



EL CARST

PATRIMONI NATURAL DE LES ILLES BALEARS

Francesc GRÀCIA, Joaquín GINÉS, Guillem Xavier PONS, Antelm GINARD i Damià VICENS

Editors

ENDINS 35

Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 17

ENOÏNS

Publicació d'Espeleologia. Federació Balear d'Espeleologia
núm. 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17 • Novembre 2011.

Sumari

LA FASCINACIÓ DE LES COVES I EL CARST: L'AIGUA, LA ROCA, EL TEMPS I LA VIDA.	9
LES EXPLORACIONS ESPELEOLÒGIQUES A LES ILLES BALEARS. LA FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA per Antelm Ginard, Àngel Ginés i Damià Vicens.	11
CONDICIONANTS LITOLÒGICS I ESTRUCTURALS DEL CARST A LES ILLES BALEARS per Joan J. Fornós i Bernadí Gelabert	37
EL MODELAT EXOCÀRSTIC DE LES BALEARS I ELS CAMPS DE LAPIAZ DE MITJANA MUNTANYA MEDITERRÀNIA A LA SERRA DE TRAMUNTANA DE MALLORCA per Angel Ginés i Joaquín Ginés	53
EL KARREN LITORAL A LES ILLES BALEARS per Lluís Gómez-Pujol, Joan J. Fornós i Francesc Pomar	69
CLASSIFICACIÓ MORFOGENÈTICA DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES ILLES BALEARS per Joaquín Ginés i Angel Ginés.	85
LES CAVITATS SUBAQUÀTIQUES DE LA FRANJA LITORAL DE MALLORCA per Francesc Gràcia, Bernat Clamor, Pere Gamundí, Joan J. Fornós i Peter Watkinson	103
MORFOLOGIES DE CORROSIÓ DE LA ZONA DE MESCLA A LES CAVITATS SUBAQUÀTIQUES DE LA FRANJA LITORAL DEL LLEVANT I MIGJORN DE MALLORCA per Francesc Gràcia, Bernat Clamor, Pere Gamundí i Joan J. Fornós	133
LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Lluçmajor, Mallorca). LA CAVITAT DE MAJOR DESENVOLUPAMENT DE LES ILLES BALEARS per Antoni Merino, Antoni Mulet, Guillem Mulet, Antoni Croix, Anders Kristofersson, Francesc Gràcia, Joaquín Ginés i Joan J. Fornós.	147
EVIDÈNCIES MORFOLÒGIQUES DE PROCESSOS HIPOGÈNICS A CAVITATS DE MALLORCA per Antoni Merino, Joaquín Ginés i Joan J. Fornós	165
ESPELEOTEMES I MINERALS DE LES COVES DE LES ILLES BALEARS per Antoni Merino, Joan J. Fornós i Angel Ginés	183
ELS SEDIMENTS DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES BALEARS per Joan J. Fornós, Joaquín Ginés, Francesc Gràcia i Antoni Merino	199
DADES SOBRE PALEOCARST I ESPELEOCRONOLOGIA DE LES ILLES BALEARS per Joaquín Ginés, Angel Ginés i Joan J. Fornós.	213
CAVITATS LITORALS DE GÈNESI MARINA A LES ILLES BALEARS per Damià Vicens, Francesc Gràcia, Pau Balaguer, Antelm Ginard, Damià Crespí i Pere Bover	227
LA FLORA DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES BALEARS: QUÈ EN SABEM? per Josep A. Rosselló i Joan Pericàs	237

BIOSPELEOLOGIA DE LES CAVITATS DE LES ILLES BALEARS: INVERTEBRATS TERRESTRES per Guillem X. Pons i Mateo Vadell.	241
LA FAUNA AQUÀTICA DELS HÀBITATS ANQUIHALINS I DOLÇAQUÍCOLES DE LES CAVITATS BALEARS per Francesc Gràcia i Damià Jaume.	257
LES RATAPINYADES DE LES ILLES BALEARS: DISTRIBUCIÓ, AVALUACIÓ I ESTAT SANITARI DE LES POBLACIONS per Jordi Serra-Cobo, Xavier Bayer, Marc López-Roig i Magdalena Seguí	269
ELS INVERTEBRATS TERRESTRES FÒSSILS ALS JACIMENTS D'ORIGEN CÀRSTIC DE LES ILLES BALEARS per Damià Vicens i Guillem X. Pons	283
LA PALEONTOLOGIA DE VERTEBRATS INSULARS DE LES BALEARS: LA CONTRIBUCIÓ DE LES EXCAVACIONS RECENTS per Pere Bover.	299
ARQUEOLOGIA DE LES CAVERNES DE LES ILLES BALEARS per Damià Ramis i Gabriel Santandreu.	317
LES COVES TURÍSTIQUES DE LES ILLES BALEARS: ANTECEDENTS I ESTAT DE LA QÜESTIÓ per Joaquín Ginés i Angel Ginés.	333
LA CONSERVACIÓ DEL PATRIMONI SUBTERRANI I CÀRSTIC DE LES ILLES BALEARS per Guillem X. Pons, Catalina Massutí i Miquel Mir-Gual	345
JOAQUIM MONTORIOL POUS (1924-2011)	363
CAVITATS DE MAJOR RECORREGUT I MAJOR FONDÀRIA DE LES BALEARS	367

Fotos portada:

Camp de lapiaz. Torrent des Boverons (Escorca). Fotografia: Joaquín Ginés.
Cova de ses Llàgrimes (Alcúdia). Fotografia: Miquel Àngel Perelló.
Cova d'en Bassol (Felanitx). Fotografia: Miquel Àngel Perelló.

Portada i contraportada:

Logotip de les Jornades. Autor: Miquel Trias.

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 presa.

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 X. 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 d'Agricultura, Medi Ambient i Territori
Direcció General de Medi Natural,
Educació Ambiental i Canvi Climàtic



Govern de les Illes Balears

Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats
Direcció General d'Universitats,
Recerca i Transferència del Coneixement



**Universitat de les
Illes Balears**



Speleo Club Mallorca



**Societat d'Història
Natural de les Balears**



Unión Europea
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional

La fascinació de les coves i el carst: l'aigua, la roca, el temps i la vida

Les coves han estat des de sempre un lloc de fascinació per a tots els pobles del món. Els nostres ancestres utilitzaven les entrades de les coves com a zones de refugi i d'habitació, però es va reservar les seves profunditats com a zones d'amagatalls per als seus secrets més preuats i poderosos, els símbols pintats, escenes per a la màgia que poguessin garantir un èxit per a la caça, i finalment, per preservar les restes dels seus morts (les coves sepulcral).

Les religions varen néixer a les coves, i fins i tot ara els edificis de les cultures cristianes retenen atavismes d'aquestes formes primerenques d'adoració a déu.

Dins la mitologia grega també es va donar importància a les coves. Zeus, déu dels déus, va néixer en una cova, i per descomptat l'infern grec estava sota terra, i a les seves portes el barquer Caront esperava en el seu vaixell la fila de les ànimes dels difunts que havien de travessar les aigües del negre riu Estígia (Styx), en un terra de dolor i de pena eterna. Per això es posaven dues monedes a la boca o als ulls dels difunts per poder pagar aquesta darrera travessia. Precisament, el nom d'aquest llac negre i tenebrós dóna nom al grup d'espècies d'organismes que viuen en aquest hàbitat de completa foscor, i són conegudes amb el nom d'estigobionts.

El filòsof romà Sèneca ens comenta a un dels seus relats que un grup de grecs, cercadors de plata, que es van aventurar al medi subterrani s'havien trobat amb una escena dantesca: "grans rius cabalosos, llacs de grans dimensions, i els seus cossos tremolosos d'horror. La terra penjava sobre els seus caps i els vents xiulaven sordament en les ombres. En el fons, els rius espantosos portant a cap part en la perpètua foscor".

Dante Alighieri, a la seva obra la Divina Comèdia, cristianitza aquesta mitologia i descriu el seu *Infern*, a la primera de les tres parts del llibre. Aquesta és una manifestació de velles tradicions orals d'Europa que parlaven dels animals, en general un gos o una oca, que entraven en una cova per sortir dies després a milers de quilòmetres de distància, desproveïts de pèl o plomes i amb senyals de socarrimat per les flames infernals.

Aquesta curiositat humana per conèixer el desconegut, l'ocult, aquests món de foscor i també de perill, risc i també aventura ha fet que les Balears siguin pioneres o capdavanteres en molts de temes de recerca relacionats amb el millor coneixement d'aquests hàbitats.

Es podria pensar que les comunitats subterrànies poden ser un dels darrers ecosistemes inalterats al món, protegits per la seva dificultat d'accés. Emperò, aquest no és el cas, els ambients cavernícoles són ecosistemes més fràgils que els epigeus, més fàcilment pertorbables i afectats per les activitats humanes. Per a l'estudi de les cavitats també és aplicable allò de la multidisciplinarietat. Biòlegs, geòlegs, geògrafs, ambientalistes,... i també esportistes, afeccionats, fotògrafs de la natura tenen amb les cavitats el seu estímul per a la recerca i superació.

A les Illes Balears el modelat càrstic contitueix un dels grans paisatges que s'han configurat per sobre i per davall terra a les nostres illes. Bona part de les Balears són càrstiques i això ha provocat la formació de moltes cavitats i d'altres morfologies de superfície. Actualment, a les Balears, estan topografiades més de 4.000 coves i avencs.

Les primeres exploracions espeleològiques documentades de les que tenim constància, a les Illes Balears, daten de principis del segle XIX, moments en què les exploracions es realitzaven de manera força precària, com ara, endinsant-se a les coves amb torxes i baixant als avencs amb complicats sistemes de cordes i politges. En aquests dos segles, l'evolució ha estat constant, tant pel que fa al material que es fa servir a les exploracions com també quant a la formació tècnica dels exploradors.

Han passat gairebé 150 anys des la primera topografia d'una cova de les Illes Balears. La tasca incessant dels espeleo-topògrafs va començar amb poca força fa uns 60 anys, i progressivament en va anar agafant volada fins que a partir de 1966 es va iniciar una explosió de tasques topogràfiques que dura fins hores d'ara.

Les topografies no són quatre retxes sense sentit, són un plànol d'un espai més que interessant. En aquest espai hi viuen éssers vius adaptats a unes condicions molt especials; és un espai on hi podem trobar fòssils; és un espai que l'home des de la prehistòria ha ocupat i és un espai on la geologia és capritxosa i generosa. En definitiva, és un espai del que podem aprendre moltes de coses i moltes de lliçons.

A l'any 1974, la necessitat de donar llum més fàcilment als treballs realitzats a les Illes, i mostrar la capacitat d'independència d'altres organismes territorials, motivaren la idea de crear una revista d'espeleologia a nivell de les Balears, i s'edità el primer número de *Endins*. Des del primer moment es decidí que la revista havia d'ésser científica i rigorosa des del punt de vista de la documentació de les coves, allunyada de la simple publicitat i difusió de les conquestes esportives realitzades pels grups espeleològics balears. El número d'enguany és el 35, després de 38 anys d'existència. A l'*Endins* 23, ja presumíem de tenir una forta tradició de publicació espeleològica, la qual hores d'ara n'és més que evident.

Els valors relacionats amb el carst són nombrosos i importants tant des d'un punt de vista històric com des d'un punt de vista científic. Aquests varen ser els motius que van fer que organitzem unes jornades de tres dies de durada per a posar al dia els coneixements que es tenen sobre el carst de les Illes Balears i donar-los a conèixer als estudiosos i al públic en general.

L'organització de les Jornades s'ha duït a terme gràcies a la col·laboració entre la Federació Balear d'Espeleologia, la Societat d'Història Natural de les Balears, la Universitat de les Illes Balears, i l'Speleo Club Mallorca, i gràcies a l'ajut econòmic de l'Ajuntament de Palma i la Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement (Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats del Govern de les Illes Balears). Les Jornades *el Carst: Patrimoni Natural de les Illes Balears* s'han duït a terme a l'edifici Guillem Cifre de Colonya al Campus de la UIB, els dies 24 i 25 de novembre de 2011 amb tot una sèrie de conferències que volen reflectir els treballs que s'estan realitzant, en estreta col·laboració amb la Universitat de les Illes Balears, al Departament de Ciències de la Terra. El dia 26 està programada una excursió per conèixer de forma directa el procés de formació de les cavitats i les característiques d'aquests ambients tan particulars.

A partir de la decisió d'organitzar unes Jornades sobre el Carst, es va planejar anar una mica més enllà i començar a treballar amb aquest Monogràfic que aglutina tots els temes relacionats amb el carst de les Illes Balears. No és la primera vegada que es fa un Monogràfic sobre carst. L'any 1995 la revista *Endins* de la Federació Balear d'Espeleologia, junt amb la Societat d'Història Natural de les Balears, realitzaren un volum sobre el carst de Mallorca, el número 20 de la nostra publicació. Aquest monogràfic ja fou un referent: tothom qui vol conèixer sobre aquesta matèria, o es dedica com a afeccionat a l'espeleologia o al carst, ha tingut la necessitat de la seva consulta. Aquesta vegada, també amb la col·laboració de les dues institucions, s'ha estat una mica més ambiciós i s'en fa un de les Illes Balears, a pesar de tenir la mà de la crisi mundial a sobre, i pensar que tal volta serà el darrer número editat en paper. Són pocs els anys que han passat des d'aquell monogràfic, emperò els descobriments dels darrers 16 anys, les publicacions científiques nacionals i internacionals sobre carst de les Balears, tesis doctorals realitzades,... han estat més que sorprenents, extraordinaris, i és per això que aquest Monogràfic té sentit.

