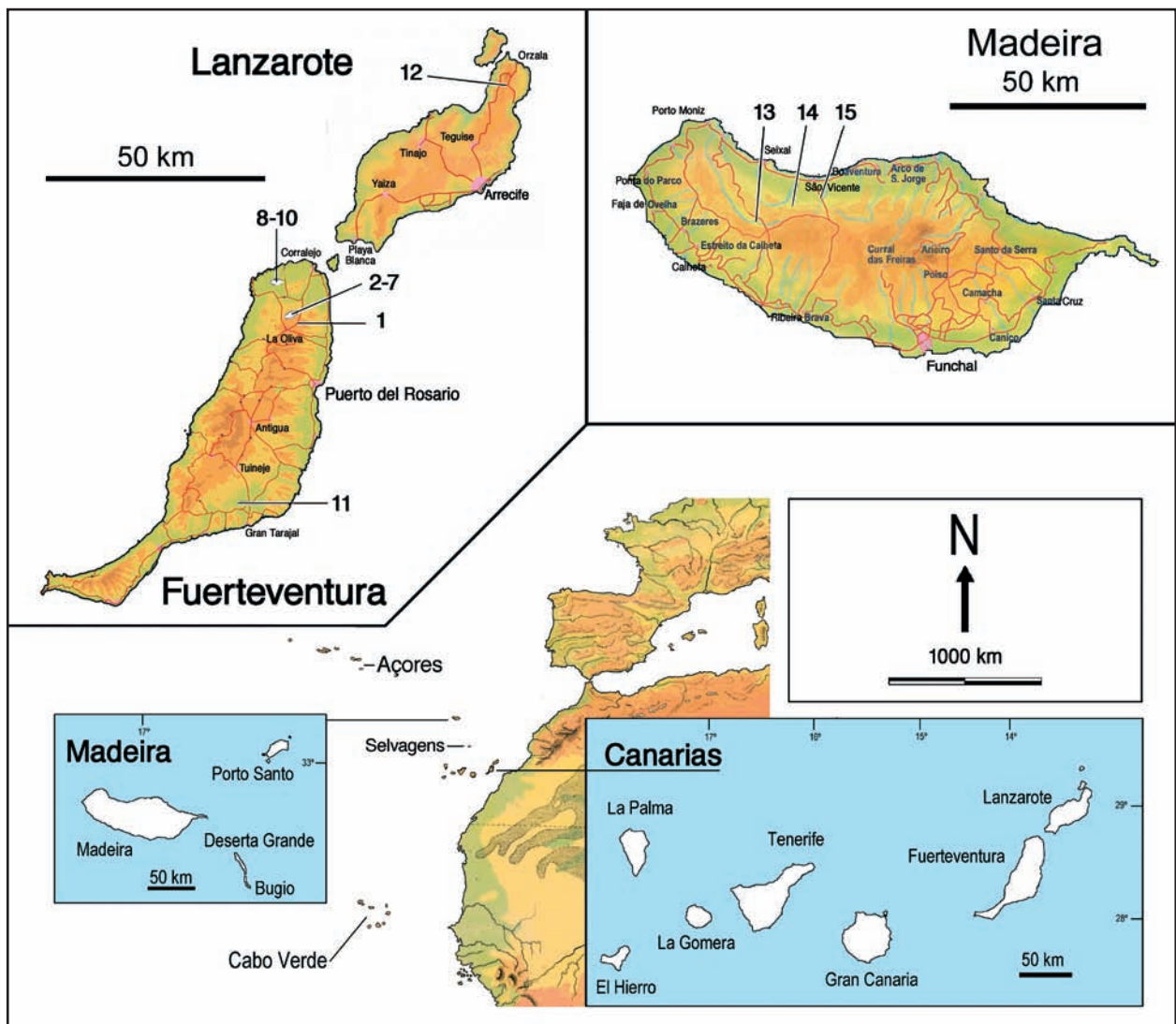


Figura 1: Situació geogràfica de la Macaronèsia i ubicació de les caver- nes descrites en el present treball: 1) Cueva de Villaverde, 2) Sima de las Palomas, 3) P1, 4) P2, 5) P3-Palomas hornito, 6) P4, 7) P5, 8) Cueva de las Corujas, 9) Cueva del Medio, 10) Cueva de la Puerta, 11) Cueva de las Moscas, 12) Cueva del Lagar, 13) Furna Feia, 14) Furna dos Pessegueiros, 15) Gruta de São Vicente 2.

Figure 1: Geographic situation of Macaronesian archipelagos and location of the caves described in this paper: 1) Cueva de Villa- verde, 2) Sima de las Palomas, 3) P1, 4) P2, 5) P3-Palomas hornito, 6) P4, 7) P5, 8) Cueva de las Corujas, 9) Cueva del Medio, 10) Cueva de la Puerta, 11) Cueva de las Moscas, 12) Cueva del Lagar, 13) Furna Feia, 14) Furna dos Pesseguei- ros, 15) Gruta de São Vicente 2.

ris (RANDO & ALCOVER, 2008, 2010, RANDO *et al.*, 2008), i *Canariomys* (dades no publicades), així com dades radiocarbòniques que no han resultat tan rellevants per a l'establiment de la cronologia de l'extinció d'altres espècies (e.g., RANDO *et al.*, 2010). També hem obtingut dades d'interès per a l'establiment de la cronologia de l'arribada dels humans i de la seva fauna acompanyant (ALCOVER *et al.*, 2009). L'obtenció d'evidències de darrera presència d'espècies autòctones i primera presència d'espècies introduïdes ha comportat la prospecció de diferents cavitats susceptibles de contenir restes de les espècies objecte dels nostres estudis.

Tanmateix, les activitats de prospecció no s'han reduït a la simple visita de coves, recol·lecció d'ossos i a determinació d'espècies. Seguint els protocols dels treballs anteriors, hem cregut important donar un caire una mica interdisciplinari a la nostra tasca, amb la descripció del context en que s'han trobat les restes estudiades i de contextos explorats amb la intenció de trobar-hi restes fòssils d'interès per al nostre Projecte que han resultat estèrils. Dintre de l'àmbit de la descripció del context, la topografia de les cavitats on s'ha treballat resulta fonamental. En aquest treball presentem diferents topografies i descripcions inèdites de cavitats de Canàries i de Madeira que creiem són dignes de publicar, baldament sigui per contribuir a incrementar el catàleg de cavitats de la Macaronèsia i posar-les a l'abast dels possibles interessats i de la comunitat científica en general.

## Antiguitat de les illes

La gènesi dels diferents arxipèlags de la Macaronèsia ha estat un procés complex. Són, tots, conjunts d'illes d'origen volcànic, muntanyes gegantines que a diferents moments varen emergir de les fondàries de l'oceà Atlàntic. Les Canàries presenten un patró d'emersió on les illes més antigues són les orientals, i les més modernes les més occidentals. A aquest arxipèlag, les illes que primer varen emergir foren Fuerteventura i Lanzarote, que ho varen fer fa més de 20 milions d'anys (COELLO *et al.* 1992). Aquestes dues illes han constituït una única illa durant gran part de la seva història, una illa que els biogeògrafs han batiat com a "Mahan", i que alguns moments feia més de 5000 km<sup>2</sup> (GACÍA-TALAVERA, 1997). Les illes més recents de l'arxipèlag canari són La Palma, emergida fa  $1,7 \pm 0,2$  milions d'anys (GUILLOU *et al.*, 2001), i El Hierro emergida fa  $1,1 \pm 0,02$  milions d'anys (GUILLOU *et al.*, 1996). Entre aquests dos grups es troben Gran Canaria, amb una edat estimada de 14,5 Ma (HOERNLE *et al.*, 1991), La Gomera, emergida fa més de  $10,2 \pm 0,5$  Ma; i Tenerife, amb roques emergides ja des de fa  $11,6 \pm 0,2$  Ma (ANCOCHEA *et al.*, 1990). Pel que fa l'arxipèlag de Madeira, constituït per dues illes principals i algunes de secundàries. Porto Santo és l'illa més antiga, amb una edat de fa més de 14 milions d'anys. Madeira és una illa més recent, de fa uns 4,6 milions d'anys (GELDMACHER *et al.*, 2000).

## Generalitats

Les coves volcàniques són formacions singenètiques creades a la vegada que la roca encaixant; se solen generar a colades basàltiques fluides de tipus "pahoehoe". Quan, degut a una erupció, es produeix un flux de lava que avença sobre un pendent moderat, l'exterior de la colada làvica es refreda, mentre que l'interior és conserva calent, de manera que la lava continua circulant deixant buits: tubs volcànics o galeries. Dins els fenòmens de convergència de formes amb fenòmens fluvials hipogeus trobam les **terrasses** laterals dels tubs volcànics, antics nivells de la lava que s'escolava; els **estafilits**, degotissos de lava solidificats abans de caure del sostre del tub a la manera d'estalactites, generalment de poca mida. Els edificis volcànics són poc resistents a l'erosió i tenen poca estabilitat mecànica, per aquesta causa les coves s'esfondren en poc temps, sobretot a les illes més plujoses de manera que les illes més antigues són pobres en coves.

Els sostres tenen tendència a esfondrar-se creant un forat subcircular anomenat **jameo** a Canàries, de gènesi semblant als nostres abissaments i als cenotes del Yucatan. De vegades es pot esfondrar gran part del sostre seguint una galeria formant-se un canal làvic. D'altra banda, l'acció dels gasos dins la colada calenta provoca violentes obertures a la superfície, que generen unes estructures anomenades **hornitos**.

Les cavitats volcàniques poden assolir dimensions importants com el sistema Kazumura-Olaa a Hawaii de 65 Km de recorregut i 1100 m de desnivell. La cavitat més important de la Macaronèsia és el sistema Viento-Sobrado a l'illa de Tenerife amb 18 km de recorregut i 480 m de desnivell, amb diferents boques.

## Fuerteventura

Com hem vist més amunt, Fuerteventura és una illa molt antiga, la més antiga de tot el conjunt de la Macaronèsia. La seva extensió és de 1658 km<sup>2</sup>, amb el punt més alt, la **Montaña de la Arena** a 420 d'altitud. Malgrat l'antiguitat citada, algunes zones han sofert activitat volcànica molt després de la seva formació com a illa és a dir de la seva emersió del mantell oceànic, creant camps de lava recents coneguts a l'illa com a "malpaíses" entre d'altres el Malpaís Grande i el Malpaís Chico procedents de la caldera de Gairia (DÓNIZ-PÁEZ, 2009). Al nord de l'illa els terrenys més recents es troben als voltants de la **Montaña de la Arena**, que amb una antiguitat probablement de menys de 10.000 anys (CRIADO, 1991) presenta un bon mostrari de fenòmens volcànics superficials i subterranis. Les colades formen un malpaís de 12 km<sup>2</sup>. En principi les laves eren molt fluides on es formaren tubs i les morfologies epígonas. Part d'aquestes laves es recobriren amb laves escorianes. Aquí s'han localitzat bon nombre de cavitats.



## 1.— CUEVA DE VILLAVERDE

La Oliva, Coordenades UTM: 28R 607531W-3168290N fus 28 datum WGS 84

Després de la propera Cueva del Llano és la cavitat de més desenvolupament i més interessant de l'illa. Està situada en el nucli urbà de Villaverde, municipi de La Oliva, cosa que crea prou problemes per a la conservació. Aproximadament a la seva meitat —vid secció JJ' de la topografia— per un clivell al costat NE hi ha una filtració d'aigües brutes, que han de provenir d'un pou negre de les cases de la vila. No és l'única afectació de les estructures urbanes a la cova: ben al centre de la galeria, poc després del final de la zona arqueològica trobam un pou excavat amb finalitat desconeguda i sense emissions de cap classe.

Abans del 1979 la cavitat era completament invisible des de l'exterior, fou descoberta el 1979 quan hom rompia el terreny amb barrobins (BLANCO, 1984), rebentant el sostre just a la zona arqueològica segurament prop d'on devia esser l'entrada original.

Els barrobins crearen una entrada baixa per on podem accedir a la branca nord de la cova. Malgrat l'excavació de l'exterior, al costat sud no hem trobat l'entrada original.

La cova és un tub que s'allarga uns 171 m, tot i que el desenvolupament topogràfic real assoleix els 320 m. A 50 m del final se subdivideix en dues galeries

paral·leles per confluïr fins al final transitable de la cova. La primera part és un tub d'amplada constant de 5 m i una alçada de 2 m. la zona final és baixa de sostre —devers 1 m— i ampla de 10 m, les seccions són arrodonides amb poca presència d'estafilits, cosa que indica un cert mecanisme d'enderrocament del sostre. El pis és de sediments terrosos amb una potència mínima de 1 m i alguna intercalació de material piroclàstic. La primera meitat presenta un pis i sostre descendents en pendent suau arribant a assolir una fondària de 9,25 m, la segona meitat és ben horitzontal.

La cova va servir d'habitatge en època indeterminada: hi podem apreciar uns closos o rotlles de barraca de pedra irregular d'entre un metre i mig i els dos metres de diàmetre. També va servir d'enterrament després de l'època en què va servir d'habitatge: s'hi han trobat ossos de dos individus, dissortadament no varen sobreviure a la curiositat pels primers visitants (BLANCO, 1984).