En aquest Monogràfic, dedicat al Carst de les Illes Balears, es presenten articles de continguts molt diversos: història de l'espeleologia, geologia, exocarst, lapiaz litoral, espeleogènesi i morfogènesi de les cavitats –incloent un treball específic sobre la Cova des Pas de Vallgornera–, coves subaquàtiques i litorals, processos sedimentaris, paleocarst i espeleocronologia, flora i fauna cavernícola, paleontologia, arqueologia, coves turístiques, així com conservació de cavitats. Finalment, s'escriuen unes paraules en memòria de Joaquim Montoriol i Pous, un pioner de l'espeleologia que va participar en diverses campanyes espeleològiques a les nostres illes. També voldríem recordar a un biòleg i periodista que participa a un dels articles d'aquesta Monografia, i que fa poc temps en ha deixat, en Joan Pericàs.

Ja per finalitzar aquest pròleg, els editors d'aquest número especial de l'Endins / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears volem agrair al Departament de Cultura de l'Ajuntament de Palma, a la Universitat de les Illes Balears i a la Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement (Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats del Govern de les Illes Balears) la col·laboració, per a dur a terme aquestes Jornades. La UIB ha estat generosa i ens ha cedit un espai excel·lent per la qual cosa n'estem agraïts. També volem agrair les tasques realitzades per aquelles persones provinents de la Federació Balear d'Espeleologia, la Societat d'Història Natural de les Balears, i l'Speleo Club Mallorca, que de forma desinteressada han posat el seu granet d'arena per a dur a bon port aquestes Jornades.

Esteim agraïts molt especialment a Miquel Trias, dissenyador del logo de les Jornades i a Toni Merino per la fotografia que ens ha servit com a presentació de les Jornades. I per acabar agrair als protagonistes de primera línia, els conferencians i participants de la taula rodona, que ho han fet de forma desinteressada i pel bé del patrimoni natural, la ciència i la cultura del nostre país, així com a tots els autors que han participat en aquest Monogràfic.

No podem acabar aquestes línies sense mostrar la nostra preocupació per a la lluita, protecció i gestió del carst de les nostres illes i per com es durà a terme al futur. Està en les nostres mans, i esperam que l'*Endins* sigui una eina no només per a documentar-ho sinó també per a defensar-ho.

Francesc Gràcia, Joaquín Ginés, Guillem X. Pons, Antelm Ginard i Damià Vicens
Editors de l'Endins 35 / Monografies de la Soc. Hist. Nat. Balears, 17

LES EXPLORACIONS ESPELEOLÒGIQUES A LES ILLES BALEARS. LA FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA

per Antelm GINARD^{1,2}, Àngel GINÉS^{2,3,4} i Damià VICENS^{1,2,3}

Abstract

The first speleological explorations in the Balearic Islands date back from the early XIXth century, years in which the activities were performed in a very precarious way, entering the caves with torches and descending the shafts with complicated systems of ropes and pulleys. In the past two centuries the evolution has been constant, embracing both the material used for the explorations as well as the technical training of the cavers. In order to contextualize the speleological explorations in the Balearic Islands, five different stages have been distinguished: the pre-speleology, or times prior to the birth of caving properly said; the pioneers epoch, in which leading figures of international renown must be highlighted; the Catalan caving campaigns, conducted in quite special brilliant moments of speleology in Catalonia; the conventional Mallorcan speleology period, was the explosion of caving in the Balearics characterized by a huge topographic activity and by the invaluable collaboration between different clubs of cavers; and, finally, the impact of underwater Mallorcan caving, stage that is marked by the beginning of the speleo-diving campaigns in the island and by outstanding explorations and discoveries of large cavities, such as Cova des Pas de Vallgornera and Cova de sa Gleda.

The *Federació Balear d'Espeleologia* (Balearic Federation of Speleology) was not formed until 1982, however, a few years earlier, in 1972, the caving clubs were organized within the Balearic Delegation of the *Comité Catalano-Balear d'Espeleologia*. This year 2011, the *Federació Balear d'Espeleologia* has received the *Ramon Llull* award, which grants the *Govern de les Illes Balears*, in recognition of the valuable contributions to the scientific knowledge of our nature, made by many self-taught members of the federation and without any economic benefit.

Resum

Les primeres exploracions espeleològiques a les Illes Balears de les que tenim constància daten de principis del segle XIX, en què les exploracions es realitzaven de manera força precària, com ara, endinsant-se a les coves amb torxes i baixant als avencs amb complicats sistemes de cordes i políctges. En aquests dos segles, l'evolució ha estat constant, tant del material que es fa servir per a les exploracions com també en la formació tècnica dels exploradors. Per contextualitzar les exploracions espeleològiques a les Illes Balears, s'han dividit les exploracions en cinc etapes: la preespeleologia o època prèvia al naixement de l'espeleologia; els pioners, època en què cal destacar alguns espeleòlegs i naturalistes de renom internacional; les campanyes espeleològiques catalanes, lligades a uns moments especialment brillants de l'espeleologia catalana; l'espeleologia mallorquina convencional, que suposa l'explosió de l'espeleologia balear, caracteritzada per una immensa producció topogràfica i per la inestimable col·laboració entre diferents grups d'espeleòlegs, i finalment l'impacte de l'espeleologia subaquàtica mallorquina, etapa que es caracteritza per l'inici de les campanyes espeleològiques subaquàtiques mallorquines i per les exploracions i descobriments de grans cavitats, com ara la cova des Pas de Vallgornera i la cova de sa Gleda.

La Federació Balear d'Espeleologia, com a tal, no es constituí fins a l'any 1982; això no obstant, uns anys abans, a l'any 1972, els grups ja s'organitzaven dins la Delegació a Balears del Comité Catalano-Balear d'Espeleologia. Durant el present any 2011, la Federació Balear d'Espeleologia ha rebut el Premi Ramon Llull, guardó que atorga el Govern de les Illes Balears, en reconeixement dels nombrosos integrants de la federació que des d'una formació autodidacta i sense benefici econòmic han efectuat aportacions valuoses al coneixement científic de la nostra natura.

Resumen

Las primeras exploraciones espeleológicas en las Illes Balears de las que tenemos constancia datan de principios del siglo XIX, años en que las exploraciones se realizaban de manera muy precaria, adentrándose en las cuevas con antorchas y descendiendo a las simas con complicados sistemas de cuerdas y poleas. En estos dos siglos, la evolución ha sido constante, tanto del material que se emplea para las exploraciones como también en la formación técnica de los exploradores. Para contextualizar las exploraciones espeleológicas en las Illes Balears, se han dividido las exploraciones en cinco etapas: la preespeleología o época previa al nacimiento de la espeleología; los pioneros, época en la que destacaron algunos espeleólogos y naturalistas de renombre internacional; las campañas espeleológicas catalanas, que coinciden con momentos especialmente brillantes de la espeleología catalana; la espeleología mallorquina convencional, que corresponde a una auténtica explosión de la espeleología balear, caracterizada por una inmensa producción topográfica y por la inestimable colaboración entre los diferentes grupos de espeleólogos, y finalmente el impacto de la espeleología subacuática mallorquina, etapa que se caracteriza por el inicio de las campañas espeleológicas subacuáticas mallorquinas y por las exploraciones y descubrimientos de grandes cavidades, como la Cova des Pas de Vallgornera y la Cova de sa Gleda.

La Federación Balear de Espeleología no se constituyó como tal hasta el año 1982; sin embargo, unos años antes, en el año 1972, los grupos ya estaban integrados en la Delegación en Baleares del Comité Catalano-Balear de Espeleología. Durante el presente año 2011, la Federación Balear de Espeleología ha recibido el Premio Ramon Llull, que otorga el Govern de les Illes Balears, en reconocimiento de los numerosos integrantes de la federación que desde una formación autodidacta y sin beneficio económico han efectuado aportaciones valiosas al conocimiento científico de nuestra naturaleza.

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 Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca.

4 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció

Aquest article abasta dos segles d'exploracions espeleològiques, des del principi del segle XIX fins avui en dia, des del vessant més aviat científic de l'espeleologia. S'ha debatut prou sobre si l'espeleologia és una ciència o bé és un esport; i tot i que aquest debat no és la finalitat de l'article, cal dir que s'hi ha exclòs el vessant merament esportiu de l'espeleologia, però, al mateix temps, tenint en compte el caràcter de la publicació *Endins*, s'ha emfatitzat tot allò relacionat amb l'exploració de les cavitats balears.

En aquests dos segles i escaig d'exploracions veurem que alguns grups espeleològics de les Balears tenen força protagonisme quant a l'exploració i estudi de les cavitats, com ara el **Grup Espeleològic EST** (EST), el **Grup Nord de Mallorca** (GNM), l'**Speleo Club de Mallorca** (SCM) o la **Secció Espeleològica del Grup Excursionista de Mallorca** (GEMse); no així altres grups, tanmateix històrics, com ara **Grup Espeleològic Voltors-OJE** (Voltors-OJE) o el **Grup Espeleològic de les Pitiüses** (GEP), que han dedicat preferentment els seus esforços durant molts anys a una tasca força important, la formació tècnica d'espeleòlegs, tasca però que queda fora de l'abast d'aquest article.

Per tal d'escriure la història de les exploracions espeleològiques a les Illes Balears ens hem basat en els articles que els diferents grups han anat redactant al llarg dels anys, principalment a publicacions com ara **Endins**, **Speleon**, la revista de la **Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst** (SEDECK), el **Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears** (SHNB) i la revista **Subterránea**.

Analizant les dades de què disposem, hem dividit les exploracions espeleològiques a les Illes Balears en cinc etapes: la **preespeleologia**, els **pioners**, les **campanyes espeleològiques catalanes**, l'**espeleologia mallorquina convencional** i l'**impacte de l'espeleologia subaquàtica mallorquina**, divisió basada en els articles de GINÉS (1993a) i ampliada per VICENS i PLA (2001). A cadascuna de les etapes, a banda de les exploracions, es fa una referència succinta de molts dels aspectes de l'espeleologia, com ara l'arqueologia, la paleontologia, la biospeleologia, etc., aspectes però que es poden trobar ampliat més detalladament en altres articles d'aquesta mateixa monografia.

1a etapa, la preespeleologia (fins el 1895)

Els primers exploradors dels que tenim constància daten de principi del segle XIX, com ara: el capellà **Antoni Cabrer**, rector de Sant Nicolau, que visità el 1807 les coves d'Artà i ho va publicar el 1840 (GARAU, 2005); **Joaquim Maria Bover**, l'any 1839 la cova de Son Lluís; **Marià Conrado**, l'any 1865 l'avenc de Son Pou; i **F. Will**, l'any 1880 les coves del Drac. Aquests antics exploradors realitzaven la seva tasca de manera força

precària: la il·luminació era amb torxes i el descens als avencs es realitzava amb un complicat sistema de cordes i politges i fins i tot fent servir un bastiment penjant (GINÉS i GINÉS, 2002).

És l'època prèvia al naixement de l'espeleologia (GINÉS, 1993a) i abasta bàsicament fins a 1895, anys en què només es visiten les coves més conegudes i amb la mentalitat dels viatgers vuitcentistes (FIOL-GUISCAFRÉ, 1990 i 1992; SEGUÍ-LLINÀS, 1992; GINÉS, 1993b; VALERO, 2001).

En aquesta etapa inicial també podem trobar-hi les primeres topografies; **Pere d'Alcàntara Penya**, a l'any 1862, topografia les coves d'Artà, i F. Will, topografia les coves del Drac a l'any 1880 (MADER, 2005).

2a etapa, els pioners (1896-1945)

Aquesta etapa de la primera meitat del segle passat abasta entre 1896 i 1945 (GINÉS, 1993a), en què destacaren personatges de renom internacional; les primeres quatre campanyes a l'illa de Mallorca les varen dur a terme espeleòlegs francesos: **Édouard Alfred Martel** (1896 i 1901), **Jacques Maheu** (1911) i **Robert de Joly** (1929). Es descriuen les coves de Portocristo i les d'Artà; Martel (1903) i Maheu (1912) publicaren sengles treballs a la revista **Spelunca** de la **Société de Spéléologie** (SE). Menció a part mereix la paleontòloga **Dorothea M.A. Bate**, qui va descobrir una espècie fòssil ben emblemàtica de les nostres coves, el *Myotragus balearicus*, i va explorar diverses cavitats a Mallorca, Menorca i les Pitiüses des del 1909 (BATE, 1909). Un altre personatge prou important fou **Marià Faura i Sans**, considerat un dels pioners de l'espeleologia a l'estat espanyol (ARAGONÈS, 2010). La primera campanya de Martel, l'any 1896, marcà l'inici d'aquesta etapa (GINÉS, 1999).

A principis del segle XX, s'inicià l'estudi de la fauna cavernícola balear, l'any 1904, any en què el zoòleg romanès **Émile G. Racovitza** descobrí a les coves del Drac (GINÉS, 2005) un crustaci aquàtic cec i despigmentat, del grup dels isòpodes, que descriuria un any més tard (RACOVITZA, 1905) amb el nom de *Typhlocirolana moraguesi*. La biospeleologia interessà també a l'apotecari mallorquí **Llorenç Garcias Font**, naturalista complet que s'interessà a més per la botànica, ornitologia, entomologia, malacologia, geologia i la paleontologia; Ll. Garcias, a l'any 1905 va fer una comunicació al Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural en el que parlava de l'excursió científica amb E. Racovitza a les coves del Drac on recolliren una sèrie de crustacis desconeguts (entre els quals hi havia *Typhlocirolana moraguesi*) (GARCÍAS i PONS, 2011). Anys després, els alumnes del Seminari de Mallorca, guiats per **Mn. Emili Sagristà**, el mes de juny de 1912, visitaren les coves del Drac (Manacor) i a més de rebre les explicacions pertinents sobre espeleotemes, recolliren alguns exemplars de *Typhlocirolana lulli* (FIOL, 2010). RACOVITZA (1912), refutà la separació de *T. lulli* i l'assignà com a



Figura 1: Joaquim Montoriol a l'avenc des Freres (Cabrera), l'any 1959 (Cortesía de la família Montoriol, cedida al Qui és qui).

Figure 1: Joaquim Montoriol descending to Avenc des Freres (Cabrera), in 1959. (Courtesy of the Montoriol's family, transferred to Qui és qui).

sinònim de *T. moraguesi*; això no obstant, publicacions recents, COLOM (1950, 1991), encara conserven l'error i mantenen com a vàlid el binomi *T. lulli*. (GARCÍAS i PONS, 2011).

Aquesta etapa té sens dubte com a principal representat mallorquí al geòleg **Bartomeu Darder Pericàs**, que es va interessar per les coves, encara que d'una manera indirecta i moltes vegades a causa de la seva relació amb les aigües subterrànies. Es pot considerar justament que el seu article *Algunos fenómenos cársticos en la isla de Mallorca* constitueix la primera publicació d'un autor mallorquí sobre els fenòmens càrstics illencs (DARDER, 1930).

En aquests anys s'obrí la possibilitat d'explotar les coves pel turisme: l'any 1906 es descobriren les coves de Gènova, Maheu topografià les coves dels Hams, l'any 1911. A l'any 1912 s'instal·là il·luminació elèctrica a les coves dels Hams. Començaren les visites turístiques a les coves del Drac, l'any 1922, encara que la il·luminació elèctrica no s'instal·là fins el 1934.

3a etapa, les campanyes espeleològiques catalanes (1945-1965)

Vers la meitat del segle XX, se situa la tercera etapa, entre 1945 i 1965, i coincideix amb uns moments especialment brillants de l'espeleologia catalana, els principals representants de la qual foren **Noel Llopis-Lladó**, **Josep Maria Thomas-Casajuana** i **Joaquim Montoriol-Pous**,

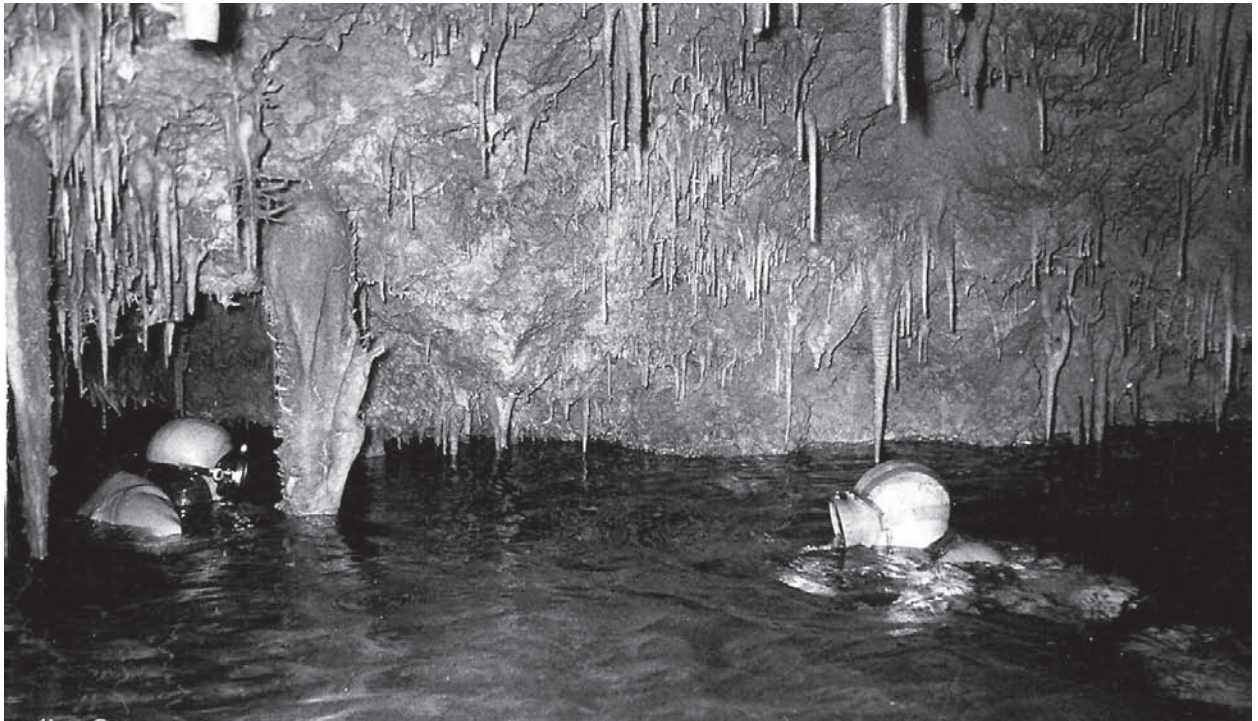


Figura 2: Joaquim Montoriol a la cova de na Polida (Fornells, Menorca), l'any 1954 (Cortesía de la família Montoriol, cedida al Qui és qui).

Figure 2: Joaquim Montoriol exploring Cova de na Polida (Fornells, Menorca), in 1954. (Courtesy of the Montoriol's family, transferred to Qui és qui).



Figura 3: Les més antigues exploracions subaquàtiques de cavitats balears de les quals hagi quedat constància impresa corresponen a Menorca, per part dels catalans Antoni Ballester i Francesc Sibila (del grup ERE) i Armengou i Assens (del grup GES), els anys 1954 i 1955 (Arxiu Francesc Gràcia).

Figure 3: The earliest exploration of underwater caves in the Balearics, which are documented by printed material, correspond to Menorca Island, being conducted by the Catalan divers Antoni Ballester and Francesc Sibila (ERE), as well as Armengou and Assens (GES), the years 1954 and 1955 (Archive Francesc Gràcia).

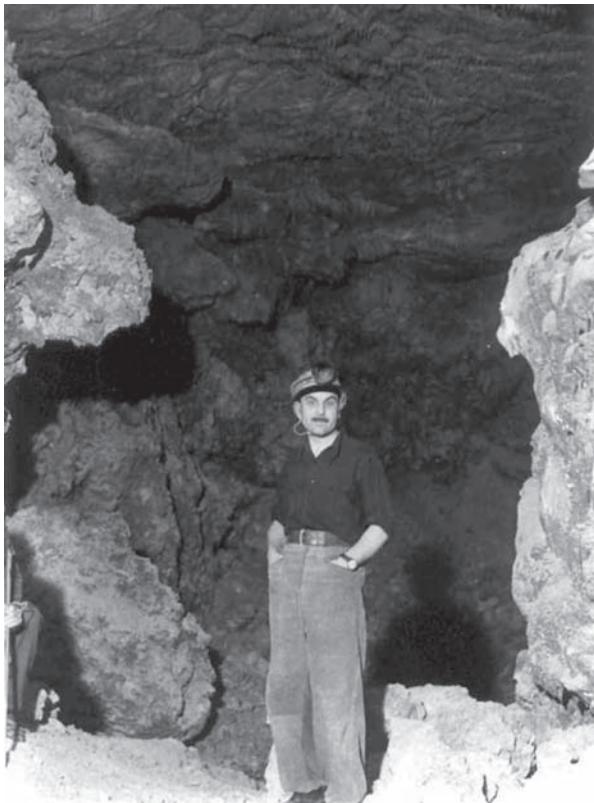


Figura 4: Joan Maria Palau, a l'interior de la cova des Coals (Palma), any 1955 (Arxiu Andreu Muntaner).

Figure 4: Joan Maria Palau, inside Cova des Coals (Palma), in 1955 (Archive Andreu Muntaner).

del Grup d'Exploracions Subterrànies (GES) del Club Muntanyenc Barcelonès (CMB).

Un fet destacable d'aquesta època va ser el naixement de la publicació **Speleon**, dirigida per Llopis-Lladó, d'un nivell científic avantguardista dins el món de l'espeleologia, a les pàgines de la qual s'editen nombrosos tre-

balls del GES, que són la continuació d'una primera campanya espeleològica efectuada pel mateix Llopis-Lladó i Thomas-Casajuana, l'any 1946 (LLOPIS y THOMAS, 1948). A partir d'aquest any 1946 se succeeixen les campanyes del GES: a Mallorca (1946, 1951, 1953, 1960), a Menorca (1948, 1954), a Eivissa (1952), a Cabrera (1959) i a Formentera (1962, 1963). Com a fruit d'aquestes campanyes es publiquen gairebé mig centenar de topografies, la majoria de les quals foren realitzades per Montoriol-Pous (Fig. 1 i 2) i Thomas-Casajuana. Posteriorment alguns altres grups catalans, com ara l'**Equip de Recerques Espeleològiques (ERE)** del **Centre Excursionista de Catalunya (CEC)** i l'**Espeleo Club de Gràcia (ECG)**, han realitzat també interessants exploracions a les cavitats de les Balears (GINÉS i GINÉS, 2002).

Quant a les exploracions subaquàtiques de cavitats balears, les més antigues de les quals n'hagi quedat constància impresa corresponen a Menorca, per part dels catalans **Antoni Ballester** i **Francesc Sibila** (del grup ERE) i **Armengou** i **Assens** (del grup GES), els anys 1954 i 1955 (GRÀCIA, 2010) (Fig. 3).

Un estudiós de la prehistòria va ser **Cristòfol Veny** autor que, a banda d'estudiar els materials arqueològics, també va fer nombroses topografies de coves artificials i naturals, tasca que inicià vers els anys 40 i que recollí en una interessant obra publicada l'any 1968 (VENY, 1968).

Eladi Homs, es traslladà amb la seva família a Mallorca, l'onze de gener de 1954, procedent de Barcelona. Homs, des de l'any 1934, pertanyia a l'escoltisme català i arribà a Mallorca sense cap intenció de fundar un nucli d'escoltisme però duia l'esperit escolta madurat a l'**Agrupament Mare de Déu de Montserrat** que en una línia progressista-nacionalista imprimia el sacerdot mossèn Batlle i altres responsables de la **Lliga Espiritual**. A l'any 1955, una sèrie de circumstàncies personals i d'inquietuds culturals obrí el camí de la represa escolta a Mallorca. Atès que existia la **Federació Ibèrica d'Escoltisme**, de la qual formaven part els escoltes de Barcelona i València, Homs va demanar a **Francesc de Borja Moll**, l'única persona que coneixia a Mallorca, si hi hauria possibilitat de muntar alguna secció d'escoltisme. D'aquesta manera, Moll va posar Homs en contacte amb un grup d'amics intel·lectuals que tenien inquietuds per mantenir l'amor i la defensa de la llengua i la identitat del poble mallorquí. Aquest grup se solia reunir tots els dijous en el bar de Can Tomeu que hi havia vora la font de les Tortugues. Alguns dels integrants del grup eren: **Josep Maria Llompart**, **Jaume Vidal Alcover**, **Llorenç Moyà**, **Manuel Sanchis Guarner**, **Aina Moll**, **Guillem Colom**, **Llorenç Villalonga** i **Josep Maria Palau i Camps**. Amb aquest darrer i junt amb altres amics organitzaren algunes excursions per explorar o recollir animalons en coves, utilitzant tècniques d'espeleologia i fent alguns croquis de planimetria (CERDÀ, 1999).

L'any 1955 un grup d'espeleòlegs mallorquins, liderats per Josep Maria Palau i Camps, iniciaren sistemàticament l'aixecament de plànols topogràfics i la recerca biospeleològica en cavitats mallorquines. Aquest és el primer grup espeleològic mallorquí, l'**Equip Mallorquí d'Espeleologia (EME)**, que va néixer en el si de la SHNB. La tasca de l'EME va durar com a mínim dos anys en què topografiaren cavitats de la serra de na

Burguesa (Fig. 4, 5, 6, 7, 8); d'aquestes topografies se n'han trobat 9 a l'arxiu de **Miquel Trias** (VICENS i PLA, 2001). El plànol de la cova de na Boixa, publicat l'any 1955 (PALAU, 1955), és la primera topografia subterrània realitzada per un grup espeleològic mallorquí (GINÉS, 1993a).

Hi ha una sèrie d'investigadors de la fauna pre-humana de les Balears que, encara que no fossin espeleòlegs en el sentit estricte de la paraula, feren estudis dins coves on recolliren material mastològic o malacològic per estudiar-lo (Fig. 9 i 10); cal destacar: **Andreu Muntaner, Joan Cuerda, Rafel Adrover, Basilio Àngel, Joan Bauzà, William Waldren i John S. Kopper**. Una part del seus estudis varen quedar recollits al Bolletí núm. 12 de la SHNB, publicat el 1966.