## 2.— SIMA DE LAS PALOMAS

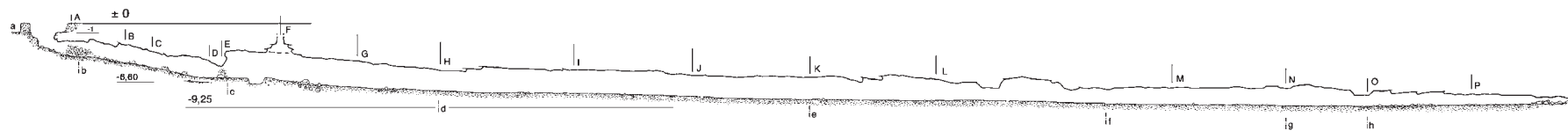
28R 604421W/316348N

Aquesta i les cavitats següents de nom "P seguit d'nombre" estan situades al coster de la Montaña de la Arena en un espai reduït. Ens trobam davant un gran esfondrament dins la colada de bon rost —20°— que davalla del volcà de la Montaña de la Arena. És un gran

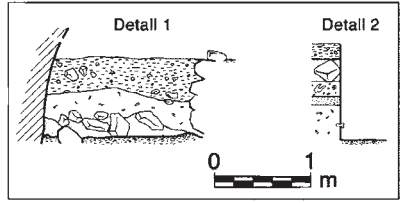


Foto 1: Cueva de Villaverde, prop de l'entrada.

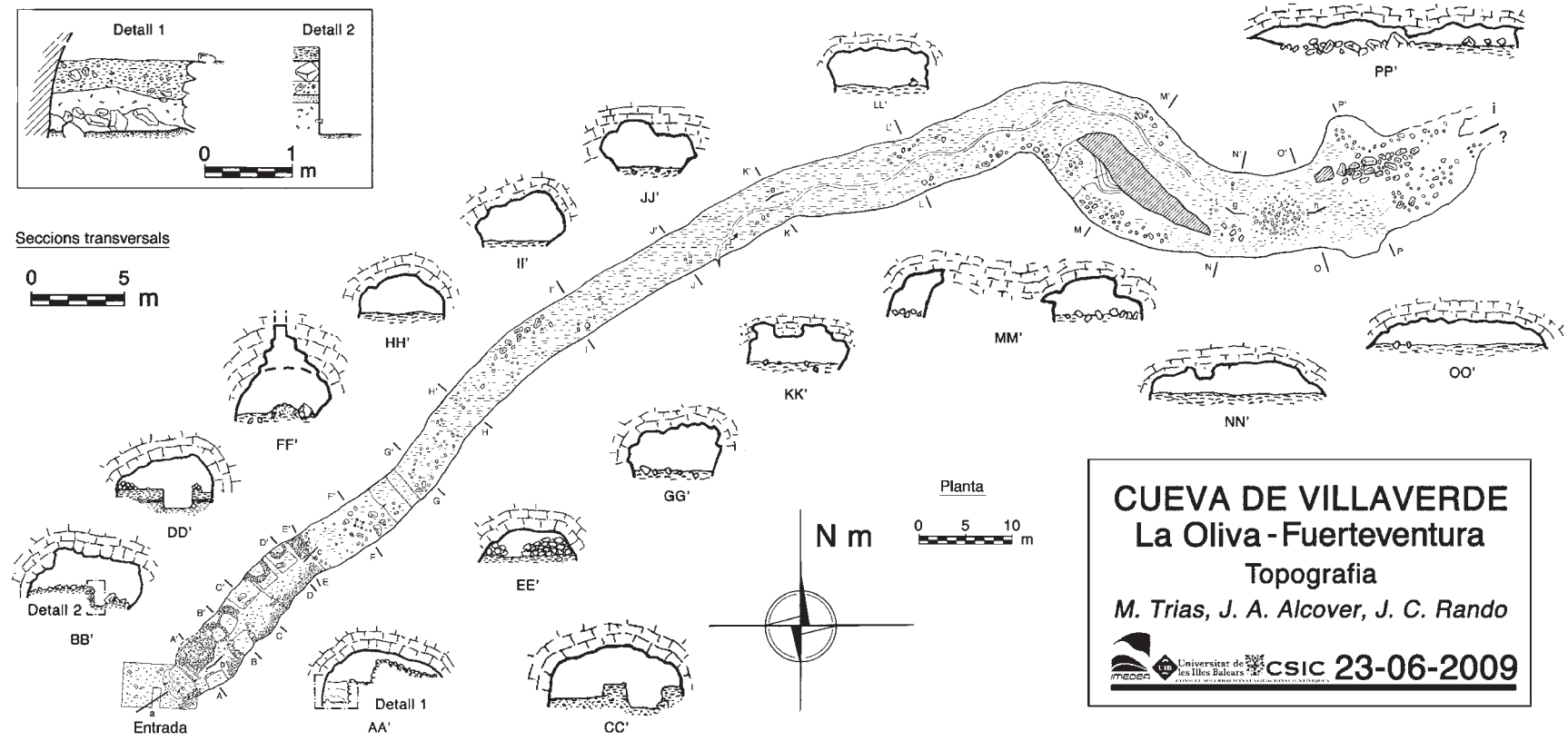
Photo 1: Cueva de Villaverde, near the entrance.



Secció longitudinal 0 5 10 m



Seccions transversals



**CUEVA DE VILLAVERDE**  
**La Oliva - Fuerteventura**  
**Topografia**  
*M. Trias, J. A. Alcover, J. C. Rando*

CSIC 23-06-2009

buit de forma acampanada amb algunes subdivisions causades pels enderrocs que cobreixen tot el pis. La boca és ovalada amb uns eixos major i menor de 10 m per 7 m respectivament. La inclinació del terreny motiva un fort desnivell dels seus dos llavis: 8 m en direcció NO-S. En aquesta direcció els extrems de la boca estan separats 21 m. El desenvolupament topogràfic real és de 97 m i la fondària és de 26,25 m. Els abundants enderrocs ens informen que es tracta d'una cavitat bastant evolucionada en el temps. Al costat NE de la boca hi ha un caramull piramidal de pedres per accedir-hi; el lloc ha estat triat perquè aquí la paret —tot i que és més alta que a d'altres indrets— és vertical, mentre que a la resta fa balma; no és agosarat suposar que hom davallava la part superior a braó amb una corda i s'ajudava amb la "piràmide" per baixar el darrer tros. Val a dir que aquestes piràmides són molt inestables degut a que les pedres no són gaire grans ni feixugues i a més n'hi ha moltes d'arrodonides.



Foto 2: Exterior de la Sima de las Palomas al coster del volcà de La Arena.

Photo 2: Exterior of Sima de las Palomas, at the slope of La Arena volcano.

### 3.— P1.

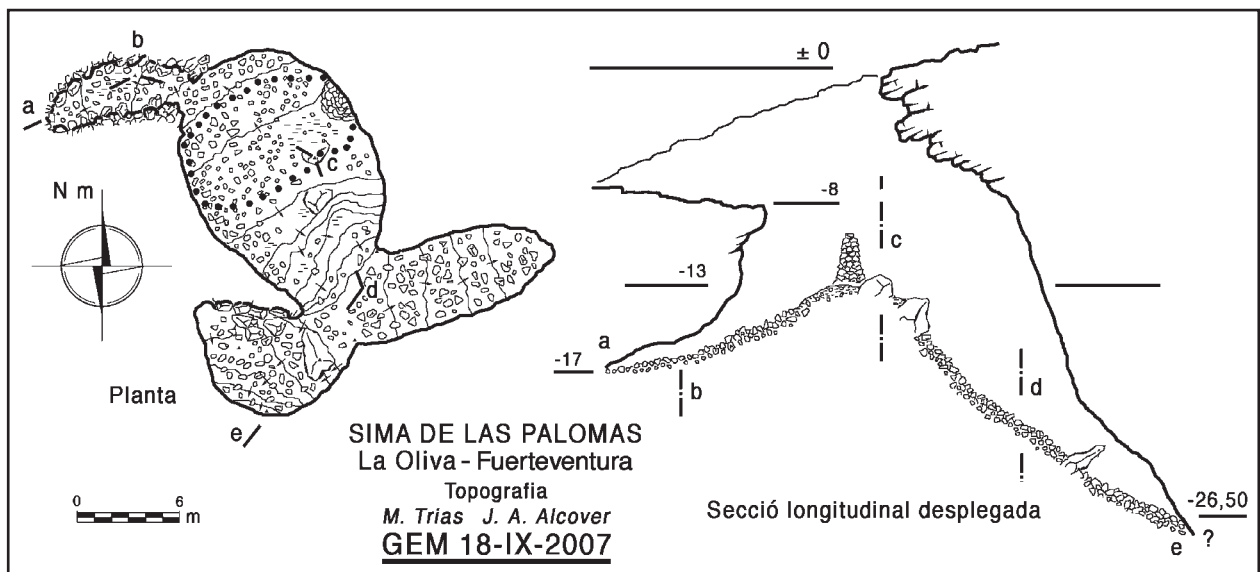
La Oliva, 28R 604616W/3168357N

És un pou cilíndric d'un amplada de 10 m per 7 m quasi constant a tota la seva caiguda. Tanmateix a la part inferior les parets s'eixamplen, potser indicatiu de la presència d'un tub, l'esfondrament del sostre del qual hauria estat origen de la comunicació de la cavitat amb l'exterior.



Foto 3: Sima de las Palomas, al fons del pou d'entrada. S'hi veu clarament la piràmide —no gaire estable— de pedres que en facilita l'accés amb mitjans precaris.

Photo 3: Sima de las Palomas, at the bottom of the pit. A pyramid of stones that facilitates the entrance is clearly visible.



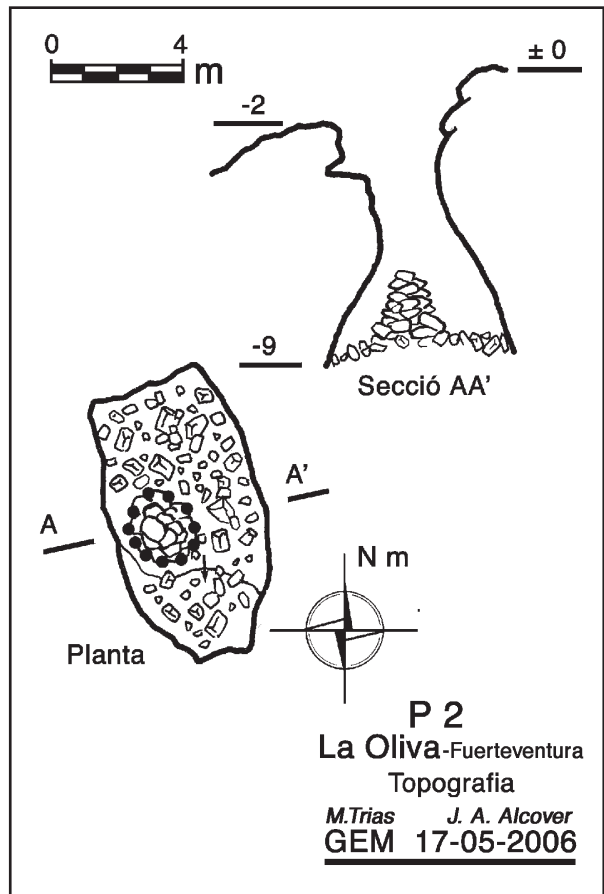
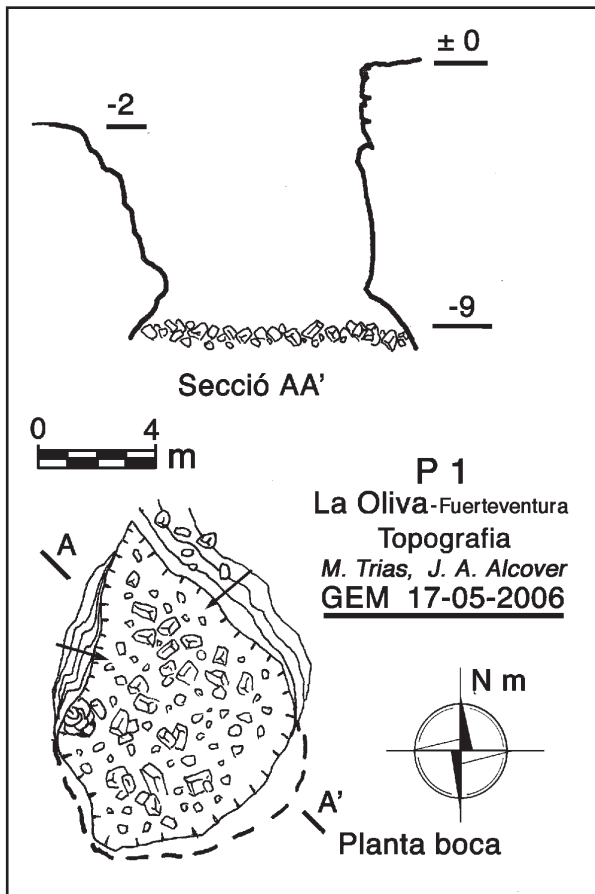


Foto 4: Entrada a l'avenc P2, no hi manca el munt de pedres present en totes les cavitats verticals de la zona.

Photo 4: P2 entrance, with the characteristic pyramid of stones present in all the vertical caves in Montaña de la Arena.

#### 4.— P 2.

La Oliva, 28R 604591W/3168399N

Pou acampanat de 9 m de fondo, la boca és rodona de 2 m de diàmetre, la planta del fons cobert d'enderrocs és de 8 m per 5 m. Per l'aspecte creiem que es tracta d'un *hornito*, conducte vertical generat per una bombolla de gas que ha reventat el sostre d'una bossa de magma. Aquí també trobam una piràmide de pedres per facilitar-ne l'accés.

#### 5.— P 3. PALOMAS HORNITO

La Oliva, 28R 604345W/3168421N

La seva entrada —un pou de 7 m de fondària— és fàcil de veure als peus d'una piràmide de lava en un terreny pla; el pou comunica amb un galeria de 34 m de llargada i planta divagant, bàsicament en direcció nord-sud indicant el seu origen a la Montaña de la Arena. Essencialment la galeria és quasi horitzontal entre 12 m i 3 m d'amplada, tret de les zones on hi ha hagut esfondraments: davall del pou d'entrada i l'extrem nord. La fondària màxima és de 12 m a l'extrem nord i de 11 m a l'extrem sud. Tret de les zones tapades d'enderrocs s'aprecia bé el pis de lava amb algunes textures cordades. Pensam que la boca de 5 m per 4 m, sigui un *hornito*, xemeneia per on ha sortit el gas dins la colada calenta, modificada per esfondraments.

L'habitual piràmide de pedres s'aferra al costat est de la boca i arriba fins a la meitat de la caiguda del pou.

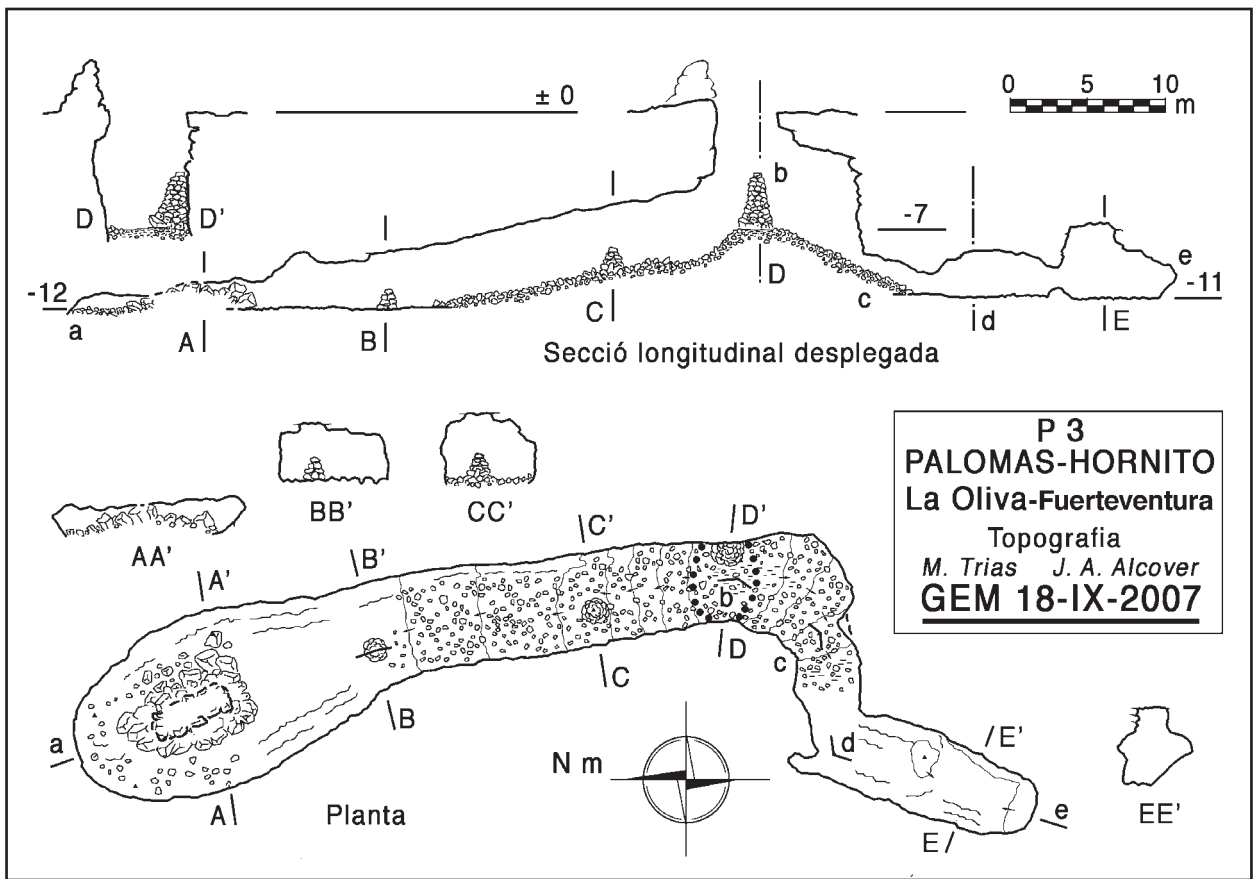
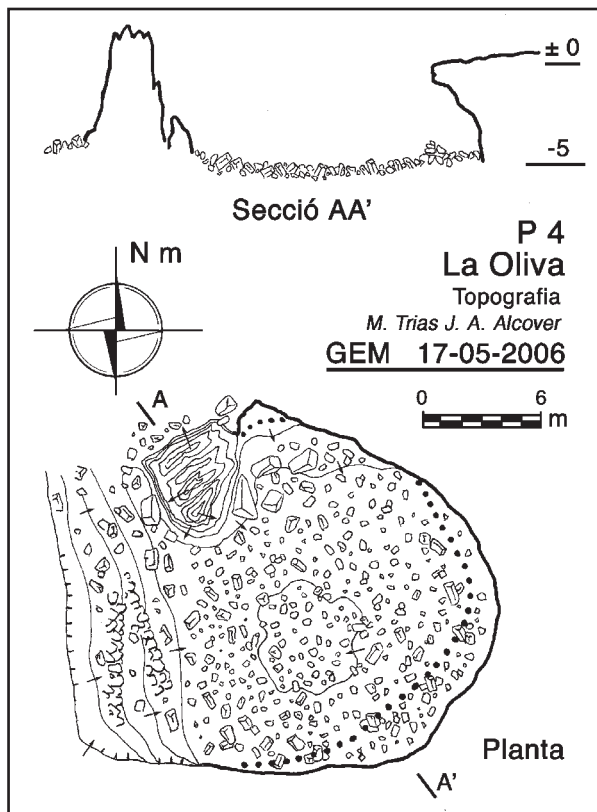


Foto 5: Exterior de Palomas-Hornito, els pinacles en segon terme són lava aixecada per la força dels gasos en obrir-se la boca.

Photo 5: Surroundings of Sima de las Palomas-Hornito. Pinnacles in second term are lava uplifted by gas pressures at the opening time of the cave.



6.— P 4.

La Oliva, 28R 604322W/3168502N

La cavitat és un clotada rodonenca d'uns 20 m de diàmetre i 5 m de fondària. Segurament evolucionà a partir d'un tub volcànic obert a l'exterior per un abissament, *jameo*. Entre els posteriors esbaldrecs del sostre i el reblit d'enderrocs ha desaparegut la part subterrània, només al costat sud-est unes parets fent balma ens donen fe del passat d'un fenomen que només podem anomenar cova amb una agosarada visió espeleogenètica. En el costat nord presenta un pitó de lava que puja més d'un metre per damunt el nivell del terreny. Aquesta cavitat com totes les de la zona amb les parets plenes de clivells són aprofitades per ocells com a posadors o per fer-hi el niu; especialment interessant són les òlibes, que actuen com a agents bioacumuladors de microfauna a la cavitat. Dues marjades en angle al costat oest en faciliten l'accés.

7.— P 5.

La Oliva, 28R 604307W/3168394N

Es tracta d'un hornito; un pou amb una boca rodonenca de 1,5 de diàmetre que s'eixampla espectacularment fins assolir al fons unes dimensions de 16 m per 10 m. Al costat NE una galeria que acaba colmatada assolix els 5 m de llargària. La fondària màxima és de 9 m tot i que davall la boca el caramull d'enderrocs la redueix a 5 m. A la boca la gènesi es veu clarament, presenta els llavis exvassats per la força del gasos. Just sota la boca hi ha l'habitual piràmide de pedres, aquest pic sense paret on recolzar-se i de 2 m d'alçària.

8.— CUEVA DE LAS CORUJAS

La Oliva, 28R 600609W-3175250N

És un altre exemple de cavitat residual com les citades més amunt. És una clotada arrodonida de 20 m per 19 m en planta, quasi sense sostre i plena d'enderrocs; l'únic recer és una balma en forma de mitja lluna de 5 m de penetració màxima en el terreny a la banda est. En aquest costat les parets ben extraplomades són un bon refugi per a les òlibes, d'aquí li ve el nom.

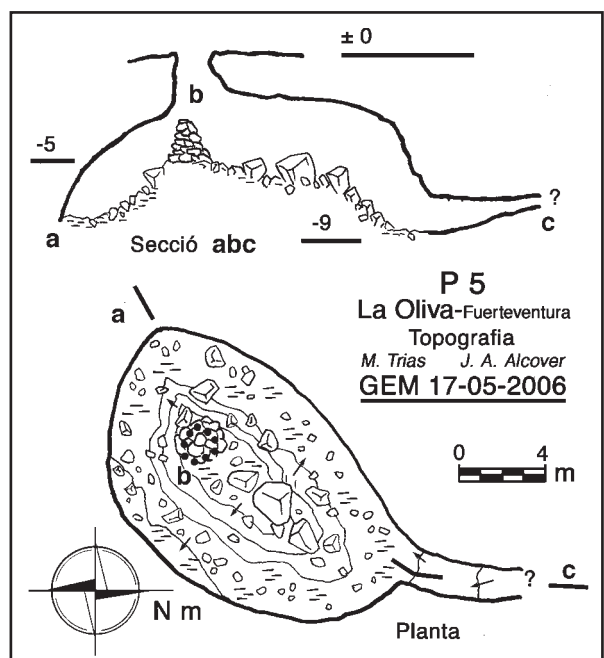
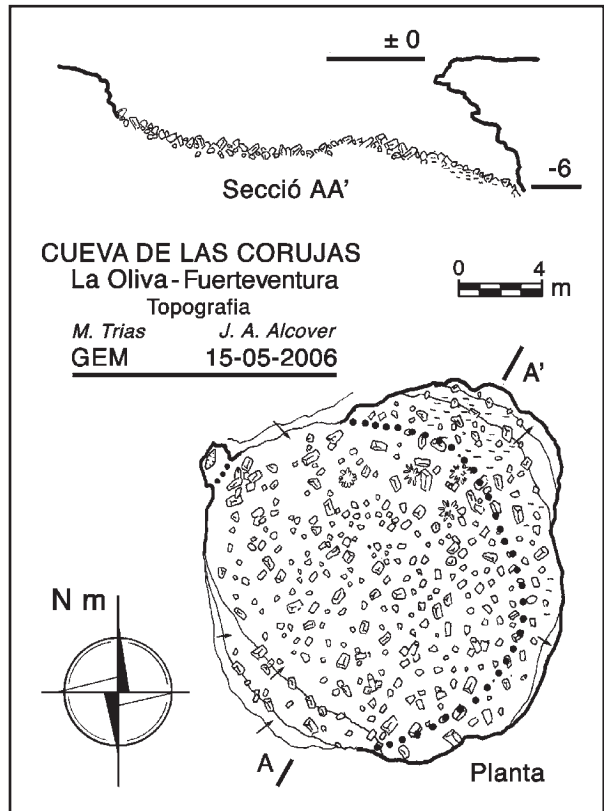
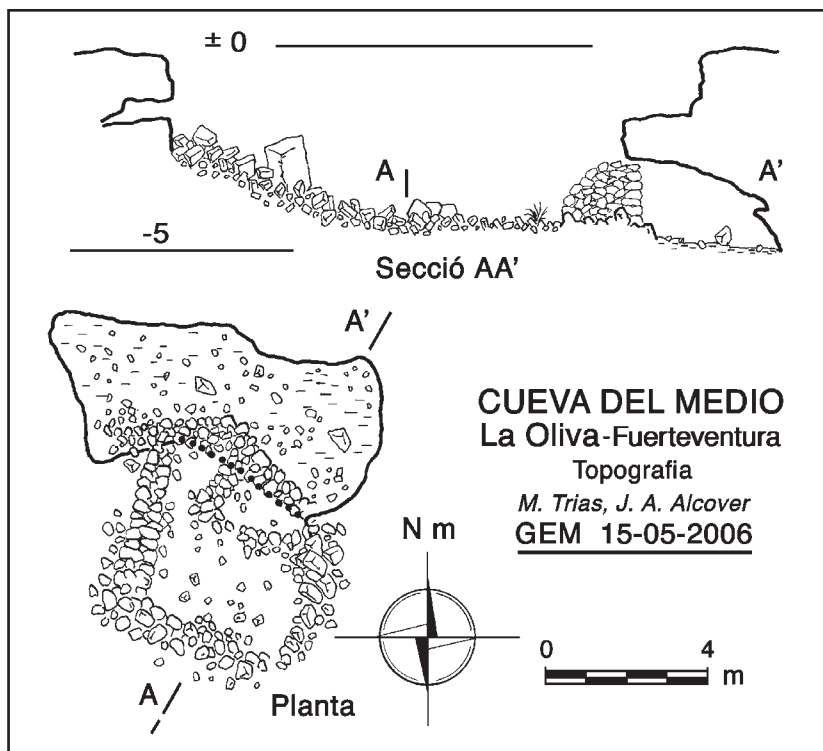




Foto 6: Vista de l'exterior de la Cueva de las Corujas, els esfondraments l'han deixada reduïda a una cavitat residual dins un malpaís.

Photo 6: Outside view of Cueva de las Corujas. It is a residual cave inside the malpaís due to the collapse of rocks.



## 9.—CUEVA DEL MEDIO

La Oliva, 28R 600672W-3175255N

Com el cas anterior és tracta d'una depressió o clotada d'uns 30 m de dimensió màxima en direcció NE-SO, l'única en la qual es veuen els límits de l'antiga cavitat, les altres vores no es poden apreciar. En el costat NE trobam una coveta o balma de 8 m per 4 m de dimensions màximes i d'una alçada de 2 m a l'entrada, tancada per unes parets de pedra en sec. Al costat oposat hi ha una paret de 2 m d'alçada, possiblement la que tancava l'antiga cavitat com hem dit més amunt. Tota la superfície a cel obert és plena d'enderrocs de mides molt variades, només la balma presenta sediments argilosos al pis, que suposam destapats pels constructors de la barraca.