4a etapa, l'espeleologia mallorquina convencional (1966-1993)

La quarta etapa s'inicià l'any 1966 i finalitzà l'any 1993, i fou l'explosió de l'espeleologia balear; es caracteritzà per una immensa producció topogràfica, principalment efectuada pels grups **EST, SCM, GNM** i la **Secció d'Espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca** (GEMse). D'aquesta etapa, cal destacar els espeleotopògrafs **Miquel Trias, Joaquín Ginés, Àngel Ginés, Francesc Mir, José Antonio Encinas, Tomàs Fortuny, Lluís Roca, Martiniano Mediavilla, Jaume Ferreres i Josep Antoni Alcover** (GINÉS, 1993a). En aquesta etapa es palesà la incessant col·laboració entre els diferents grups d'espeleòlegs; moltes de les campanyes d'exploració i topografia es feren en col·laboració entre diferents grups (Fig. 11).

Un factor clau en el desenvolupament de l'espeleologia balear va ser el naixement de la publicació **Endins**, l'any 1974, la política editorial de la qual ha impulsat i potenciat sempre la publicació de topografies a les seves pàgines (VICENS i PLA, 2001).

Entre els anys **1966 i 1967**, un grup d'estudiants de batxillerat del col·legi La Salle de Palma, aficionats a l'excursionisme i atrets per les cavitats subterrànies, començaren a fer les primeres incursions a les coves properes a Palma, com ara les coves del Pilar. D'aquest grup d'estudiants va néixer el grup **EST** (*Euntes Sub Terram* -els que van sota terra), expressió llatina que adoptaren sota la influència de l'educació religiosa i erudita d'aquells anys. El nom del grup el posà un dels fundadors, **Antoni Campins** (GINÉS *et al.* 1989). Emperò, en aquella època ja hi havia dos grups espeleològics actius a Mallorca: l'**SCM**, que col·laborava amb els arqueòlegs del Museu de Mallorca a Palma, i el **GNM**, que sota l'impuls de **José Antonio Encinas** i els seus germans havia començat una tasca de catalogació de cavitats molt intensa a l'àrea de Pollença (Fig. 12, 13).

Durant l'any **1968**, els membres del grup EST descobriren interessants continuacions a les coves des Màrmol (Calvià), cavitat de la qual realitzaren la primera topografia; en aquests primers descobriments desta-

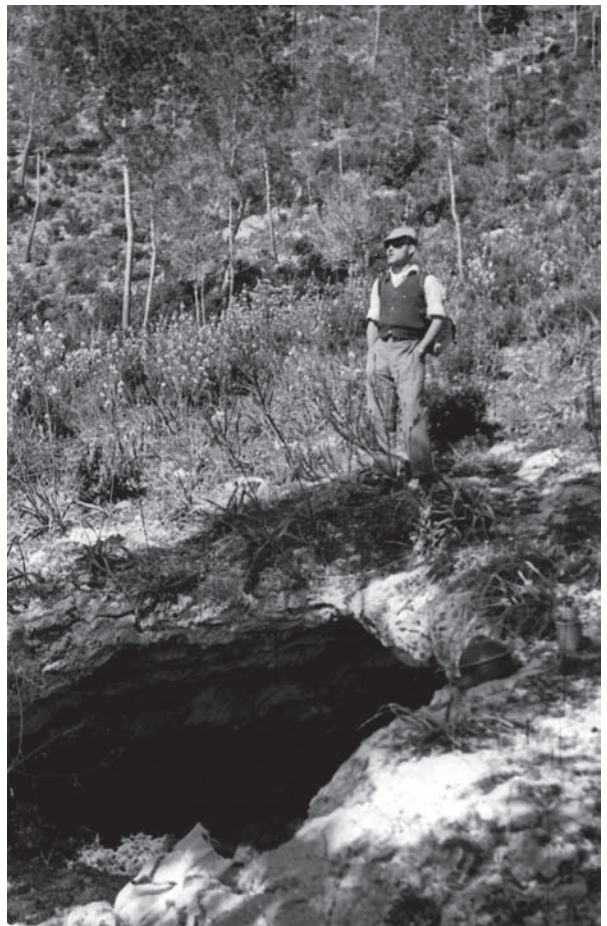


Figura 5: Entrada a la cova de sa Campana (Palma), l'any 1955 (Arxiu Miquel Trias).

Figure 5: Entrance to Cova de sa Campana (Palma), in 1955 (Archive Miquel Trias).

quen els noms d'**Oriol de Bobes, Juan José Egozcue, Àngel Ginés, Joaquín Ginés i Paco Trobat**.

A l'any **1969**, l'EST topografià la cova de Can Sion (Pollença), de la qual realitzà l'aixecament topogràfic amb teodolit dels més de 650 metres de poligonals, amb errors molt acceptables. L'exploració de la cova d'en Martí, a Son Juvera (Andratx) aportarà interessants restes arqueològiques relacionades amb la cultura púnica (GINÉS *et al.* 1989).

En la primera meitat de la dècada dels 70 es pot constatar una forta activitat del grup EST i també d'altres grups espeleològics mallorquins, com ara l'SCM i el GNM.

Durant el mes de setembre de **1970**, en una activitat conjunta dels grups EST i GNM, s'explorà i es topografià l'avenc des Llorer (Escorca). Alguns mesos després, en una altra sortida conjunta del grup EST i del **Grup Espeleològic Els Fosquers** (FOSQUERS), s'explorà l'avenc des Bou (Bunyola). El mes d'octubre tingué lloc una breu campanya del grup EST a Eivissa, on es visitaren dotze cavitats de poca importància; destacant per la seva fondària l'avenc des Milà (Sant Joan) i l'avenc des Canalet d'en Toni Pere. Finalment, el mes de desembre el grup EST realitzà el descens i la topografia de l'avenc de Femenia (Escorca), un pou de 120 metres de vertical.



Figura 6: Entrada a la cova de Son Maiol (Palma), l'any 1955 (Arxiu Miquel Trias).

Figure 6: Entrance to Cova de Son Maiol (Palma), in 1955 (Archive Miquel Trias).

Els grups EST i GNM realitzaren una campanya a l'illa de sa Dragonera, l'any 1971, campanya que reportà interessants resultats tant en l'aspecte arqueològic com en el geoespeleològic; conclusions que es varen publicar a la revista *Speleon* i que comptaren amb l'assessorament de **Joan Cuerda**. Aquest any també es realitzaren les topografies de les coves del Pirata (Manacor) i de la cova de Cornavaques (Pollença), tasca que es va fer en una sortida conjunta dels grups EST, GNM, SCM i FOSQUERS (GINÉS *et al.* 1989).

A Mallorca l'espeleobusseig es va iniciar a principis dels anys 70, en una època en la qual es varen començar a realitzar immersions amb escassos i rudimentaris mitjans tècnics per part d'espeleòlegs aprenents de submarinistes (Fig. 14). Així, l'any 1971, **G. García** i **M. Hidalgo**, van explorar els breus sifons (galeries totalment submergides), però d'accés esgotador, de la cova de les Rodes (Pollença), a la serra de Tramuntana de Mallorca. La mentalitat exploratòria de l'època era principalment la de superar trams inundats per accedir a sales o galeries eixutes. En aquesta dècada les tècniques de busseig no estaven encara adaptades al busseig espeleològic, emprant pràcticament la mateixa configuració de l'equip que dins mar oberta. Els aparells de respiració autònoma, anomenats bitràquees, eren molt rudimenta-

ris i perillosos i normalment s'emprava una sola botella carregada a unes 120 atmosferes. La vestimenta era de goma. No s'empraven els rodets de fil guia autònoms, i els bussejadors es fermaven a una corda que els companys anaven amollant des de l'inici del busseig; a més a més, la comunicació era per estirades de la corda, la qual cosa provocava fàcilment situacions de confusió i embolics i els accidents estaven a l'ordre del dia. El material d'immersió era extremadament car, poc fiable i difícil d'aconseguir pels practicants de busseig no professional (GRÀCIA, 2010).

A l'any 1972, de manera independent, l'SCM i l'**Espeleo Club de Gràcia (ECG)** del **Grup Geogràfic de Gràcia (GGG)** exploraren la cova de sa Campana (Escorca), la primera topografia de la qual fou publicada per l'SCM l'any següent. Aquest any fou especial per a l'espeleologia mallorquina, car, els grups treballaren a un ritme frenètic i l'espeleologia balear començà a presentar els resultats dels seus treballs a congressos i simpòsiums realitzats a l'estat espanyol. Aquest any s'organitzà un campament espeleològic a Son Torrella (Fig. 15). En el mes d'agost s'aconseguí el reconeixement d'una **Delegació a Balears** del que en aquell moment es denominava **Comitè Catalano-Balear d'Espeleologia (CCBE)**; aquest era un òrgan tècnic i administratiu inclòs en el **Comitè Nacional de Espeleología (CNE)**, que depenia de la **Federación Española de Montañismo (FEM)**, i **Àngel Ginés Gracia** en fou nomenat Delegat (Fig. 16). L'avenc d'Escorca (-139 m) és l'escenari d'una exploració que es dugué a terme entre l'EST i l'SCM i en la qual es va fer el descens, amb escala, del gran pou inicial de 117 metres. També es topografià l'avenc de sa Pedra (Esporles), col·laborant l'EST, l'SCM i FOSQUERS, i s'assolí una fondària de 126 m; l'EST també localitzà i explorà l'avenc Bené d'Exelegà (Escorca) de -92 metres. En el mes de maig de 1972, l'EST topografià l'avenc Fonda (Pollença) explorat pel GNM uns mesos abans; d'aquella nova topografia en resultà una profunditat de 168 metres. A Barcelona es va celebrar el **II Simpòsium de Metodologia Espeleològica** en què els grups mallorquins presentaren diverses aportacions, que suposaren la difusió de les intenses activitats que es desenvolupaven a Mallorca. En aquell simpòsium també es van fer públiques les primeres relacions de l'**Inventari Espeleològic de Mallorca**, que aquest any incorporà un total de 338 cavitats. Cal fer una menció especial a la topografia de la cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia), realitzada entre l'EST i l'SCM; les visites a aquesta cova permetrien iniciar l'estudi dels paleonivells marins pliocènic, enregistrats a l'interior d'aquesta magnífica cavitat, sota la forma de diferents nivells d'espeleotemes freàtics; els primers resultats d'aqueixes investigacions s'exposaren en el **II Congrés Nacional d'Espeleologia**, que es va celebrar a Oviedo el mes d'octubre. L'SCM realitzà una campanya espeleològica a les illes de Cabrera i de Conillera. **Joan Pons** del grup EST, localitzà nous jaciments paleontològics a Menorca. Els espeleobussejadors, **G. García** i **M. Hidalgo**, juntament amb **LI. Astier** i **J. Cerdán**, tots ells espeleòlegs catalans, realitzaren l'any 1972 l'exploració i topografia de les continuacions subaquàtiques de la cova Marina des Pont (Manacor) (TRIAS i MIR, 1977). En la mateixa campanya, LL. Astier i J. Cerdán realit-

zaren una immersió en un dels llacs de les coves del Pirata, també en el municipi de Manacor.

L'EST visità, l'any **1973**, l'avenc des Gel (Escorca), explorat prèviament pel **Grup Espeleològic Orígens** (GEO); durant aquella visita tingué lloc un fet insòlit, ja que en el fons de l'avenc es trobà un gran dipòsit de gel que des d'aquell moment li donà nom a la cavitat. Aquest any se celebrà a Mataró el **III Simpòsium d'Espeleologia** que es dedicà a la geoespeleologia, en el qual s'hi presentaren alguns treballs de grups de Mallorca. El seguiment d'aquestes contribucions publicades al Simpòsium, ens permet destacar un seguit d'espeleòlegs que, a més dels ja esmentats del grup EST, en representen l'espeleologia mallorquina d'aquells moments: **José Antonio Encinas, Miquel Llobera, Pere Llobera, José Justo Encinas, J. Ramon Morro i Joan Antoni Morro** del GNM; i **Miquel Trias, Tomàs Fortuny, Lluís Roca, Francesc Mir, Francesc Ruiz, Antoni Artigues i Baltasar Llompart**, de l'SCM. A la **Delegació a Balears del CCBE** tingueren lloc les primeres eleccions i **Miquel Trias Gusó**, de l'SCM, en sortí elegit Delegat (GINÉS *et al.* 1989). Al voltant de l'any 1973, neix l'**Organització Espeleològica Mallorquina** (OEM), que es va formar de l'escissió d'un grup d'entusiastes de les activitats de la natura, anomenat **Dragones**; a partir d'aquell moment una part del grup es va especialitzar en escalada i muntanyisme, conservant el nom Dragones, i l'altra part passà a anomenar-se OEM i es va dedicar a l'espeleologia. L'activitat de l'OEM va ser sempre de caire esportiu i d'exploració; una de les primeres troballes importants va ser l'avenc de Son Martí de 65 m de vertical absoluta, encara que va acabar sent explorat per un grup nascut en el si de la botiga *Deportes Rado*, car, els membres de l'OEM en aquell moment no disposaven del material de descens adient; si més no l'OEM va localitzar noves cavitats per la serra de na Burguesa, la Fita del Ram i en general per la zona de ponent de Mallorca i també visitaren cavitats per tot arreu de Mallorca (Fig. 17, 18, 19, 20, 21 i 22). Cal destacar que un dels seus membres, J. F. Fernández, va ser un dels pioners en les immersions subaquàtiques; una de les seves primeres immersions, encara que de manera infructuosa, fou a la cova de Cala Falcó (TRIAS *et al.*, 1977). L'OEM mai no va ser molt nombrós, sense arribar als 20 membres, entre els que cal destacar **J. F. Fernández, J. M. Pellicer, Pau Bosch, F. Valádez i Miquel Àngel Barceló**. Malauradament el grup es va desfer l'any 1981.

L'any **1974** representà un punt d'inflexió que marcà una ralentització de les activitats d'exploració i de topografia, que afectà, més o manco, a tots els grups de les Illes. Les cavitats inèdites començaren a minvar en comparació als anys passats; cal tenir en compte que la segona relació, que es publicà aquest any, al **Bolletí** de la SHNB, de l'**Inventari Espeleològic de Mallorca** (ENCINAS *et al.*, 1974) presentava 545 cavitats, quantitat que gairebé doblava la de la primera recopilació publicada l'any 1972. El grup EST trobà a l'avenc de na Corna (Artà) interessants restes fòssils de grua. Membres de l'SCM estudiaren la font des Verger (Sóller). Les cavitats situades al cap Pinar varen ser explorades i topografiades per membres del grup FOSQUERS. El grup EST topografià l'avenc des Gorg Blau (Escorca), explorat mesos enrere pel **Grup Espeleològic Mallor-**

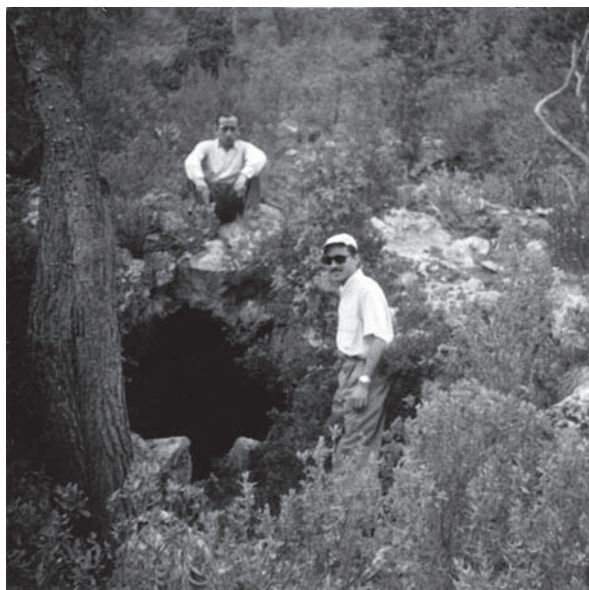


Figura 7: Cova d'en Salom (Palma), any 1956 (Arxiu Miquel Trias).

Figure 7: Cova d'en Salom (Palma), in 1956 (Archive Miquel Trias).



Figura 8: Interior de la cova d'es Cavall (Palma), any 1956 (Arxiu Miquel Trias).

Figure 8: Inside Cova d'es Cavall (Palma), in 1956 (Archive Miquel Trias).

quí (GEM). En aquells temps ja es començà a aplicar l'ús dels *Jumars* i dels davalladors a l'exploració de cavitats verticals. L'exploració de la cova dels Estudiants (Sóller), realitzada pel grup EST en col·laboració amb l'ERE de Barcelona, va permetre el descobriment d'una nova espècie de coleòpter troglòbi, *Reicheia balearica*, descrita per Francesc Español. Madrid fou l'escenari del **III Congrés Nacional d'Espeleologia**, en el qual el grup EST exposà dues comunicacions, una sobre temàtica paleontològica i l'altra sobre la caracterització morfològica del medi fluvio-lacustre hipogeu de Mallorca. Els espeleòlegs **Jaume Oliver** i Joan Pons deixen el GEM, fet que marcarà la fi d'aquest grup, i s'incorporen al grup EST. Miquel Trias i Lluís Roca, de l'SCM realitzen



Figura 9: Els quaternaristes Joan Cuerda (esquerra) i Andreu Muntaner (dreta) en es Bufador de Son Berenguer (Santa Maria, Mallorca) recollint materials paleontològics, vers el 1953 (Arxiu Andreu Muntaner).

Figure 9: The Quaternary researchers Joan Cuerda (left) and Andreu Muntaner (right) in Es Bufador de Son Berenguer (Santa Maria, Mallorca) collecting paleontological materials, around 1953 (Archive Andreu Muntaner).



Figura 10: D'esquerra a dreta, Joan Cuerda, Andreu Muntaner, Rafel Adrover i Miquel Crusafont, a la cova de son Bauzà, any 1966 (Arxiu Andreu Muntaner).

Figure 10: From left to right, Joan Cuerda, Andreu Muntaner, Rafel Adrover and Miquel Crusafont, at Cova de son Bauzà, in 1966 (Archive Andreu Muntaner).

una campanya a Formentera amb importants troballes arqueològiques (TRIAS i ROCA, 1975). Durant el mes de març aparegué el número 1 de la publicació *Endins*; aquest primer i modest número es veurà seguit any rere any de successius exemplars de creixent qualitat.

L'espeleobussejador **Miquel Garau**, del grup EST, explorà l'any 1974, 40 metres del sífó 2 de la cova dels Estudiants, situada al municipi de Sóller, a la serra de Tramuntana (GRÀCIA, 2010). Un altre pioner va ser **Francesc Ripoll**, de l'SCM, que l'any 1974 realitzà un croquis de l'inici subaquàtic de la cova de sa Gleda (Manacor), on localitzà una gran campanya d'aire a una vintena de metres de l'entrada (FORNÓS *et al.*, 1989).

L'any 1975, El grup EST col·laborà en la campanya bioespeleològica a Mallorca dels espeleòlegs catalans **Xavier Bellés**, **Jordi Comas** i **Teresa Cuñé**. Aquest any també tingueren lloc unes **Jornades de Biospeleologia** promogudes per la SHNB i la Fundació Dragan. El mes de desembre se celebrà a Barcelona el **V Simpòsium d'Espeleologia**, dedicat aquesta vegada a la temàtica del Quaternari; en una comunicació presentada a l'esmentat simpòsium s'insistí en el coneixement morfològic i espeleocronològic del carst litoral mallorquí. John S. Kopper, amb l'ajuda de l'SCM, recull mostres de sediments de dues cavitats que palesen una inversió del camp magnètic terrestre (KOPPER, 1975). El GNM realitzà una campanya espeleològica als Picos de Europa. El 1975 s'aconsegueix la creació del **Comité Balear d'Espeleologia** (CBE), desvinculant-se de l'antic CCBE; s'elegí de bell nou Miquel Trias com a President d'aquesta nova estructura organitzativa de la nostra espeleologia (Fig. 23). Es publicà el número 2 de l'*Endins*.

Francesc Mir, de l'SCM, l'any 1976, acabà un estudi iniciat el 1973 i 1974, en què va descriure les formes hipogees del barranc d'Algendar (Menorca) (MIR, 1976). Es publicà l'*Endins* número 3. En aquest número cal destacar la contribució de **Lluís Pomar**, que acabava de llegir la seva tesi doctoral al Departament de Geologia de la **UIB**, dins una línia de col·laboració amb el món de l'espeleologia que va ser molt profitosa durant uns quants d'anys.

En el camp topogràfic, l'any 1977, el grup EST va fer l'aixecament topogràfic de la cova Figuera (Manacor) i també col·laborà amb l'SCM en els treballs de Can Frasquet (Manacor), participant en la topografia de la cova de sa Piqueta. Miquel Trias, de l'SCM, documentà unes troballes prehistòriques a l'illa d'Eivissa (TRIAS, 1977) i **Jaume Damians** del mateix club documentà una troballa arqueològica, en aquest cas a Sencelles (DAMIANS, 1977). Aquest any tingué lloc un intens programa de recol·lecció de fauna aquàtica que s'estengué per coves de tota Mallorca, així com per algunes cavitats de les illes de Cabrera i sa Dragonera. Els resultats d'aquesta campanya bioespeleològica es presentaren al **VI Simpòsium d'Espeleologia**, celebrat a Terrassa (GINÉS i GINÉS, 1977). En el vessant paleontològic, es publicà la descripció de *Myotragus antiquus* (PONS-MOYÀ, 1977). El Comitè Nacional de Espeleologia, dependent encara de la Federació Española de Montañismo, el mes de març, legalitzà els primers estatuts del grup EST. Aquest any, a Eivissa, es creà el **GEP**. Es creà també la **secció d'espeleologia de l'Organización Juvenil Española** (OJE). S'edità l'*Endins* número 4.

Entre els anys **1978** i **1979**, el grup EST participà en una campanya paleontològica als reompliments càrstics del barranc de Binigaus (Es Mercadal, Menorca). Les restes recol·lectades permeteren la descripció de noves espècies: *Myotragus binigausensis*, *Hypnomys eliomyoides* i *Nesiotites meloussae*; alguns dels participants en aquestes campanyes foren **Salvador Moyà-Solà**, **Jordi Agustí** i **Joan Pons-Moyà**. Joan Pons continuà les seves tasques paleontològiques a la Cueva Victoria (Múrcia).

L'EST i l'SCM, topografiaren l'avenc Cremat (-86,5 m), l'any **1979**, que resultà l'avenc de més fondària de Puigpunyent. La flora dels avencs de Mallorca fou objecte d'una campanya de mostreig centrada en els briòfits, amb uns resultats summament interessants (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). El mes d'octubre té lloc a Palma el **VI Coloquio de Geografía** de la Asociación de Geógrafos Españoles; l'EST hi exposà alguna comunicació i col·laborà en l'organització d'una excursió per la serra de Tramuntana per als participants en l'esmentat col·loqui. Es va fer una passa més cap a la constitució d'una federació estatal d'espeleologia amb la creació, per part del Consejo Superior de Deportes, de la **Sección Española de Espeleología**. Així, el Comitè Balear d'Espeleologia, a partir d'aquell moment, es denominà **Secció Balear d'Espeleologia** (SBE) (Fig. 24). Aquest any es publicà una nova recopilació de l'**Inventari Espeleològic de les Balears**, que aquesta vegada es va fer extensiu a Menorca, Eivissa i Formentera (TRIAS *et al.*, 1979). La nova versió de l'Inventari incloïa un total de 883 cavitats. Es dona de baixa la secció d'espeleologia de la OJE. S'edità l'Endins número 5-6.

El coneixement de la paleontologia balear es veié beneficiat, l'any **1980**, amb la publicació d'una nota on es descrivia l'espècie *Tyto balearica*, que és atribuïda al límit Plio-Quaternari; espècie provinent de diversos jaciments càrstics, com ara la cova de Canet. El grup EST publicà un estudi de les cavitats del puig d'en Galileu (Escorca); cal destacar l'avenc d'en Lloaxim (-102 m). Martiniano Mediavilla, de l'EST, publicà un estudi dels avencs del Pla de les Basses, d'on destaca l'avenc del Pla de les Basses (-125 m). Durant el mes de febrer de 1980, i a conseqüència de la creació un any abans de la Secció Balear d'Espeleologia, es feren eleccions, de les quals en resultà elegit President **Joaquín Ginés Gracia**, del grup EST. Es creà, l'**Escola Balear d'Espeleologia**; en aquest sentit, durant els mesos de març i abril es va fer un curs de perfeccionament que marcà, de fet, l'inici de les activitats de l'escola. El mes de setembre, la cova de Cal Pesseu fou l'escenari del primer simulacre de rescat efectuat pel **Grup de Socors** de la SBE. El primer curs d'iniciació, organitzat per l'Escola Balear d'Espeleologia, tingué lloc el mes de novembre a Mallorca (GINÉS *et al.* 1989; ANUARIO S.E.E., 1980). Espeleòlegs de la SBE, participaren a la segona campanya a la Cueva Victoria (Múrcia). S'edità el número 7 de l'Endins.

El mes de setembre de **1981**, l'EST efectuà una petita sortida a Menorca on realitzà el plànol topogràfic de la cova de ses Figueres (Sant Lluís), la qual cosa va servir per contactar amb els companys de la **Unió Excursionista Menorquina** (UEM) que començaven a interessar-se per les activitats subterrànies; els contactes entre els espeleòlegs d'ambdues illes va conduir a



Figura 11: Membres del Grup Nord de Mallorca explorant cavitats, vers els anys 60 (Arxiu Grup Nord de Mallorca).

Figure 11: Members of Grup Nord de Mallorca exploring caves around 1960 (Archive Grup Nord de Mallorca).



Figura 12: Membres del Grup Nord de Mallorca explorant cavitats, vers els anys 60 (Arxiu Grup Nord de Mallorca).

Figure 12: Members of Grup Nord de Mallorca exploring caves around 1960 (Archive Grup Nord de Mallorca).

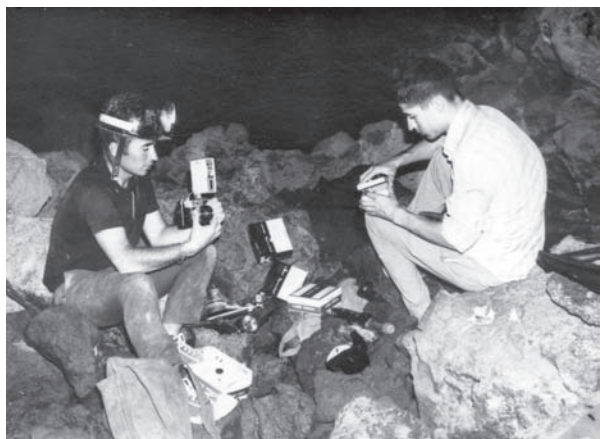


Figura 13: Preparatius abans d'una sessió fotogràfica, vers els anys 60 (Arxiu Grup Nord de Mallorca).

Figure 13: Preparation of a photographic session, around 1960 (Archive Grup Nord de Mallorca).



Figura 14: Primeres immersions documentades realitzades per mallorquins l'any 1973 dins cavitats litorals, cova de ses Sitjoles (Campos) (Arxiu Francesc Gràcia).