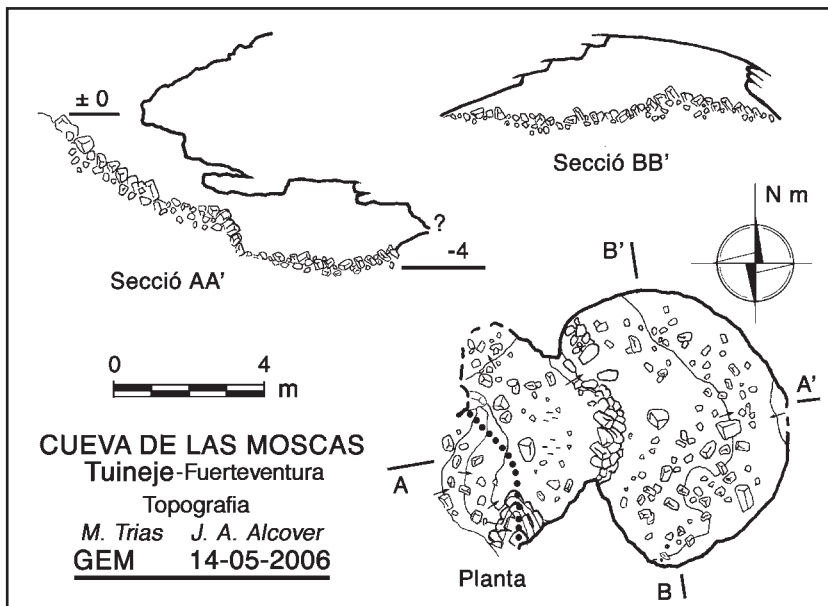
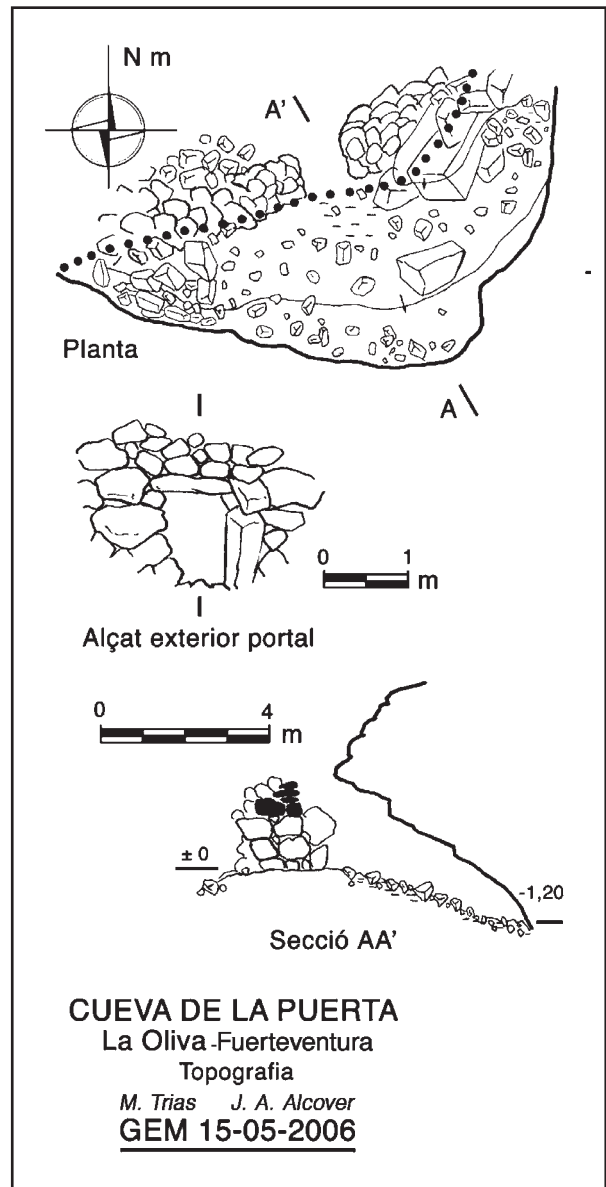
Foto 7: Exterior de la Cueva de la Puerta, hom hi veu el pedreny del malpaís, els remanents de l'antiga cavitat o canal de lava, i la porta en el clos feta de pedrotos de basalt.

Photo 7: Cueva de la Puerta outside overview. The stone chaos of the malpaís, the remains of the lava channel and the basaltic stones of the door are visible.

## 10.—CUEVA DE LA PUERTA

La Oliva, 28R 600739W-3175261N)

Es podria tractar d'un cas semblant al de la P 4, el romanent d'un tub o altra forma subterrània quasi completament esfondrada; el que resta ara és una balma de 12 m per 5 m al costat sud-est, d'una alçada màxima de 2 m dins el que podria ésser un canal volcànic desfet. Al costat contrari no observem cap resta de les antigues parets. El que li dóna personalitat és el mur que la tanca i que degué servir per aprofitar-la com a barraca o estable. Conserva la porta —d'aquí li ve el nom— feta de blocs de basalt de bona mida i amb unes dimensions de 1 m per 0,75 m.



## 11.—CUEVA DE LAS MOSCAS

Tuineje, 28R 598520W/3129405N

Petita cavitat dins una colada en el Malpaís Grande inclinada cap a l'est. Té una certa complexitat en relació a la seva petitesa: 10 m de 10 m en planta, una fondària de 4 m i una alçada de 2 m a l'interior. La planta presenta una estretor devers la meitat, de manera que podríem dir que la cavitat està formada per dues saletes. Pis i sostre comencen inclinats i s'anivellen a l'interior. El pis és cobert d'enderrocs i el sostre presenta lloses mig desferrades. A l'estretor hi ha un marge que tanca la saleta interior; una mostra més de l'aprofitament de les coves en una illa pobre.



## Lanzarote

Aquesta és una illa molt antiga, el relleu original va esser aplanat per l'erosió; tanmateix va rejuvenir amb l'erupció de nombrosos volcans, les darreres el 1824, si bé que les més importants en el temps històrics foren les que es produïren entre 1730-1736. Dins les colades joves s'han engendrat nombroses coves, algunes són les més atractives de l'arxipèlag com la **Cueva de los Verdes** i els **Jameos del Agua**, parcialment ocupades per llacs anquihalins.

En la nostra estada a la illa prospectàrem la zona del Jameo de la Puerta Falsa, visitant alguns d'aquests fenòmens, alguns en rosari sobre el mateix tub, i d'altres malpaisos cercant restes del ratolí endèmic *Malpaisomys*, tot i que l'únic que topografiàrem és el que nosaltres anomenàrem del Lagar, per l'existència al seu interior d'un celler a l'abandó.

### 12.— JAMEO DEL LAGAR

Haría, 28R 648725W/3229038N

Situada al nord de Lanzarote, propera al volcà de La Corona es tracta d'un doble *jameo* sobre un tub volcànic de planta en colze, les dues branques fan un angle d'uns 100° i estan orientades N10°E-S10°O, i est-oest. El *jameo* est té una mica de recer tot al seu voltant, i el pis cobert d'enderrocs; la planta del fons té unes mesures de 40 m per 24 m. El *jameo* sud-oest assoleix els 15 m per 12 m, el seu costat meridional està cobert de terra vegetal amb un rost suau per on és fàcil l'accés a la

cova, segurament ha estat objecte de manipulació antròpica. On aquesta es palesa més és a la zona coberta de la cova, d'uns 15 m per 10 m, precisament allà on hi ha el colze. Està tancada per parets, la del costat sud arriba al sostre i presenta porta i finestra; adossada al seu interior hi ha una construcció cúbica de 3 m d'aresta, prou ben acabada; és el *lagar* que hem esmentat més amunt. El costat oriental està tancat per un marge en talús, de 4,50 m d'alçada, avui parcialment esbaldregat però que en temps devia arribar al sostre. El pis d'aquesta zona és net de pedres i cobert de sediments argilosos, aquí s'assoleixen els 10 m que té la cova de fondària. Curiosament ha estat objecte d'un ús particular en època contemporània: al sostre hi ha clavats nombrosos ancoratges per a la pràctica de l'escalada esportiva, tot i que no sembla que actualment s'hi facin activitats.

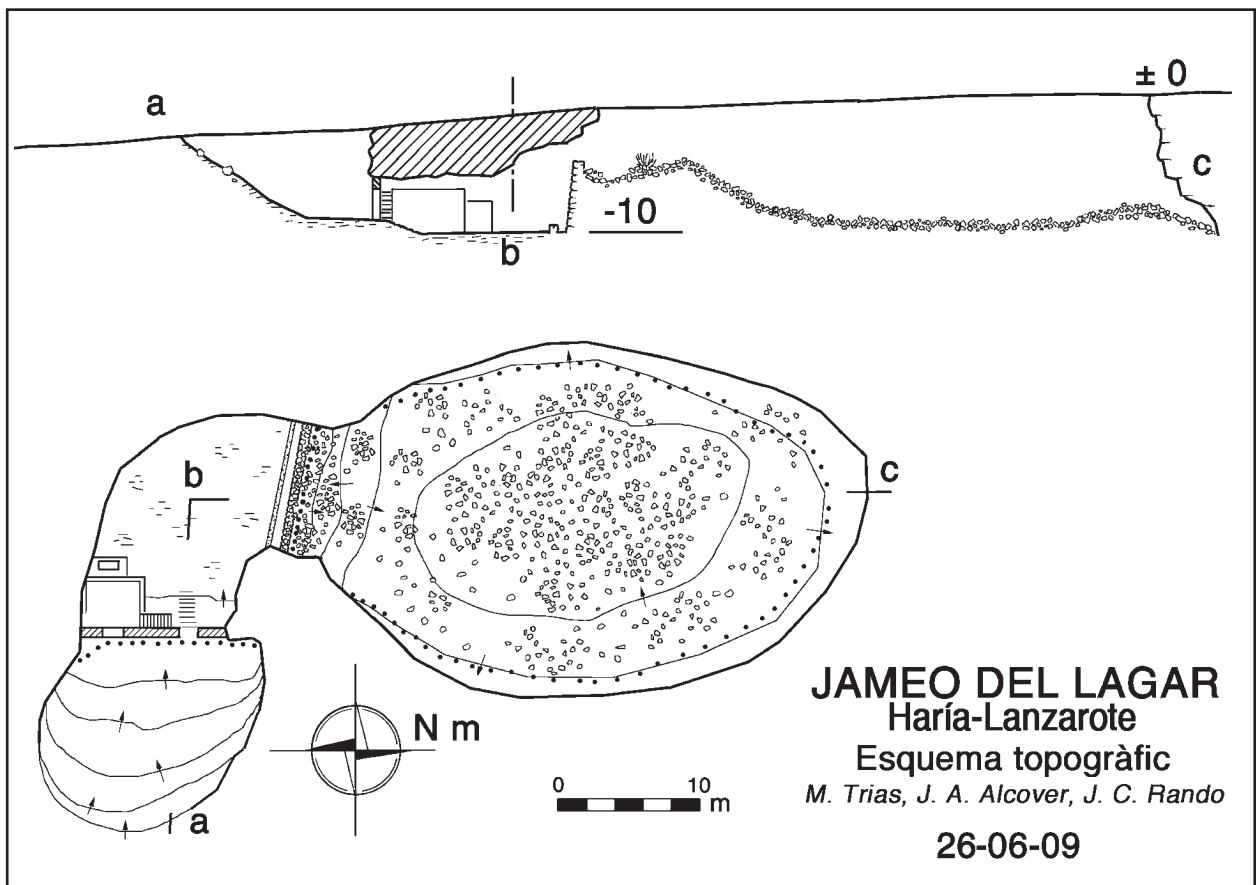
## Madeira & Porto Santo

Madeira té una extensió de 728 km<sup>2</sup>, i presenta un relleu molt esquerp, barrancs i carenes n'acidenten el territori fins a la seva alçada màxima de 1861 m, el Pico Ruivo. És una illa antiga i plujosa, per tant l'erosió ha deixat poques coves en peu, tot i això no hi manquen completament, tenguérem ocasió de fer-hi algunes visites i de topografiar-ne d'inèdites. Tanmateix cal confessar que en aquestes illes les nostres activitats es concentraren majorment en jaciments superficials: dunes i sorralles abundants en ossos d'ocells.



Foto 8: Entrada meridional al Jameo del Lagar. La finestra comunica directament amb el sostre del celler.

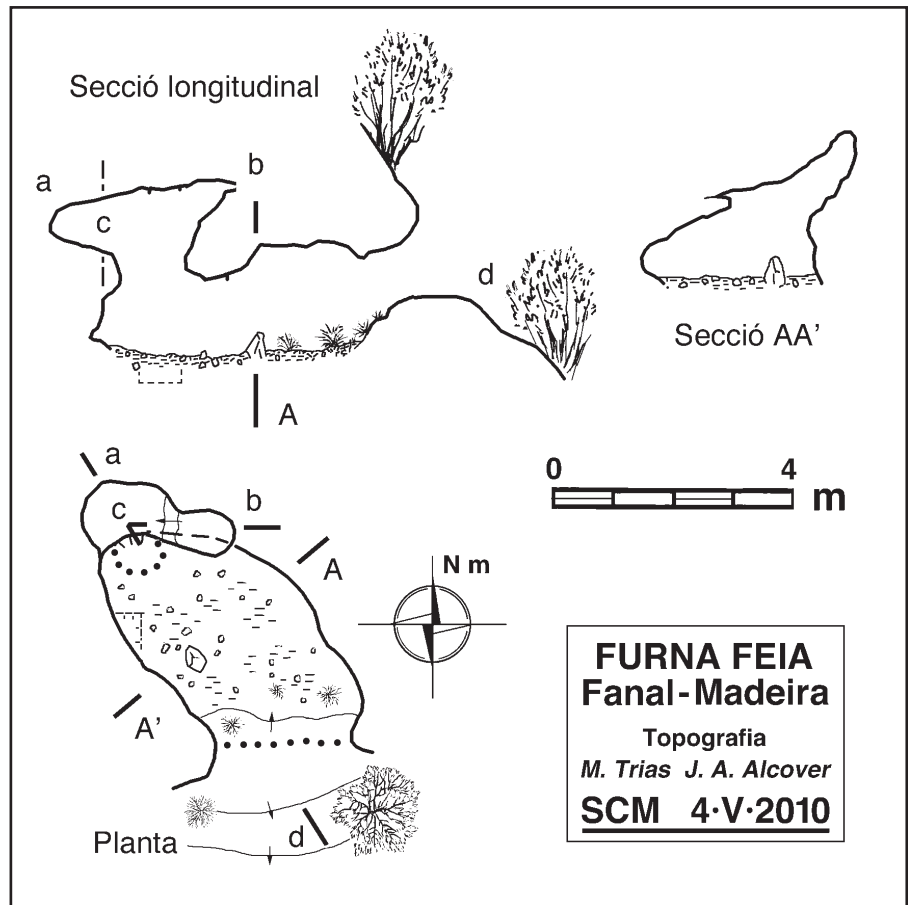
Photo 8: Jameo del Lagar south entrance. The window directly communicates with the roof of the cellar.