Figure 14: First documented diving activities made by Mallorcan cavers in 1973 inside coastal caves, Cova de Ses Sitjoles (Campos) (Archive Francesc Gràcia).

la constitució d'una secció d'espeleologia dins la Unió Excursionista Menorquina. Un col·lectiu d'espeleòlegs de l'EST juntament amb personal docent i estudiants de la UIB, guanyaren el **Premi Ciutat de Palma d'Investigació** amb un projecte signat per l'**Equip HADES**, els directors del qual eren **Lluís Pomar** i **Joaquín Ginés**. Aquest projecte d'investigació tenia l'objectiu d'aprofundir en l'estudi de les cristallitzacions freàtiques del Plistocè, presents a les coves mallorquines; amb aquest fi es portaren a terme, els mesos de març i abril, dues campanyes per agafar mostres a la cova de sa Basa Blanca (Aldúia). Aquest mateix any, 1981, durant el mes d'agost se celebrà a Bowling Green (Kentucky, USA) el **VIII Congrés Internacional d'Espeleologia**. En aquest acte l'EST exposà dues comunicacions que resumien l'estat dels coneixements sobre els espeleotemes freàtics de les coves mallorquines i la seva relació amb paleonivells pliocènic de la Mediterrània (GINÉS *et al.*, 1981 a i b). Gràcies als contactes establerts en aquell Congrés Internacional, aqueix mateix any surten publicats els primers resultats de datacions isotòpiques d'espeleotemes freàtics procedents de coves de Mallorca (HENNIG *et al.*, 1981). L'EST presentà l'estudi realitzat en el jaciment de la cova des Fum a Sant Llorenç (GINÉS i FIOL, 1981) i les descripcions de dues formes arcaïques del gènere *Myotragus*: *M. kopperi* (MOYÀ-SOLÀ i PONS-MOYÀ, 1981), forma probablement del Plistocè inferior i *M. peponellae* (MOYÀ-SOLÀ i PONS-MOYÀ, 1982), atribuïble al Pliocè inferior. També es varen fer noves campanyes a la Cueva Victoria (Múrcia), que donaren lloc a un treball (CARBONELL *et al.*, 1981) en el qual, endemés de sintetitzar-s'hi els coneixements sobre la seva fauna fòssil, ja s'hi apuntaven les primeres dades sobre la presència humana en aquesta cavitat. **Josep Antoni Alcover**, **Salvador Moyà-Solà** i **Joan Pons-Moyà** publicaren el llibre **Les Quimeres del Passat**, (ALCOVER *et al.*, 1981), obra que reunia els coneixements disponibles sobre els vertebrats plio-quadernaris de les nostres Illes. Membres de l'SCM i de l'EST realitzaren una campanya a Eivissa amb l'objecte de prospectar jaciments càrstics capaços

d'aportar restes fòssils de vertebrats. La **Secció Balear d'Espeleologia** tornà a fer eleccions, per adaptar-les al calendari olímpic; en sortí reelegit President en Joaquín Ginés. Durant el 1981 s'efectuaren dos importants simulacres de rescat per part del **Grup de Socors** de la **SBE**, el primer es va fer el mes de febrer a l'avenc del Pla de les Basses (Pollença) i el segon a l'avenc des Travessets (Artà) uns mesos després (GINÉS *et al.*, 1989). Es publicà el número 8 de l'Endins.

L'any **1982**, s'aconseguí una ajuda econòmica de l'**Institut d'Estudis Balearics** (IEB) per realitzar una campanya de mesures del contingut en diòxid de carboni de l'atmosfera de la cova de les Rodes (Pollença) per tal de quantificar les seves variacions estacionals; també es van fer gestions de cara a la protecció d'aquesta cova, amenaçada pels enderrocs. Finalment el **Consejo Superior de Deportes** permeté crear la **Federación Española de Espeleología** (FEE); d'aquesta manera la Secció Balear d'Espeleologia es convertí en una federació esportiva territorial (Fig. 25). Com a conseqüència del canvi d'estatus legal, se celebraren eleccions en el si de la **Federació Balear d'Espeleologia** (FBE), de les quals en resultà reelegit l'anterior President, Joaquín Ginés. Es creà novament la secció d'espeleologia de la OJE. Els membres de l'SCM realitzaren una campanya d'exploració i topografia a Eivissa i Formentera. Aquest any es publicà el número 9 de l'Endins.

El gener de **1983**, Àngel Ginés Ilegí, a la Facultat de Ciències de la **Universitat de les Illes Balears** (UIB), la tesi de llicenciatura que tracta amplament de la biospeleologia del carst de Mallorca, dedicant una atenció especial als seus aspectes ecològics. Membres de l'SCM realitzaren una campanya a Sardenya (Itàlia) (GINÉS *et al.* 1989). Miquel Trias publicà el catàleg de les Pitiüses (TRIAS, 1983). El **Grup Espeleològic d'Andratx** (GEAn) va dur a terme tasques d'exploració i catalogació a la zona de s'Arracó (Andratx). El Grup EST realitzà una campanya espeleològica per la zona des Tossals (Escorca) (ANUARIO F.E.E., 1983).

El grup EST, l'any **1984**, realitzà una campanya paleontològica a la Cueva Victoria (Múrcia), en la qual s'ha de ressaltar la troballa d'una falange atribuïble al gènere *Homo* (PONS-MOYÀ, 1985), que confirmaria l'ocupació humana de la caverna; possiblement es tracta d'un dels homínids més antics registrats a la Península Ibèrica. Membres de l'SCM realitzaren una campanya a Menorca. El GEAn realitzà una campanya a Estellencs i Andratx i el grup EST continuà la campanya al massís dels Tossals (Escorca) (ANUARIO F.E.E., 1984).

Lleugera crisi a la Federació que afectà la Junta Directiva; a partir del febrer de **1985**, **Josep F. Ramos** presidí una Comissió Gestora, fins que el mes de novembre se celebraren les eleccions exigides per la Direcció General d'Esports del Govern Balear, en quedar inscrita la Federació Balear d'Espeleologia en el Registre d'Associacions Esportives de les Balears. D'aquestes eleccions en tornà a sortir President Joaquín Ginés. Aquest any 1985, el GEMse prengué el relleu de l'SCM, que acabava de desaparèixer (grup que es refundarà l'any 2009), mentre que la **Secció Espeleològica Associació Nova Esmenta** (ANEM) se sumà poc després amb la seva activitat exploratòria als altres dos grups mallorquins que encara subsisteixen avui, el GNM de Pollença

i l'EST de Palma. Membres del GEMse realitzaren una campanya biospeleològica a Canàries i també una campanya espeleològica a Formentera (ANUARIO F.E.E., 1985). Aparegué publicat l'Endins número 10-11.

L'any 1986, a Barcelona, tingué lloc el **IX Congrés Internacional d'Espeleologia**, en el qual membres de l'EST exposaren una comunicació sobre aspectes geomorfològics de les illes carstificades (GINÉS i GINÉS, 1986) i la Federació Balear d'Espeleologia hi va mantenir un estand (ANUARIO F.E.E., 1986), coordinat per la Secretària de la FBE, **Catalina M. Borràs**. Més endavant, a Palma hi hagué una reunió del grup d'estudi sobre **l'Impacte Humà en el Carst**, de la International Geographical Union, el resultat del qual es va publicar l'any següent; en l'organització d'aquest esdeveniment intervingueren de forma activa el grup EST i personal del Departament de Geografia de la UIB (GINÉS *et al.*, 1989). Es creà el grup **Voltors-OJE**, que abans era una secció de la OJE. Els grups EST i GEMse realitzaren dues campanyes espeleològiques a Menorca. S'edità el número 12 de l'Endins.

L'any 1987 començà un estudi de les coves de Gènova (Palma) encarregat per l'empresa explotadora d'aquesta cavitat al grup EST i al Departament de Geologia de la UIB. El mes de setembre, el grup EST participà en el Simpòsium Internacional sobre **l'Impacte Humà en el Carst**, a Postojna (Iugoslàvia), que fou una continuació de la reunió organitzada a Palma l'estiu abans (GINÉS *et al.*, 1989). Membres del GEMse i de la Unió Excursionista Menorquina (UEM) realitzaren

una campanya espeleològica a Menorca. Membres de l'EST, GEMse i del **Club Tritón de Actividades Subacuàtiques** (CTAS), continuaren l'exploració subaquàtica a la cova dets Estudiants. D'altra banda, el geòleg **Joan J. Fornós**, del Departament de Ciències de la Terra de la UIB, anava focalitzant progressivament els seus interessos cap a l'espeleologia i el carst, iniciant així una dilatada trajectòria de col·laboració amb alguns nuclis d'espeleòlegs de la FBE que es mantindrà fins a l'actualitat. També es realitzà una pel·lícula sobre sa Fosca, dirigida per **Francesc Alburquerque**, que obtingué el premi a la millor pel·lícula espanyola en el Festival Internacional de Cinema Espeleològic. S'edità el número 13 de l'Endins.

Durant els anys 80, Mallorca havia començat a ser freqüentada per espeleobussejadors alemanys i xecs; mentrestant també es realitzaven immersions per part de mallorquins en diferents cavitats de l'illa; així les exploracions efectuades els anys 1986 i 1987 per **Jaume Oliver**, de l'EST, **Martí Ginard** i **José María Álvarez Jopelas**, del GEMse, a la cova dets Estudiants (Sóller) i a la cova des Bastons (Alcúdia) constituïren una pàgina important de la història de l'espeleobusseig insular. A la primera de les coves citades, una important galeria de drenatge activa situada a la serra de Tramuntana, Martí Ginard, en el tercer sífó, molt allunyat de l'entrada de la cova, aconseguí superar un pas estret, a més de 50 metres de fondària sota les aigües. Els materials havien progressat molt, ja s'empraven reguladors, però aquestes expedicions implicaven un gran desplegament



Figura 15: Campament d'espeleòlegs a la Coma de Son Torrella (Mallorca), l'any 1972 (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 15: Caving camp in Coma de Son Torrella (Mallorca), in 1972 (Archive Àngel Ginés).

de material i de recursos humans per ajudar a transportar el pesat i voluminós equipament, ideat per portar les botelles col·locades dorsalment (GRÀCIA, 2010).

Entre els anys 1987 i 1988, es dugué a terme una campanya biospeleològica a Menorca, dels grups EST, UEM i **Xavier Bellés**, de la qual s'aconseguien resultats faunístics força interessants. El GEMse explorà cavitats del cap des Pinar, destacant la cova des Bastons (Alcúdia). El GEMse i la UEM realitzaren una campanya en la què van topografiar algunes coves de Menorca, com ara la cova d'en Curt (Ferrerries) o la cova de sa Tauleta (Ciutadella). El GEP topografià algunes cavitats del cap de Barbaria (Formentera). Membres del GEMse formaren part de la campanya paleo-antropològica, duta a terme a Sardenya (Itàlia). El GEMse i la **Secció de Muntanya del Club Pollença** organitzaren la **XII edició de l'Aplec Excursionista del Paísos Catalans**, que es dugué a terme a Formentor (Pollença); el GEMse i el GNM s'encarregaren de realitzar una activitat espeleològica a la cova de Cal Pesse (Pollença). Durant el setembre, coincidint amb les olimpíades, hi hagué eleccions a la Federació Balear d'Espeleologia; en resultà reelegit l'anterior President, Joaquín Ginés (ANUARIO F.E.E., 1988).

El mes de març de 1989, s'edità el número 14-15 de l'Endins. L'**Estudi General Lul·lià** (EGL) acollí unes Jornades de cinema espeleològic, organitzades pel GEMse i la FBE. S'organitzaren diverses conferències: la UIB organitzà conferències sobre el carst a les Balears; la SHNB organitzà la conferència *Els estudis espeleològics a les Balears* en la que intervingueren À. Ginés, J. Damians i J. Ginés; finalment el GEAn organitzà també dues conferències. Cinc membres del grup EST participaren en el **X Congrés Internacional d'Espeleologia**, celebrat a Budapest, on presentaren dues comunicacions, una sobre formes paleocàrstiques i l'altra sobre espeleotemes freàtics; dins el mateix marc també se celebrà una reunió de la Comissió de la UIS sobre paleocarst i espeleocronologia. Alguns membres de la FBE participaren en una reunió científica sobre el carst a Espanya, a la Universidad Autónoma de Madrid. Àngel Ginés i Catalina M. Borràs, ambdós membres de l'EST, elaboraren material didàctic sobre el carst, pel Centre de Professorat (CEP) de Palma. El GNM explorà la zona d'Escorca on cal destacar les troballes efectuades a l'avenc de Fra Rafel que topografià juntament amb el GEMse. Aquest darrer grup també localitzà i estudià el Forat dets Amics. El GNM i l'ANEM localitzaren la cova de Can Martorellet, a la serra de Cornavaques què resultà ser una de les millors localitats de l'època pretalaiòtica (ANUARIO F.E.E., 1989).

L'any 1988, un equip d'escafandristes gal·lesos del **Cwmbran Caving Club** (CCC), dirigits per **Owen Clarke**, començà a visitar regularment Mallorca, on realitzà immersions a les coves litorals de la zona del Migjorn i als conductes actius de drenatge de la serra de Tramuntana. Les tècniques de progressió eren del tot revolucionàries: major independència dels bussejadors, que ja no depenien de portadors, material vital portat per duplicat, arnesos per dur les botelles col·locades lateralment per forçar passos estrets, rodets d'exploració i auxiliars, ordinadors de busseig i tota una sèrie de millores en l'equip. Endemés, un factor important era que es tractava d'especialistes en el camp de l'espeleobusseig i no espe-

leòlegs o bussos d'aigües obertes que s'aventuressin esporàdicament dins les cavitats. Les exploracions més destacades es feren a la cova dets Ases (Felanitx) i a les coves del Pirata i des Pont (Manacor). A la cova dets Ases aconseguiren una comunicació directa amb la mar, a l'altura del Penyal Roig, després de superar dos sifons; el primer, de 11 m de llargada, connectava amb una sala de 117 m de llarg, amb un llac al seu extrem SE, llac que després de 20 m de galeria inundada comunicava amb la mar oberta. A la cova des Pont i coves del Pirata, de Manacor, no trobaren gaires continuacions sota les aigües, però aconseguiren connectar ambdues coves l'any 1989. També realitzaren una primera immersió al llac de la cova d'en Bessó o cova Genovesa i a la cova des Serral, però amb poques continuacions (GRÀCIA, 2010).

L'any 1990, es creà el **Grup d'Espeleologia d'Alaró** (GEAI). La SHNB organitzà un itinerari pel carst de Mortitx, dins el marc *Itineraris de la Societat*. El MBCN organitzà una conferència sobre el carst de la serra de Tramuntana. El Col·legi de Llicenciats de Palma organitzà un curs sobre didàctica del carst. La FBE participà a les II Jornades del Medi Ambient, organitzades per la SHNB, amb un pòster sobre la contribució de la publicació Endins a les ciències de la natura (ANUARIO F.E.E., 1990). El CEP de Palma presentà el llibret *El carst a Mallorca*, elaborat per Àngel Ginés i Catalina M. Borràs, membres de l'EST. Es publicà l'Endins número 16. L'any 1990, els espeleobussejadors gal·lesos del CCC, bussejaren a la cova de sa Gleda on exploraren parcialment la sala Francesc Ripoll, sala de gran volum i molt decorada; també exploraren el dolç o ullal de cala Murta (CLARKE, 1991-92).

L'any 1991, espeleòlegs de l'ANEM i de l'EST iniciaren la topografia de la cova des Pas de Vallgornera. Àngel Ginés impartí una conferència a la SHNB, amb el títol de *El carst dels Balcans*, dins el cicle *Aventures de la Societat*. FUNDESCOOP organitzà a Calvià un curs sobre *Aigües subterrànies i carst*, emmarcat dins el curs *Gestió dels recursos naturals i avaluació de l'impacte ambiental*, a càrrec d'Àngel Ginés. El GEMse organitzà dins la Setmana de Cinema de Muntanya la projecció de les pel·lícules *Spele-Ice* de Gerard Favre i *Mortitx, el Torrent d'Antoni Riera Nadal*. El Grup de Treball de la **Unió Geogràfica Internacional** (IGU) organitzà una Conferència Internacional sobre *Environmental Changes in Karst Areas*, a Pàdua (Itàlia), amb la participació de membres de la FBE. El grup EST, el GNM i el GEMse centraren algunes exploracions en el municipi d'Escorca. A Alaró va començar la campanya de topografia per membres del GEAI (ANUARIO F.E.E., 1991).

L'any 1991 els espeleobussejadors del CCC trobaren importants continuacions al llac Negre, al llac de les Delícies i al llac Martel, tots tres a les coves turístiques del Drac, la qual cosa significà la principal descoberta subaquàtica del CCC al carst del Migjorn de Mallorca (CLARKE, 1991). Els bussos del CTAS realitzaren les primeres exploracions subaquàtiques serioses els anys 1991 i 1992, a la cova des Pas de Vallgornera.

El juny del 1992, se celebraren eleccions a la Federació Balear d'Espeleologia i **Antoni Merino Juncadella** n'és elegit President. El MBCN de Sóller organitzà una conferència, *Història de l'exploració de les coves i avencs de les Balears*, a càrrec de Joaquín Ginés,

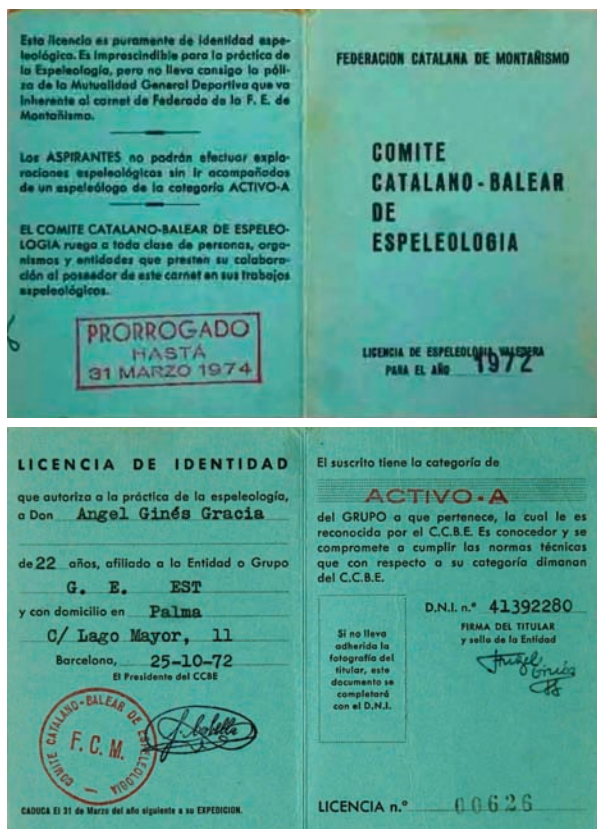


Figura 16: Carnet de la Delegació Balear del Comitè Catalano-Balear d'Espeleologia, de l'any 1972 (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 16: License from the Balearic Delegation of the Comitè Catalano-Balear d'Espeleologia, corresponding to 1972 (Archive Àngel Ginés).



Figura 17: Boca de l'avenc de sa Moneda (Calvià), durant una visita a l'any 1973 (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 17: Entrance to Avenc de sa Moneda (Calvià), during a visit in 1973 (Archive Miquel Àngel Barceló).

dins el cicle *Història de les Ciències Naturals a les Balears*. FUNDESCOOP organitzà un curs, dirigit pel Dr. Bartomeu Barceló, sobre gestió ambiental, en el que Àngel Ginés participa amb la conferència *Ordenació de recursos naturals a l'àrea càrstica de la serra de Tramuntana*. La Corunya acollí el **VI Congrés Espanyol d'Espeleologia**; en representació de la FBE acudí Joaquín Ginés que impartí la conferència *Espeleologia y geomorfología kárstica de las Islas Baleares*. Els grups ANEM i EST donen per acabada la topografia de la cova des Pas de Vallgornera, amb un recorregut horitzontal de 2500 m, dels quals 450 m eren subaquàtics i foren topografiats per espeleobussejadors de l'ANEM juntament amb espeleobussejadors del CTAS (MERINO, 1993). El grup EST explorà les coves d'Artà i també l'engolidor des Güell (-48 m), en el torrent de Pareis, en el que cal destacar una important acumulació d'anhídrid carbònic en el fons de la cavitat. El grup Voltors-OJE desobstruí l'avenc de na Boira (Esporles), que passà de -109 m a -133 m. El GEAL continuà l'exploració i topografia de les cavitats d'Alaró. El GNM i el GEMse exploraren la zona del puig Caragoler de Femenia, Escorca. Es publicà el número 17-18 de l'Endins (ANUARIO F.E.E., 1992).

Es creà l'interclub **Grup Mallorquí d'Espeleòlegs** (GRUME), l'any 1993, format per espeleòlegs de diferents grups, com ara ANEM, GEAn, EST i Voltors-OJE. Aquest interclub, GRUME, es va dedicar a l'exploració de cavitats de la zona des puig de Massanella i la ser-

ra des Teix; cal destacar el descobriment de l'avenc des Portuguesos. El GNM localitzà l'avenc d'en Xim, el més profund del moment, 203 m (ANUARIO F.E.E., 1993). Miquel Trias publicà el catàleg espeleològic de l'arxipèlag de Cabrera (TRIAS, 1993) i Àngel Ginés un article sobre l'exocarst de les illes de Cabrera (GINÉS, 1993c); ambdós articles formen part de la monografia de la SHNB, *Història natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Joaquín Ginés i Àngel Ginés participaren a l'**XI Congrés Internacional d'Espeleologia**, celebrat a Beijing, on presentaren una comunicació. S'edità el número 19 de l'Endins; entre altres articles, apareix la primera topografia de la cova des Pas de Vallgornera, realitzada per membres dels grups EST i ANEM (MERINO, 1993).

Fins a l'any 1994 els espeleobussejadors gal·lesos realitzaren campanyes en algunes de les cavitats del Migjorn (FARR, 1997-98). No obstant això, la descripció que s'elaborava sobre els descobriments era escassa i pobre, car no es reflectia en articles que documentessin suficientment les troballes. Els descobriments efectuats al carst del Migjorn pels espeleobussejadors gal·lesos no van ésser tant espectaculars com calia esperar, ja que varen voler explorar moltes cavitats a la vegada sense aprofundir i sense forçar molts dels indrets. També s'ha de dir que, en força casos, tenien la idea equivocada de que aquestes cavitats costaneres són galeries de drenatge semblants a les de Gran Bretanya (GRÀCIA, 2010).

5a etapa, l'impacte de l'espeleologia subaquàtica mallorquina (1994-2011)

Etapa que es caracteritza, en primer lloc i fonamentalment, per l'inici de les campanyes espeleològiques subaquàtiques mallorquines i, en segon lloc, per les exploracions i descobriments de grans cavitats, com ara la cova des Pas de Vallgornera i la cova de sa Gleda.

Cal recordar que, paral·lelament, en aquests darrers anys han sorgit una sèrie de espeleo-topògrafs que han centrat els seus esforços en donar a conèixer un gran nombre de cavitats mitjançant topografies i treballs, majoritàriament publicats a l'Endins, com ara Miquel Àngel Barceló, Antoni Merino, Josep Vega, Damià Crespí, Pere Bover, Gabriel Santandreu, Guillem Mulet, Antoni Mulet, Anders Kristofersson, Daniel Mayoral, Antoni Croix, Bartomeu Mateu, Bartomeu Plomer, Damià Vicens, Antelm Ginard, Rafel Pons, Pere Plomer, Mateu Vadell, Pere Arnau i Mònica Zubillaga. Quant als espeleobussejadors, cal destacar Francesc Gràcia, Bernat Clamor, Peter Watkinson i Pere Gamundí.

D'ençà de l'any 1994, l'espeleobusseig a Mallorca experimentà un canvi important que s'inicià amb la superació dels sifons inicials de la cova des Coll per part de **Francesc Gràcia** i **Peter Watkinson** (Fig. 26), de la secció d'espeleologia del Grup Excursionista de Mallorca (GEMse), mentre realitzaven l'estudi de les cavitats del litoral d'una part del terme de Felanitx. Inicialment empraren metodologies arcaiques i una gran pobresa de mitjans, no obstant això, va suposar el detonant vocacional d'un grup d'espeleòlegs insulars (membres de la Federació Balear d'Espeleologia) vers l'especialització en l'exploració i estudi de les cavitats subaquàtiques. Posteriorment es va incorporar **Robert Landreth**, de la secció d'espeleologia del **Club Ciclista Defensora Sollerense** (CCDS) de Sóller, amb més coneixements tècnics, la qual cosa va suposar una bona embranzida a les progressions subaquàtiques. D'altra banda, l'esmentat **Owen Clarke** havia realitzat i coordinat diverses campanyes a Mallorca i contactà amb els espeleobussejadors mallorquins per incorporar-se al grup; Clarke aportà a l'exploració de la cova des Coll la tècnica de busseig espeleològic pròpia de Gran Bretanya, tècnica que permet forçar passos molt estrets i realitzar importants progressions. A les darreries d'aquesta època s'incorporà al grup **Bernat Clamor** del GNM, que amb el temps es convertirà en el millor espeleobussejador punta de l'equip. A causa de les característiques i el recorregut de la cova des Coll, les nombroses exploracions efectuades van servir de model per a l'aprenentatge i la incorporació progressiva de les tècniques d'escafandrisme dins coves paral·lelament amb el descobriment de la gruta (GRÀCIA, 2010). Per a l'exploració de la cova des Coll foren necessaris 59 dies complets de feina, amb un total de 500 hores d'exploracions subaquàtiques. D'un total de 4880 m de recorregut, 3389 m eren subaquàtics, 765 m de galeries inundades amb aire i 726 m de poligonals terrestres (GRÀCIA *et al.*, 1997). Aquesta cavitat va ser durant un temps la cova subaquàtica més gran de l'Estat espanyol i la cova de major recorregut de

les Illes Balears. Francesc Gràcia publicà el resultat de les exploracions i per aquest treball rebé, de la SHNB, el **premi Bartomeu Darder** en la seva 5a edició, premi destinat a guardonar el millor treball científic de les Balears publicat el 1997 (VICENS, 2008). Els membres fundadors, juntament amb altres que s'hi afegiren posteriorment, com ara **Juan José Lavergne**, **Pedro Gràcia** i **Miquel Àngel Gual**, s'unificaren dins la secció d'espeleobusseig del Grup Nord de Mallorca (GNM). Aquests darrers deixaren d'esser actius entre el 2001 i 2003, però s'incorporaren a la secció nous espeleobussejadors, com ara **Mateu Febrer**, **Pere Gamundí** i **Jaume Pocoví**. D'ençà de 2009 **Miquel Perelló** i **Miquel Vives** formaren una altra agrupació dintre del **Grup Espeleològic de Llubí** (GELL) i han fet tasques de documentació fotogràfica i de filmació, així com algunes tasques d'exploració i topografia del sector Antic de la cova des Pas de Vallgornera, entre d'altres; a hores d'ara aquests dos espeleobussejadors també s'han incorporat al GNM (GRÀCIA, 2010).