**13.—FURNA FEIA**

São Vicente, 28S  
 300781W-3631056N

La cavitat està situada dalt les serres del municipi de Fanal. **Furna** és el nom local per cova; la que mostrem ací està ficada dins un bosc espès secundari, nascut després de la cremada de la laurisilva de Madeira, poc temps passat de l'ocupació per Portugal el 1420. Només és una saleta ovalada, de 6 m de llargada per 3 m d'amplada, al fons una xemeneia comunica amb un piset superior que no puja gaire més de 3 m. La poca llargada i l'amplada de la boca fan que estigui ben il·luminada i que hi creixin molses i falgueres. Per davall de la vegetació hi trobam una capa potent de terra amb carbó, segurament restes dels focs encesos per la gent que s'hi va arrecerar o testimonis antics de la gran cremada de la laurisilva.



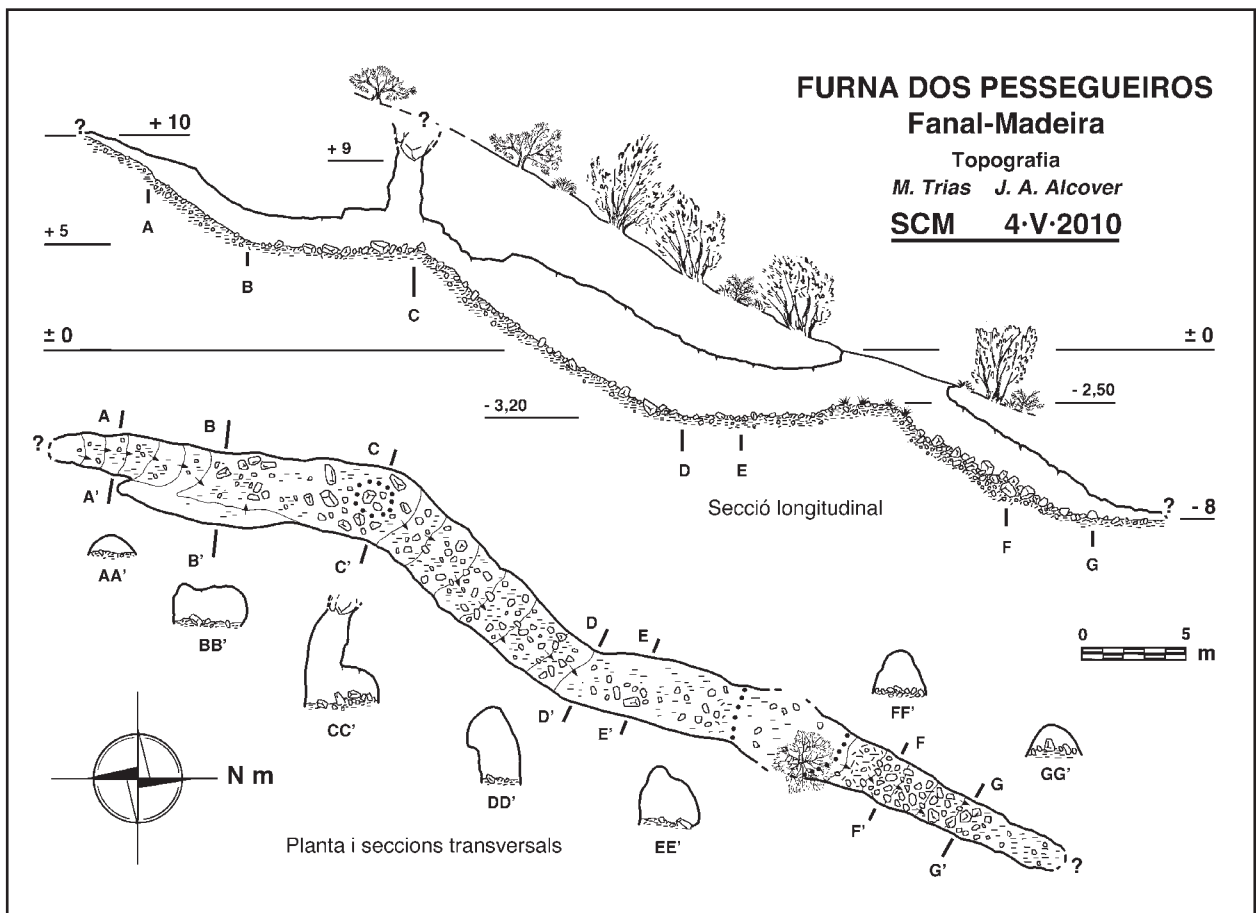


Foto 9: Boca central de la Furna dos Pessegueiros.

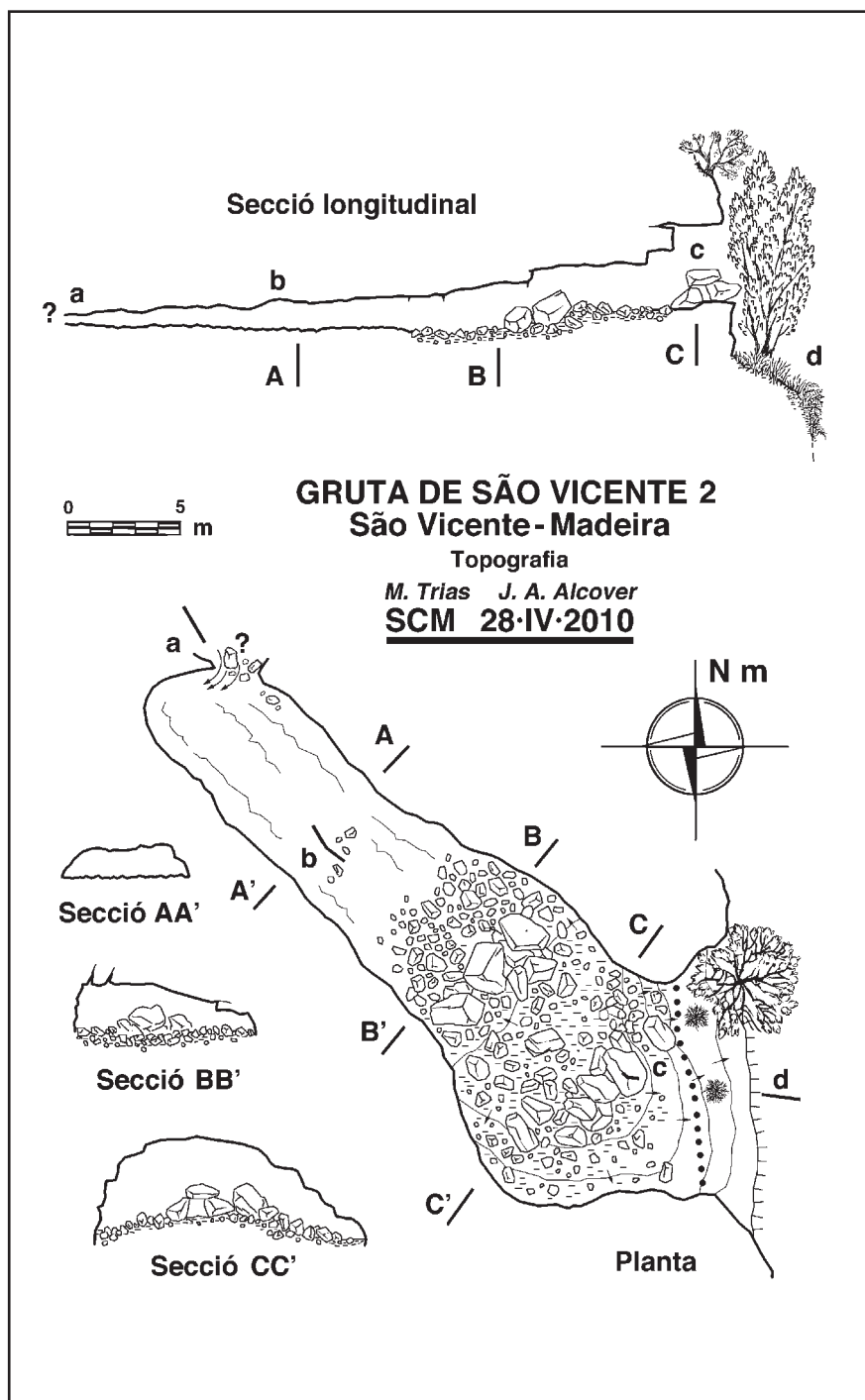
Photo 9: Furna dos Pessegueiros middle entrance.

#### 14.—FURNA DOS PESSE- GUEIROS

São Vicente, 28S  
304617W-3630851N

És al **Montado dos Pessegueiros** —municipi de Farnal— amagada entre la laurilsilva en un terreny rost. Parlam d'un tub volcànic de 52 m de llargada quasi dret; en aquest cas la poligonal topogràfica no resulta gaire més llarga. La direcció aproximada és NE-SO amb dues boques: una és un esfondrament de pis terrós a 15 m de l'extrem nord, l'altra és una xemeneia. Aquesta ara per ara és impenetrable, està tapada per roques, entre els espais de les quals es filtra un poc de llum; sembla retocada per mà humana almenys a la part de baix. L'amplada del tub és variable entre els 3,50 m davall del pou i els 2 m als dos caps.

L'esfondrament citat divideix el tub en dues branques ben desiguals, la quantitat de sediments que hi ha dipositats quasi impedeix l'entrada a la branca nord, ajudats per un esponerós exemplar de vinhàtico (*Persea indica*) que hi creix. Aqueixa —descendent— arriba als 8 m de fondària, l'altra és ascendent i arriba a assolir els 10 m respecte a la cota de l'entrada. El pis presenta variades morfologies, roca, enderroc, especialment abundosos a la branca nord i davall del pou i fang als dos extrems del tub; en comptats llocs del sostre s'observa qualche estafilit.



#### 15.—GRUTA DE SÃO VICENTE 2

São Vicente, 28S 308750W-3630709N

A la sortida cap a la mar del poble del mateix nom i sota un penyal trobam la coneguda cova turística de **São Vicente**, en el mateix penyal i un poc cap al nord es fa ben vistable la boca de 8 m d'amplada per 2 m de la cavitat que ací descrivim, festonada per vegetació esponerosa. Està formada per un tub dret de 30 m de llargada, de direcció NO-SE, i d'amplada entre 10 m i 5 m; l'alçada minva des dels 4 m una mica passada la boca fins als poc menys de 0,30 m a la zona més interior, on trobam un bufador impenetrable. El sostre alt és conseqüèn-

cia dels esbaldrecs que han generat un esglaonament ben marcat; els enderroc resultants del procés estan escampats pel pis, la resta d'aquest és de lava i ben horitzontal. A la zona interior del sostre podem veure alguns estafilit. Originalment el tub devia ésser més llarg, ha estat destruït en part pel recul de la timba on s'obri, al peus de la qual hi ha un torrent. No és gaire agosarat pensar que ambdues cavitats —la que descrivim i la turística— estan comunicades, vista la seva proximitat i el fort corrent d'aire que surt del bufador esmentat.

## Agraïment

Volem fer palès el nostre agraïment a totes les persones que ens han ajudat en les tasques d'exploració d'aquestes caverne macaronèsiques. Hem d'esmentar en primer lloc a Jacques Michaux i Juan Francisco Navarro Mederos, amb els que compartirem moltes de les exploracions fetes a les Canàries. Les autoritats de les Àreas de Patrimonio del Cabildo de Fuerteventura i del Cabildo de Lanzarote (especialment, Nacho Hernández i Nona Perera) i Madeira (especialment Dília Menezes, Cristina Medeiros i Paulo Oliveira) ens han facilitat l'accés a diferents cavitats i els permisos pertinents. Aquest treball s'inclou al Projecte d'Investigació CGL2007-62047/BTE "Cronología y causas de las extinciones de vertebrados autóctonos en Canarias y Baleares: un análisis comparativo. II", finançat per la *Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación*.

## Bibliografia

- ALCOVER J.A. & FLORIT, X. (1987): Una nueva especie de *Carduelis* (Fringillidae) de La Palma. *Vieraea*, 17: 75-86.
- ALCOVER, J.A., RANDO, J.C., GARCÍA-TALAVERA, F., HUTTERER, R., MICHAUX, J., TRIAS, M. & NAVARRO, J.F. (2009): A reappraisal of the stratigraphy of Cueva del Llano (Fuerteventura) and the chronology of the House Mouse (*Mus musculus*) introduction into the Canary Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 177:184-190.
- ANCOCHEA, E., FUSTER, J. M., IBARROLA, E., CENDRERO, A., COELLO, J., HERNÁN, F., CANTAGREL, J. M. & JAMOND, C. (1990): Volcanic evolution of the island of Tenerife (Canary Islands) in the light of new K-Ar data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44: 231-249.
- BLANCO, A. (1984): Cueva de Villaverde en el término de La Oliva, de la isla de Fuerteventura. *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 181, 1: 95-96.
- CANTAGREL, J.M., CENDRERO, A., FÚSTER, J.M., IBARROLA, E. & JAMONA, C. (1984): K-Ar chronology of the volcanic eruptions in the Canarian archipelago: island of La Gomera. *Bulletin of Volcanology*, 47: 597-609.
- COELLO, J., CANTAGREL, J. M., HERNÁN, F., FÚSTER, J. M., IBARROLA, E., ANCOCHEA, E., CASQUET, C., JAMOND, C., DÍAZ DE TERÁN, J. R., CENDRERO, A. (1992): Evolution of the Eastern Volcanic Ridge of the Canary Islands based on new K-Ar data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 53: 251-274.
- CRIADO, C. (1991): *La evolución del relieve de Fuerteventura*. Cabildo de Fuerteventura. Puerto del Rosario. 319 pp.
- DÓNIZ-PÁEZ, F. J. (2009): *Patrimonio geomorfológico de los volcanes basálticos monogénicos de la caldera de Gaíria, Malpaís Chico y el Malpaís Grande en la isla de Fuerteventura (Canarias, España)*. Nimbus, 23-24
- GELDMACHER, J., VAN DEN BOGAARD, P., HOERNLE, K., SCHMINCKE, H.-J. (2000): The 40K/39Ar age dating of the Madeira archipelago and hotspot track (eastern North Atlantic). *Geochemistry, Geophysics, and Geosystems*, 1. 1999GC000018
- GARCÍA-TALAVERA, F. (1997): Las Canarias orientales y vecina costa africana en el Holoceno. *Eres (Arqueología)*, 7:55-63.
- GARRALDE, M.D., HERNANDEZ, F. & SANCHEZ, M.D. (1981): El enterramiento de la cueva de Villaverde (La Oliva, Fuerteventura). *Anuario de Estudios Atlánticos*, 27: 673-690.
- GUILLOU, H., CARRACEDO, J.C., TORRADO, F.P. & BADIO-LA, E.R. (1996): K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 73: 141-155.
- GUILLOU, H.; CARRACEDO, J.E. & DUNCAN, R. (2001): KAr, 40Ar/39Ar Ages and magnetostratigraphy of Brunhes and Matuyama Lava Sequences from La Palma Island. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 106: 175-194.
- HERNÁNDEZ, F., LOMOSCHITZ, A., MECO, J., SÁNCHEZ-VELÁZQUEZ, D., I DEL TORO, A. (1988): The archaeological site of Cueva de Villaverde (Fuerteventura): Holocene palaeoenvironment and human occupation in a volcanic tube. In "Deserts, Past and Future Evolution" (N. PETIT-MAIRE, Ed.), pp. 166-178. PICG-252 Fuerteventura. CNRS Marseille, France.
- HOERNLE, K., TILTON, G. & SCHMINCKE, H.-U. (1991): Sr-Nd-Pb isotopic evolution of Gran Canaria: evidence for shallow enriched mantle beneath the Canary Islands. *Earth and Planetary Science Letters*, 106: 44-63.
- JAUME, D., McMINN, M. & ALCOVER, J.A. (1993): Fossil bird from the Bujero del Silo, La Gomera (Canary Islands), with a description of a new species of Quail (Galliformes: Phasianidae). *Boletim do Museu Municipal, Funchal*, 2: 147-165.
- LEMONA, J. (2000): Historia de la arqueología de la muerte y bioarqueología en Fuerteventura. *Vegueta*, 5: 59-69.
- MACHADO YANES, M.C. (1996): Reconstrucción paleoecológica y etnoarqueológica por medio del análisis antracológico. La cueva de Villaverde (Fuerteventura). En Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica, P. RAMIL-REGO, C. FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ & M. RODRÍGUEZ GUTIÁN, Coord. pp. 261-274.
- McMINN, M., JAUME, D. & ALCOVER, J.A. (1990): *Puffinus olsoni* n. sp.: nova espècie de baldrítja recentment extinguida provinent de dipòsits espeleològics de Fuerteventura i Lanzarote (Illes Canàries, Atlàntic Oriental). *Endins*, 16: 63-71.
- MECO, J. (1992): Restos Oseos de 'Lobos Marinos' en la Cueva de Villaverde (Fuerteventura). Excmo. Cabildo Insular de Fuerteventura Casa - Museo de Betancuria, Fuerteventura, Spain 2: 2.
- RANDO J.C. & ALCOVER J.A. (2008): Evidence for a second western Palaearctic seabird extinction during the last Millennium: the Lava Shearwater *Puffinus olsoni*. *Ibis*, 150: 188-192.
- RANDO, J.C. & ALCOVER, J.A. (2010): On the extinction of the Dune Shearwater (*Puffinus huleae*) from the Canary Islands. *Journal of Ornithology*, 151: 365-369.
- RANDO J.C., ALCOVER, J.A. & ILLERA, J.C. (2010): Disentangling Ancient Interactions: A New Extinct Passerine Provides Insights on Character Displacement among Extinct and Extant Island Finches. *PLoS ONE* 5(9): e12956. doi:10.1371/journal.pone.0012956
- RANDO J.C., ALCOVER, J.A., NAVARRO, J.F., GARCÍA-TALAVERA, F., HUTTERER, R. & MICHAUX, J. (2008): Chronology and causes of the extinction of the Lava Mouse, *Malpaisomys insularis* (Rodentia: Muridae) from the Canary Islands. *Quaternary Research*, 70: 141-148.
- RANDO, J.C., LÓPEZ, C. & SEGUÍ, B. (1999): A new species of extinct flightless passerine (Emberizidae: *Emberiza*) from the Canary Islands. *Condor*, 101: 1-13.

# PRIMER INTENT DE MESURAR L'EDAT DEL COMPARTIMENT MARÍ DE $^{14}\text{C}$ DE LES AIGÜES COSTANERES DE LES ILLES BALEARS

per Mark VAN STRYDONCK <sup>1</sup>, Mathieu BOUDIN <sup>1</sup> i Damià RAMIS <sup>2</sup>

## Resum

La concentració del  $^{14}\text{C}$  a l'oceà és diferent a la que presenta aquest isòtop a l'atmosfera. Per tant, s'ha de tenir en compte aquest factor a l'hora de realitzar la datació radiocarbònica de mostres de procedència marina. Això significa que és necessari conèixer el valor regional del compartiment marí de  $^{14}\text{C}$  al moment en què l'organisme datat vivia. S'ha realitzat un primer intent de calcular la concentració de  $^{14}\text{C}$  de les aigües costaneres de les Balears, per al qual s'han fet servir materials de les excavacions arqueològiques del Pla de ses Figueres (Cabrera) i de Bóquer (Pollença). Ambdós jaciments presenten acumulacions de múrex relacionades amb la producció de púrpura durant l'Antiguitat. Així, s'han datat mostres d'aquests mol·luscs marins i, d'altra banda, mostres òssies d'herbívoros domèstics procedents, en els casos en què ha estat possible, dels mateixos contextos. Els materials del Pla de ses Figueres han revelat l'existència de processos postdeposicionals que han afectat la integritat dels ossos. En canvi, les mostres de Bóquer han permès realitzar per primera vegada el càlcul de l'edat del compartiment marí de  $^{14}\text{C}$  de les aigües costaneres de les Balears. El resultat és semblant a la mitjana mundial.

## Abstract

The concentration of the  $^{14}\text{C}$  in the ocean is different to the one of the atmosphere. This issue has to be taken into account when a radiocarbon date is performed on samples with a marine origin. It is necessary to know the  $^{14}\text{C}$  value of the regional marine reservoir at the time the organism was alive. A first attempt to measure the  $^{14}\text{C}$  concentration of the coastal waters of the Balearic Islands has been made using material from the archaeological sites of Pla de ses Figueres (Cabrera) and Bóquer (Pollença). Murex accumulations have been recorded in both of them, related to purple dye production in Antiquity. Samples of these mollusks together with domestic herbivore bones from the same contextual assemblages, when possible, have been dated. The materials from Pla de ses Figueres have revealed the existence of postdepositional processes which affected the integrity of the bones. Otherwise, the Bóquer samples have made it possible to measure for the first time the  $^{14}\text{C}$  marine reservoir age of the coastal waters of the Balearic Islands. The result is close to the world average.

## El mètode radiocarbònic i la necessitat del calibratge

La datació per radiocarboni és una de les principals tècniques emprades en arqueologia i geologia de l'Holocè per tal d'obtenir dades cronològiques. És un mètode simple des d'un caire general, però complex en els seus detalls (VAN STRYDONCK *et al.*, 1999). L'isòtop radioactiu del carboni ( $^{14}\text{C}$ ) es forma de manera contínua a l'atmosfera. Mitjançant la fotosíntesi i la dis-

solució a l'aigua (oceànica) aquest isòtop entra en forma de  $^{14}\text{CO}_2$  al cicle de la biosfera, és a dir, a la cadena alimentària (Figura 1). Un teòric equilibri dinàmic entre la formació i la descomposició provoca que la concentració de  $^{14}\text{C}$  a l'atmosfera sigui constant i, en conseqüència, que també ho sigui el nivell d'aquest isòtop als organismes vius. Quan un material orgànic abandona el cicle del carboni, tal com passa quan un animal o una planta moren, s'interromp l'intercanvi de carboni i, a causa de la desintegració radioactiva, es produirà un procés de minva constant en la proporció de  $^{14}\text{C}$ , la qual es veurà reduïda a la meitat cada 5730 anys. L'edat radiocarbòni-

1 Royal Institute for Cultural Heritage. Jubelpark 1. 1000 Brussel-les. Bèlgica  
2 Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). C/ Margarida Xirgú, 16, 07011 Palma de Mallorca. Espanya

ca convencional, expressada amb el símbol BP (Before Present), serà obtinguda mitjançant la comparació de la concentració residual de  $^{14}\text{C}$  amb un referent modern. Així, el mètode de datació radiocarbònica permet calcular l'edat de materials de la biosfera terrestre tals com turba, ossos o carbons, a més d'elements més complexos com tèxtils o escultures. La dissolució en aigua també fa possible datar espeleotemes (estalagmites, colades...), restes òssies de peixos i copinyes (marines).

Per desgràcia, el ritme de producció del  $^{14}\text{C}$  no ha estat constant al llarg del temps, i això introdueix una discrepància entre l'edat radiocarbònica i l'escala real de temps. Aquesta diferència és deguda de manera dominant a dues tendències. En primer lloc, hi ha una tendència a llarg termini, una ona quasi sinoidal amb un període de varies desenes de mil·lennis. Aquesta tendència no és especialment perjudicial ja que tan sols provoca un "efecte harmònic" a l'escala de temps que pot ser compensat de manera bastant senzilla. En canvi, els anomenats "wiggles" o oscil·lacions provoquen una influència molt més dramàtica. Són perturbacions de curta durada, no major a unes poques dècades, però poden assolir una amplitud d'un segle o més. Aquestes oscil·lacions (Figura 2) suposen un dels majors obstacles per aconseguir una datació radiocarbònica precisa. Ambdues tendències fan necessària la conversió de les edats radiocarbòniques a dates astronòmiques o reals, és a dir, el calibratge. Aquest procés es pot realitzar a partir de corbes de calibratge establertes dendrocronològicament i mitjançant programes informàtics específics desenvolupats per a aquest objectiu. Per desgràcia, la relació entre el contingut atmosfèric de  $^{14}\text{C}$  i el  $^{14}\text{C}$  dels mars/oceans no es fàcil de definir. Mentre la introducció del  $^{14}\text{C}$  a l'atmosfera i la seva assimilació per part de la biomassa són processos bastant ràpids, aquest no és el cas dels oceans. Existeix un procés constant d'absorció i rebuig de  $\text{CO}_2$  atmosfèric a la superfície marina i una difusió cap i des de les aigües profundes.

Com a resultat d'aquest fet el contingut de  $^{14}\text{C}$  a l'oceà és inferior al de l'atmosfera contemporània i, en segon lloc, les oscil·lacions del  $^{14}\text{C}$  a la biosfera marina són més suaus i no tan pronunciades com les existents a la terrestre (Figura 3). En conseqüència, la corba de calibratge terrestre no es pot fer servir per a mostres marines.

Quan es coneix la compensació del compartiment atmosfèric es pot realitzar la correcció d'aquesta aparent anomalia cronològica. Aquesta diferència o compensació (e.g., l'edat de  $^{14}\text{C}$  d'una mostra marina menys l'edat de  $^{14}\text{C}$  d'una mostra atmosfèrica coetània) s'expressa com "edat del compartiment de  $^{14}\text{C}$ ":  $R(t)$ , que no ha de ser necessàriament constant en el temps però sí uniforme a l'espai. L' $R(t)$  als oceans del món es pot precisar mitjançant l'ús d'una corba marina de calibratge derivada del modelat del compartiment de carboni (STUIVER *et al.*, 1986). A partir de la Figura 3b resta clar que aquesta compensació dels oceans ( $R$ ) fluctua en el temps. La corba de la mitjana mundial  $[R(t)]$  no representa les diferències oceàniques regionals en el contingut específic de  $^{14}\text{C}$ . Aquestes són causades en part per les variacions regionals en l'ascens d'aigües deficitàries en  $^{14}\text{C}$ , per la gran aportació d'aigua de formació recent, etc. El terme  $\Delta R$  representa les diferències d'activitat del  $^{14}\text{C}$  (en anys radiocarbònics) de les Lleis Mundials i de les Lleis Regionals de la Superfície de l'Oceà (STUIVER *et al.*, 1986; 1998; STUIVER & BRAZIUNAS, 1993). Pot ser calculat mitjançant la determinació i la comparació de l'edat radiocarbònica aparent de material terrestre d'una banda, i marí de l'altra, que coexistiren al mateix moment. A causa dels ràpids i localitzats canvis del contingut de  $^{14}\text{C}$  a la biosfera en temps recents (per efecte dels combustibles fòssils, de les proves d'armes nuclears, dels abocaments de residus, etc.), els materials moderns i semimoderns no són adequats per a aquest tipus de comparació. Les restes arqueològiques resulten molt millors però la contemporaneïtat entre els materials arqueològics terrestres i marins és sovint difícil de provar.

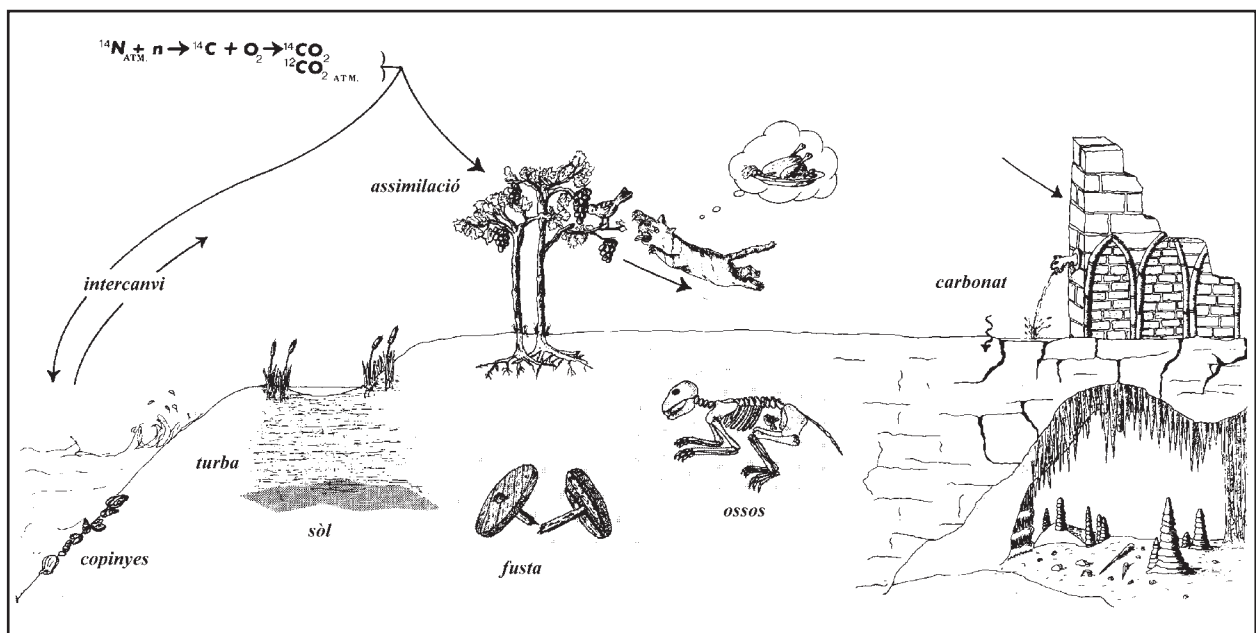


Figura 1: El cicle del carboni.

Figure 1: The carbon cycle.

## Cabrera i Bóquer

Per tal de trobar materials sincrònics d'origen terrestre i marí es va plantejar la idoneïtat dels jaciments arqueològics de les illes Balears d'època romana i de l'Antiguitat tardana on hi havia evidències de l'explotació de múrex (COSTA, 2009).

Els mol·luscs de múrex eren fets servir per extreure la matèria primera a partir de la qual s'obtenia el famós colorant de púrpura. És pràcticament segur que eren processos immediatament després de la seva recollida (e.g. ALFARO & TÉBAR, 2004). Així, si aquests caragols marins són trobats en un context arqueològic amb carbons o ossos d'animals, la seva sincronia està gairebé garantida.

D'aquesta manera es va contactar amb els responsables dels projectes arqueològics de Cabrera i de Bóquer, els quals varen facilitar els materials i la informació necessària per a la realització del present estudi.

L'any 1999 es va posar en marxa el projecte arqueològic per documentar les evidències del monestir paleocristià a l'illa de Cabrera esmentat a una epístola del papa Gregori Magne datada l'any 603. En els anys posteriors s'han realitzat excavacions a les immediacions del port de Cabrera i s'han localitzat diferents zones relacionades amb aquest complex monacal de l'Antiguitat tardana (RIERA, 2010). Una d'elles és la necròpolis, la qual es va situar sobre un possible taller de porpra immediatament anterior (RIERA & RIERA, 2005), amb una concentració d'aquests mol·luscs (RAMIS & PONS, 2005).

L'any 2001 es varen iniciar les excavacions arqueològiques al lloc conegut com el Pedret de Bóquer, a les immediacions del port de Pollença. A partir de la documentació epigràfica recuperada a l'entorn, aquest jaciment havia estat identificat hipotèticament com la *Civitas Bocchoritana* esmentada a les fonts clàssiques. A les campanyes inicials es varen identificar un nivell d'ocupació immediatament anterior a la conquesta romana i un altre que es va datar —a partir de les tipologies ceràmiques— en el segle III de la nostra era (ESTARELLAS & MERINO, 2005). A les darreres campanyes es va identificar una cubeta d'època romana revestida de morter i, relacionada amb ella, una concentració significativa de mol·luscs marins, especialment d'aquelles espècies relacionades amb la producció de múrex, a les quals a més es va documentar amb profusió el patró de trencament propi d'aquesta activitat.

## Materials i mètode

Es va extreure el col·lagen de les mostres òssies (LONGIN, 1971). Es va avaluar la qualitat de les mostres obtingudes a partir de la relació de  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$ , l'aspecte visual i la proporció de col·lagen recuperat (VAN STRYDONCK *et al.*, 2005).

La neteja de les restes malacològiques va consistir en la retirada de la seva capa superficial. La qualitat de les mostres es va avaluar a partir de la mesura de  $\delta^{13}\text{C}$

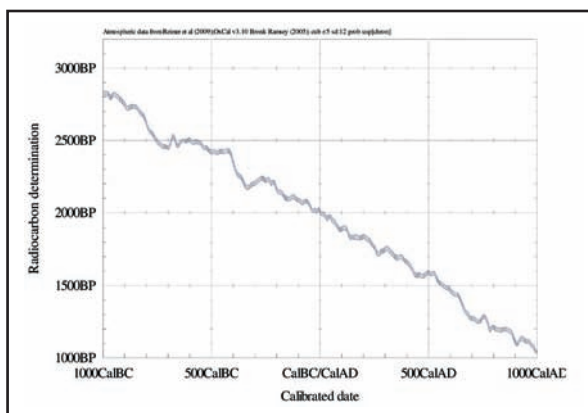


Figura 2: Relació entre les edats radiocarbònica i calendàrica (calibrada) entre 1000 BC i 1000 AD.

Figure 2: Relation between the radiocarbon age and the calendar (calibrated) age between 1000 BC and 1000 AD.

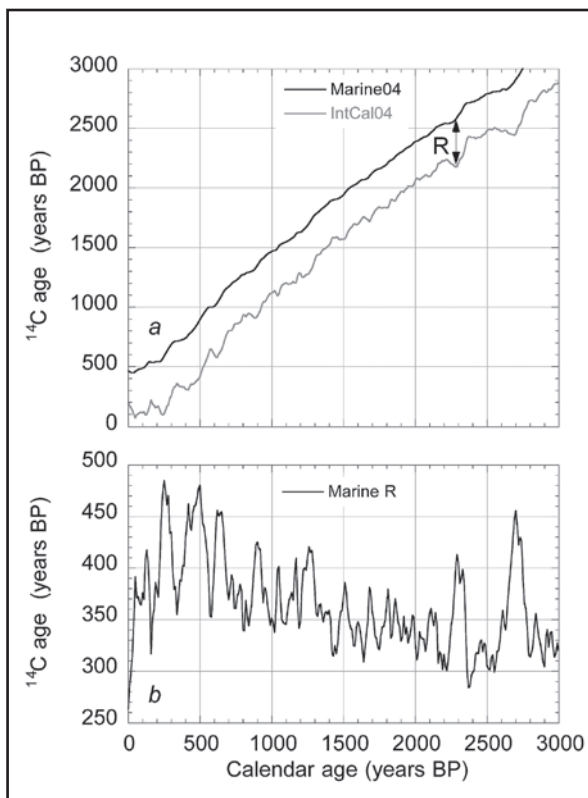


Figura 3: La compensació global  $R(t)$  entre 0 i 3000 anys calendàrics BP (segons Hughen *et al.*, 2004).

Figure 3: The global offset  $R(t)$  between the atmosphere and the oceans surface waters between 0 and 3000 calendar years BP (after Hughen *et al.*, 2004).

(les mostres marines contenen  $\delta^{13}\text{C} > 0\text{‰}$ ) i es va mesurar l'estructura cristal·lina per XRD. Els càlculs d'XRD són necessaris degut a que, en el cas dels carbonats marins, la contaminació apareix normalment en forma de calcita secundària pobre en magnesi, el polimorf estable del carbonat de calci ( $\text{CaCO}_3$ ) i resultat de la recristal·lització o reemplaçament de la fase autòctona, originalment en la forma de calcita rica en magnesi o aragonita. Depe-





Figura 4: Mostra de copinyes de múrex de l'espècie *Trunculariopsis trunculus* procedents del jaciment del Pla de ses Figueres (Cabrera), que presenten el patró de trencament característic de l'obtenció de porpra.

Figure 4: Murex seashells *Trunculariopsis trunculus* from the site of Pla de ses Figueres (Cabrera), with the characteristic breakage pattern related to purple dye obtention.

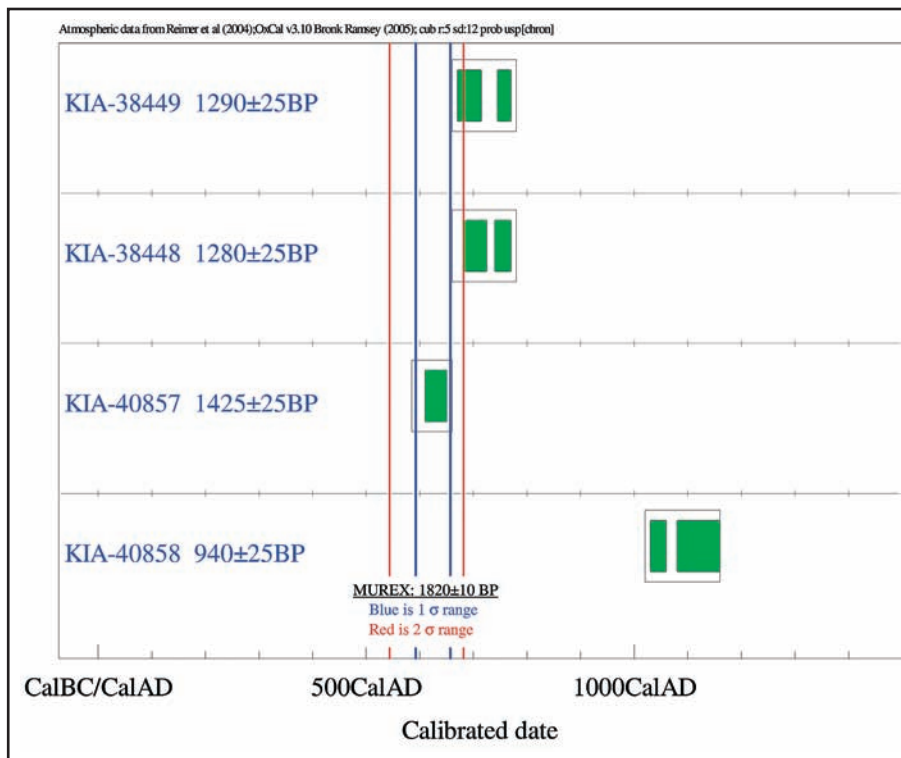


Figura 5: Les dates radiocarbòniques calibrades de les mostres terrestres de Cabrera comparades amb la mitjana de les dates de múrex calibrades amb la corba marina ( $\Delta R=26\pm24$ ).

Figure 5: The calibrated radiocarbon dates of the terrestrial samples from Cabrera compared to the average murex date calibrated with the marine curve ( $\Delta R=26\pm24$ ).

ment de la natura de l'ambient deposicional, la fase de recristal·lització pot ser cronològicament contemporània al  $\text{CaCO}_3$  original del mol·lusc i fins i tot pot haver derivat d'ell per reaccions de dissolució-recristal·lització, o pot ser un contaminant exogen amb una edat més antiga o moderna (DOUKAA *et al.*, en prep.).

Les mostres varen ser preparades per a la datació de  $^{14}\text{C}$  (VAN STRYDONCK & VAN DER BORG, 1990-91) i mesurades per AMS (NADEAU *et al.* 1998).

## Resultats i discussió

### BÓQUER

Les mostres de Bóquer (Taula 1) varen oferir uns resultats coherents. El contingut de col·lagen de les mostres d'os era baix —com ja s'esperava a causa de la superficialitat dels nivells de procedència—, però la seva

Referència	Mostra	Referència laboratori	% col·lagen	Aspecte del col·lagen	BP	$\pm 1\sigma$	$\delta^{13}\text{C}$ ‰	$\delta^{15}\text{N}$ ‰	C/N	% aragonita	% calcita
BO6 UE 401	Herbívor dom.	KIA-38439	3,36	Blanc i fibrós	1605	25	-20,15	+6,10	3,2		
BO6 UE 501 A	Boví	KIA-38442	0,79	Blanc i fibrós	1705	25	-19,97	+4,67	3,2		
BO6 UE 501 B	Herbívor dom.	KIA-38447	3,00	Blanc i fibrós	1675	25	-19,73	+4,85	3,2		
BO6 UE 501 C	Caprí	KIA-38446	3,33	Lleugerament groc i fibrós	1695	25	-19,02	+6,51	3,3		
BO6 UE 401	Múrex	KIA-38440			1980	25	+2,17			100,00	
BO6 UE 501 A	Múrex	KIA-38443			2065	25	+2,42			100,00	
BO6 UE 501 B	Múrex	KIA-38444			2050	30	+1,96			83,80	16,20
BO6 UE 501 C	Múrex	KIA-38445			2070	25	+2,46			100,00	

Taula 1: Resultats de les mostres de Bóquer

Table 1: Results of the Bóquer samples

BO6 UE 401	41±52
BO6 UE 501A	7±53
BO6 UE 501B	33±40
BO6 UE 501C	18±54
Mitjana	26±24

Taula 2:  $\Delta R$  (en anys de radiocarboni) calculat per a les mostres de Bóquer

Taula 2: Calculated  $\Delta R$  (radiocarbon years) for the Bóquer samples

PF UE 116-1/UE155-1	91±58
PF UE 116-2/UE155-2	157±54
PF05UE263	65±29
PF05UE265	478±58
PF05UE305	168±54

Taula 3:  $\Delta R$  (en anys de radiocarboni) calculada per a les mostres de Cabrera

Table 3: Calculated  $\Delta R$  (radiocarbon years) for the Cabrera samples

qualitat era bona. En segon lloc, 3 de les 4 closques de múrex eren aragonita pura, mentre que la restant també contenia calcita. Tenint en compte l'edat radiocarbònica i les mesures d'isòtops estables, la presència de calcita deu ser deguda a una recristal·lització i no a un reemplaçament de carboni.

El  $\Delta R$  local es pot calcular (Taula 2) fent servir el programa de conversió desenvolupat per P.J. Reimer (School of Geography, Archaeology and Palaeoecology, Queen's University, Belfast). En el cas de Bóquer la mitjana dels valors de  $\Delta R$  és de 26±24.

L'edat històrica calibrada dels dos nivells a partir de les mostres terrestres es pot calcular segons es descriu a la Taula 4. Així, el context de la UE401 se situaria a un moment entre els anys 400 i 540 AD, mentre la cronologia per a la UE501 es trobaria entre 260 i 410 AD.

## CABRERA

Les mostres d'ossos de Cabrera presentaven un nivell de conservació molt millor que les de Bóquer. D'altra banda, totes les mostres de múrex contenien calcita, també considerada com a producte d'una recristal·lització i no d'un reemplaçament.

Calibratge de les datacions de $^{14}C$ de Bóquer	68.2% probabilitat	95.4% probabilitat
UE 401 1605±25BP	410-440AD (24.4%) 480-540AD (43.8%)	400-540AD
UE 501 Mitjana dels 3 resultats 1692±14BP	335-395AD	260-290 AD (9.7%) 320-410 AD (85.7%)

Taula 4: Calibratge de les datacions de  $^{14}C$  de Bóquer

Table 4: Calibration of  $^{14}C$  dating from Bóquer

Referència	Mostra	Referència laboratori	% col·lagen	Aspecte col·lagen	BP	± 1σ	$\delta^{13}C$ ‰	$\delta^{15}N$ ‰	C/N	% aragonita	% calcita
Primera prova											
PF 03 UE 116-1	Caprí	KIA-38449	5,25	Blanc i fibrós	1290	25	-19,02	+8,43	3,2		
PF 03 UE 116-2	Caprí	KIA-38448	1,80	Blanc i fibrós	1280	25	-19,01	+8,50	3,2		
UE 155-1	Múrex	KIA-38456			1765	25	+0,90			91,70	8,30
UE 155-2	Múrex	KIA-38441			1825	25	+1,29			87,60	12,40
Segona prova											
PF 05 UE 263	Caprí	KIA-40857	6,10	Blanc i fibrós	1425	25	-19,56	6,18	3,1		
PF 05 UE 265	Caprí	KIA-40858	8,40	Blanc i fibrós	940	25	-19,34	7,00	3,1		
PF 05 UE 305	Caprí	KIA-40859	3,50	Blanc i fibrós	1285	25	-19,72	6,18	3,1		
PF 05 UE 263	Múrex	KIA-40789			1855	20	+0,4217			90,90	9,10
PF 05 UE 265	Múrex	KIA-40788			1800	25	+1,07			89,80	10,20
PF 05 UE 305	Múrex	KIA-40790			1840	20	+1,54			85,50	14,50

Taula 5: Resultats de les mostres de Cabrera

Table 5: Results of the Cabrera samples

Al primer assaig es varen comparar dos ossos de caprí domèstic i dues mostres de múrex procedents de diferents contextos que, no obstant, provisionalment es consideraven sincrònics en base a criteris arqueològics. En canvi, aquesta sincronia d'ambdós contextos va ser qüestionada degut a que les diferències entre les dates de radiocarboni de les mostres òssies d'una banda i dels mol·luscs marins de l'altra eren molt superiors a les del cas de Bóquer. D'aquesta manera es va decidir datar altres 3 nivells. Desafortunadament, l'amplitud cronològica dels resultats es va mantenir, sense poder establir amb un 95 % de probabilitat que el suposat  $\Delta R$  calculat dels cinc contextos fos el mateix.

No obstant, existeix una sincronia remarcable entre les dates de les mostres de múrex. Existeix fins i tot el 95 % de probabilitat que totes elles presentin la mateixa edat de radiocarboni (amb una mitjana de  $1820 \pm 10$  BP). Així que resulta realístic suposar que totes elles pertanyen al mateix fet històric però que, en canvi, alguns dels ossos que les acompanyaven han patit processos de redeposició i no es troben in situ. A més, el resultat de la datació sobre l'os de caprí PF05-UE265 és incompatible amb l'atribució cultural de l'explotació de múrex a l'època romana o a l'Antiguitat tardana.

Fins que no es demostrí el contrari no hi raó per creure que l'edat del compartiment marí a ambdós extrems de Mallorca sigui diferent. Així, amb el calibratge de la data mitjana del múrex de Cabrera emprant els valors de  $\Delta R$  obtinguts per a Bóquer ( $26 \pm 24$ ), es pot comparar aquesta data amb les obtingudes a partir dels ossos de caprí domèstic. L'ús de les copinyes de múrex se situa entre 592-654 cal AD (interval  $1\sigma = 68.2$  % de probabilitat) i 555-674 cal AD (interval  $2\sigma = 95.4$  % de probabilitat). En canvi, només una de les mostres terrestres (PF05, UE263) s'adiu amb aquesta cronologia.

## Conclusions

La coherència dels resultats entre les mostres de múrex i les mostres d'ossos terrestres a dos nivells diferents del jaciment de Bóquer permeten la possibilitat de calcular el  $\Delta R$  local en  $26 \pm 24$  anys radiocarbònics.

Això suposa que l'edat local del compartiment marí és propera a la mitjana mundial. Aquest fet és el que es podria esperar a causa de l'escassa profunditat de la mar Mediterrània al voltant l'illa de Mallorca, la qual permet un bon intercanvi amb l'atmosfera i també provoca l'absència d'ascensions d'aigua antiga procedent de les profunditats marines.

Aquestes dates són semblants a les disponibles per a Sicília ( $\Delta R = 15 \pm 35$ ) i a algunes dades del nord d'Àfrica ( $\Delta R = 60 \pm 35$  i  $-43 \pm 83$ ). En canvi, al golf de Lleó els valors mesurats de  $\Delta R$  se situen entre  $710 \pm 30$  i  $-105 \pm 75$  (PELC, 1995). Aquestes àmplies diferències són degudes probablement a la gran quantitat d'aigua aportada pel riu Roine. Depenent de l'estació de l'any, el Roine transporta a la Mediterrània un gran volum d'aigua glaciària molt antiga o d'aigua moderna de pluja. Això pot explicar les grans diferències a les dades. Malgrat el corrent marí est-oest al llarg del litoral francès i ibèric

(LACOMBE & TCHERNIA, 1972), no hi ha un "efecte Roine" visible a les dades de Mallorca.

No ha estat possible fer servir els materials de Cabrera per a aquest propòsit. Encara que les datacions de múrex d'aquest segon jaciment són molt coherents, l'àmplia dispersió en les datacions efectuades sobre ossos de caprí domèstic demostra la mescla de materials provinents de fets arqueològics cronològicament diferents. Aquest fet posa de manifest que, malgrat es garanteixi la qualitat de les mostres analitzades, també s'ha de tenir en compte la seva integritat.

## Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat pel projecte europeu *DressID: Clothing and Identities. New Perspectives on textiles in the Roman Empire*. Els directors dels projectes arqueològics de Bóquer —Marilena Estarellas i Josep Merino— i de Cabrera —Mateu Riera i la Dra. Magdalena Riera— varen cedir els materials necessaris i varen donar totes les facilitats per poder dur a terme aquest estudi.

## Bibliografia

- ALFARO, C. & TÉBAR, E. 2004. Aspectos históricos, económicos y técnicos de la producción de púrpura en la ibiza romana. In ALFARO, C.; WILD, J.P., COSTA, B. (eds.), *Purpureae Vestes. I Symposium Internacional sobre Textiles y Tintes del Mediterráneo en época romana (Ibiza, 8 al 10 de noviembre, 2002)*. Eivissa: Consell Insular d'Eivissa i Formentera: 195-210.
- COSTA, B. 2009. La investigación de tejidos y tintes de la Antigüedad desde una perspectiva arqueológica: problemas y oportunidades. In ALFARO, C.; TELLENBACH, M. & FERRERO, R. (eds.), *Textiles y Museología. Aspectos sobre el Estudio, Análisis y Exposición de los Textiles Antiguos y de los instrumentos textilia. Actas del I Meeting General (Valencia-Ontinyent, 3-5 de diciembre de 2007)*. València: Universitat de València: 121-141.
- DOUKAA, K.; HEDGES, R.E.M. & HIGHAM, T.F.G. En prep. Improved AMS 14C dating of shell carbonates using high-precision X-Ray Diffraction (XRD) and a novel density separation protocol. *Radiocarbon*.
- ESTARELLAS, M.M. & MERINO, J. 2005. Treballs arqueològics preliminars al Pedret de Bóquer. In SÁNCHEZ, M.L. & BARCELÓ, M. (coord.), *L'Antiguitat clàssica i la seva pervivència a les illes Balears. XXIII Jornades d'Estudis Històrics Locals (Palma, del 17 al 19 de novembre de 2004)*. Palma: Institut d'Estudis Balearics: 377-393.
- HUGHEN, K.A.; BAILLIE, M.G.L.; BARD, E.; BECK, J.W.; BERTRAND, C.J.H.; BLACKWELL, P.G.; BUCK, C.E.; BURR, G.S.; CUTLER, K.B.; DAMON, P.E.; EDWARDS, R.L.; FAIRBANKS, R.G.; FRIEDRICH, M.; GUILDERSON, T.; KROMER, B.; MCCORMAC, G.; MANNING, S.; RAMSEY, C.B.; REIMER, P.J.; REIMER, R.W.; REMMELE, S.; SOUTHON, J.R.; STUIVER, M.; TALAMO, S.; TAYLOR, F.W.; VAN DER PLICHT, J. & WEYHENMEYER, C.E. 2004. Marine04 Marine radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46 (3): 1059-1086.
- LACOMBE, H. & TCHERNIA, P. 1972. Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée. In STANLEY, J.D. (ed.) *The Mediterranean sea*. Stroutsberg, Pennsylvania: Stanley Dowden, Hutchison and Ross: 25-36.

- LONGIN, R. 1971. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*, 230: 241-242.
- NADEAU, M.-J.; GROOTES, P.M.; SCHLIECHER, M.; HASELBERG, P.; RIECK, A. & BITTERLING, M. 1998. Sample throughput and data quality at the Leibniz-Labor AMS facility. *Radiocarbon*, 40: 239-245.
- PELC, V. 1995. Approche méthodologique de la chronométrie <sup>14</sup>C de l'Holocène marin en Méditerranée, à partir des tests calcaires. Lió: Universitat de Lió (DEA «Paléontologie, Dynamique sédimentaire et Chronologie»).
- RAMIS, D. & PONS, G.X. 2005. Producció de colorant de púrpora a l'illa de Cabrera. *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana*, 61: 387-390.
- RIERA, M. 2010. Pla de ses Figueres (Isla de Cabrera, Balears). In MORÍN, J.; LÓPEZ QUIROGA, J. & MARTÍNEZ TEJERA, A. (eds.), *El tiempo de los "bárbaros". Pervivencia y transformación en Galia e Hispania (ss. V-VI d. C.)*. Madrid: Museo Arqueológico Regional, Zona Arqueológica, 11: 581-594.
- RIERA, M.M., RIERA, M. 2005. Un possible taller de producció de porpra de l'antiguitat tardana al pla de ses Figueres (illa de Cabrera), a *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana*, 61: 377-390.
- STUIVER, M.; REIMER, P.L. & BRAZIUNAS, T.F. 1998. High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. *Radiocarbon*, 40(3): 1127-1154.
- STUIVER, M. & BRAZIUNAS, T.F. 1993. Radiocarbon and <sup>14</sup>C ages of marine samples to 10,000 B.C. *Radiocarbon*, 35: 137-189.
- STUIVER, M.; PEARSON, G.W. & BRAZIUNAS, T.F. 1986. Radiocarbon Age Calibration of Marine Samples Back to 9000 cal yr BP. *Radiocarbon*, 28(2B): 980-1021.
- VAN STRYDONCK, M. & VAN DER BORG, K. 1990-91. The construction of a preparation line for AMS-targets at the Royal Institute for Cultural Heritage Brussels. *Bulletin KIK/IRPA*, 23: 228-234.
- VAN STRYDONCK, M.; NELSON, D.E.; CROMBÉ, P.; BRONK RAMSEY, C.; SCOTT, E.M.; VAN DER PLICHT, J. & HEDGES, R.E.M. 1999. *What's in a <sup>14</sup>C date*. In EVIN, J.; OBERLIN, C.; DAUGAS, J.-P. & SALLES, J.-F. (eds.), *3rd International Symposium <sup>14</sup>C and Archaeology*. Mémoires de la Société Préhistorique Française 26/ Supplément de la Revue d'Archéométrie: 433-448.
- VAN STRYDONCK, M., BOUDIN, M. & ERVYNCK, A. 2005. Humans and Myotragus: the issue of sample integrity in radiocarbon dating. In ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.), *Proceedings of the International Symposium "Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach"*. Palma: Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 12: 369-376.



**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



FEDERACION ESPAÑOLA  
DE ESPELEOLOGIA