José Antonio Encinas publicà, l'any **1994**, el catàleg espeleològic del terme municipal de Pollença (ENCINAS, 1994). Alguns membres del grup EST, D. Jaume, L. García, J. Pons i J. Ginés, varen realitzar una campanya bioespeleològica als llacs de diverses coves costaneres mallorquines. El grup EST realitzà una altra campanya de mostreig d'espeleotemes freàtics a les coves de la costa oriental de Mallorca, en col·laboració amb **Paola Tuccimei**, de la Universitat de Roma. La SHNB organitzà la conferència *El carst de la Xina*, a càrrec de Joaquín Ginés, dins el cicle *Itineraris i aventures de la Societat*; amb el mateix títol, Àngel Ginés, pronuncià una conferència al MBCN, de Sóller. El GEAn, continuà l'exploració i topografia de la zona d'Andratx: cal destacar l'avenc de ses Cases Noves (-165 m). L'ANEM i l'EST exploraren i topografiaren la zona del Massanella, on destacà l'avenc de ses Tosses d'en Gallina (-68 m). La UEM continuà la catalogació de les cavitats menorquines. El GEP continuà les topografies de cavitats de l'illa d'Eivissa. Cal destacar també que, durant el curs 1994-1995, s'imparteix a la UIB per primera vegada l'assignatura *Processos i morfologies en roques carbonatades. El Carst* (ANUARIO F.E.E., 1994). Finalment, a la cova des Pas de Vallgornera, els espeleòlegs **Miquel Àngel Barceló** i **Pere Riera** trobaren un pas estret que comunicava amb les Noves Extensions, descobertes que suposaren un important avanç en el coneixement de la cavitat (Fig. 27).

L'any **1995**, es publicà l'Endins 20, número monogràfic, sota el títol *El carst i les coves de Mallorca*, que suposà un compendi dels coneixements sobre el carst de Mallorca i es va redactar en dues llengües, català i anglès, degut a la coincidència amb l'organització, a càrrec del **Museu Balear de Ciències Naturals** (MBCN) i de la FBE, de l'**International Symposium on Karren Landforms** (Sóller, 1995), conjuntament amb la UIB, la SHNB i el Govern de les Illes Balears. Membres de l'EST formaren part del projecte d'investigació *El carst litoral del Levante de Mallorca, aspectos geomorfológicos, limnológicos y cronológicos controlados por las oscilaciones pleistocénicas del nivel marino*. El GNM explorà i topografià el Crull de ses Termes (Escorca) de -226 m de fondària (ENCINAS, 1995). Els espeleòlegs del GEP

topografiaren algunes cavitats de Mallorca. L'ANEM estudià diverses zones de Mallorca, destacant la zona des Pinotells (Calvià) i sa Coma de Mortitx (Escorca) (ANUARIO F.E.E., 1995). S'inicià la realització d'un documental sobre la cova des Pas de Vallgornera per part dels descobridors de les Noves Extensions i del director Paco Albuquerque.

L'any 1996 es confeccionaren els nous estatuts de la FBE, segons la nova normativa; també va haver-hi eleccions a la Federació, de les quals Antoni Merino en sortí reelegit President. El grup EST explorà cavitats de la costa oriental de Mallorca per poder investigar sobre el contingut isotòpic dels espeleotemes costaners mallorquins. L'ANEM realitzà una campanya d'exploració i topografia a la serra de Tramuntana. El GEMse i el GNM continuaren la tasca a la cova des Coll, amb un recorregut de 4880 m dels quals 3389 m eren subaquàtics. El GEMse també realitzà la segona campanya d'exploració i topografia a la serra de na Burguesa, concretament a la zona des puig d'en Bou, on destacà l'avenc de l'Infern (-132 m). Alguns membres del GEMse juntament amb

membres del CSIC realitzaren una campanya a la República Dominicana i topografiaren una trentena de cavitats. L'ANEM juntament amb el GELL realitzaren una primera expedició a Picos de Europa (ANUARIO F.E.E., 1996). El grup Voltors topografià el Forat 502 al terme de Pollença. Durant el campament espeleològic efectuat per la Federació Balear d'Espeleologia a la zona des Tossals Verds (Escorca) es localitzà la boca de l'avenc des Silenci.

S'edità el número 21 de l'Endins, l'any 1997. A La Chaux-de-Fonds (Suïssa) se celebrà el **XII Congrés Internacional d'Espeleologia**; participaren Joaquín Ginés i Àngel Ginés, del grup EST, que presentaren la comunicació *Th/U dating of sea-level controlled phreatic speleothems from coastal caves of Mallorca (Western Mediterranean)*. S'explorà per part de membres de l'ANEM i d'altres grups l'avenc des Silenci fins a la cota -204,5 m. El GEP continuà la topografia d'algunes cavitats de l'illa d'Eivissa, com ara la cova de Tagomago i l'avenc d'en Cosme. L'ANEM continuà la topografia de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) i juntament amb el



Figura 18: Campament a cala Sant Vicenç (Mallorca), vers els anys 70. A la fotografia apareixen M. À. Barceló (esquerra), Pau Bosch (centre) i un altre company (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 18: Caving camp in Cala Sant Vicenç (Mallorca), around 1970. At the photograph can be seen: M. À. Barceló (left), Pau Bosch (center) and another caver (Archive Miquel Àngel Barceló).



Figura 20: Pau Bosch, a la cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia, Mallorca), vers l'any 1970 (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 20: Pau Bosch, at Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia, Mallorca), about 1970 (Archive Miquel Àngel Barceló).

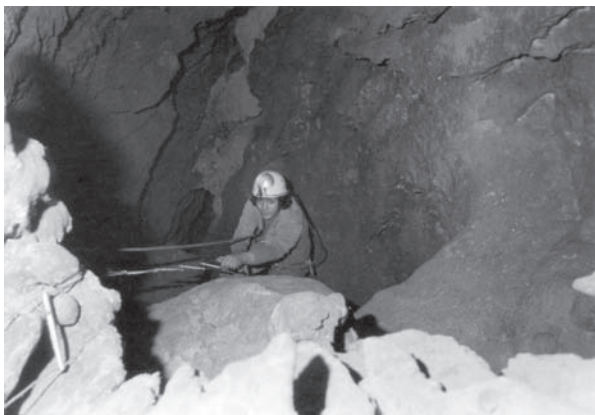


Figura 19: Descendent a la cova de les Rodes (cala Sant Vicenç, Mallorca), aproximadament l'any 1970 (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 19: Descending to Cova de les Rodes (cala Sant Vicenç, Mallorca), about 1970 (Archive Miquel Àngel Barceló).



Figura 21: J.F. Fernández al Pou ERE (Calvià), aproximadament l'any 1970 (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 21: J.F. Fernández at Pou ERE (Calvià), about 1970 (Archive Miquel Àngel Barceló).



Figura 22: Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia, Mallorca), vers l'any 1970 (Arxiu Miquel Àngel Barceló).

Figure 22: Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia, Mallorca), about 1970 (Archive Miquel Àngel Barceló).

GELL realitzaren una segona expedició a Picos de Europa. El GEMse, aquesta vegada amb col·laboració amb l'EST, continuà topografiant a la serra de na Burguesa (Calvià). Membres de l'ANEM topografiaren les cavitats de la serra des Pinotells. El GEMse duqué a terme una segona campanya a la República Dominicana. L'EST va organitzar una sortida didàctica sobre geomorfologia càrstica, dins el marc d'excursions d'interès geològic organitzades per la Secció de Cultura del GEMse (ANUARIO F.E.E., 1997). José Antonio Encinas publicà un **Inventari Espeleològic de les Illes Balears**, amb 3037 cavitats (ENCINAS, 1997). El GEMse i el GNM realitzaren més de 100 immersions en sifons, preferentment en el SE de Mallorca (Manacor, Felanitx i Santanyí); en una campanya en col·laboració amb la UIB, per a la datació dels espeleotemes indicadors d'antics nivells freàtics, situats actualment sota el nivell freàtic. A inicis de 1997, F. Gràcia i P. Watkinson del GEMse i B. Clamor del GNM iniciaren les tasques subaquàtiques a la cova d'en Passol; a finals d'any s'incorporà **Juanjo Lavergne**; les tasques topogràfiques a la cova d'en Bassol finalitzaren el mes d'agost de 1998, amb un recorregut de 2176 m, del quals 1579 eren subaquàtics (GRÀCIA *et al.*, 1998a). El mes d'abril de 1997, F. Gràcia i B. Clamor començaren l'exploració subaquàtica de la cova des Drac de Cala Santanyí; la topografia de la part subaquàtica finalitzà

10 mesos després, al febrer de 1998; el recorregut total de la cavitat eren 1005 m, del quals 766 m eren subaquàtics i la màxima fondària sota l'aigua era de 24 m (GRÀCIA *et al.*, 1998 b).

L'any **1998** s'edità el número 22 de l'Endins. Els grups EST i GEMse seguiren les campanyes a la serra de na Burguesa, aquest any al coll des Pastors. **Bartomeu Seguí**, a la UIB, llegí la seva tesi doctoral, *Els aucells fòssils de Mallorca i Menorca. Successió estratigràfica d'aus en els rebliments càrstics de les Gimnèsies*. El mes de desembre de 1998, F. Gràcia va fer una primera immersió a la font de ses Aiguades, acompanyat de **Guillem Mulet**, del GELL, i **Antoni Merino**, de l'ANEM, cova on s'havia descobert un important jaciment arqueològic; les tasques de topografia, extracció de les peces arqueològiques, sessions de fotografia, etc., varen acabar gairebé 2 anys després (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

El grups ANEM i GELL, l'any **1999**, continuaren la topografia i exploració de la cova des Pas de Vallgornera. El GEMse continuà la campanya a la serra de na Burguesa, concretament a la zona des puig Gros de Bendinat on destacà la Covota des Puig Gros de Bendinat. El GNM explorà i topografià les coves de cala Varques. **Àngel Ginés** llegí la tesi doctoral *Morfologia càrstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Una aproximación ecológica*, a la UIB. El mes d'agost de 1999 **Alexander Milligam** i **Llorenç Florit** del centre de busseig **Scuba Balear** de Can Picafort descobriren la cova de ses Llàgrimes; dies més tard hi tornaren acompanyats per **Josep Florit** i **Adrian White** i després de trencar una columna pogueren accedir a la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2003c). El GNM reuní a la seva Secció d'Espeleobusseig a tots els escafandristes de coves que pertanyien a diferents grups.

L'any **2000** s'edità el número 23 de l'Endins, número en el qual es publicà una nova topografia de la cova des Pas de Vallgornera; aleshores ja era la cavitat de major recorregut de les Balears, 6435 m. El GEMse realitzà un nou estudi de la cova des Moro (Manacor). Els grups GNM, ANEM i GELL acabaren la topografia i l'estudi espeleològic del jaciment arqueològic de la font de ses Aiguades. D'aquest jaciment es realitzà un Projecte d'Estudi subvencionat per la Direcció Insular de Patrimoni Històric del Consell Insular de Mallorca amb el títol *Estudi del Pou d'Alcanada i recuperació de peces arqueològiques i material paleontològic*. Els grups GEMse, EST, GNM i GELL continuaren la campanya d'exploració i topografia de la zona des puig Gros de Bendinat (Calvià). Es publicà un resum del 25 anys de la revista Endins (PLA i VICENS, 2000). **Joaquín Ginés**, a la UIB, llegí la seva tesi doctoral *El karst litoral en el Levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. A la FBE va haver-hi eleccions de les quals en sortí reelegit President Antoni Merino. *El laberint subterrani*, documental sobre la cova des Pas de Vallgornera dirigit per **Francesc Alburquerque**, rep el premi al millor film d'exploració al Festival Internacional de Cinema Espeleològic Spéléovision 2000, de La Chapelle-en-Vercors. El GNM explorà i topografià la cova de sa Gleda; tasca per la qual es van fer més de trenta dies d'immersions i s'exploraren més de 7000 m de galeries, la qual cosa la convertia en la cavitat submergida més gran d'Europa continental i entre les deu

més grans del món. Per a fer l'estudi de la cova de Cala Varques B foren necessaris 34 dies de busseig. B. Clamor i F. Gràcia començaren les tasques el desembre de 1997 i finalitzaren el juny de l'any 2000, mentre que en J.J. Lavergne va participar molt activament en l'estudi de la cavitat; cavitat que tenia un recorregut projectat total de 1221 m (1127 m subaquàtics i 94 m aeris). Una altra cavitat important de la zona, i molt propera a l'anterior, és la cova de Cala Varques ACD, les tasques de la qual s'iniciaren el desembre de 1997 i s'acabaren el 2000, tasques que realitzaren F. Gràcia, B. Clamor i P. Watkinson. Des d'aleshores ençà, les tres coves passaren a formar una única cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2000). Al llarg d'una setmana del mes d'abril tres espeleobussejadors del GNM, amb membres del Departament de Ciències de la Terra de la UIB i de la Universitat Roma Tre efectuaren una campanya de recollida de mostres d'espeleotemes freàtics subaquàtics a les cavitats a zona de l'Alguer (Sardenya) per a la seva datació absoluta.

El GEMse, a l'any **2001**, participà en els estudis de diferents cavitats d'interès arqueològic, treballs centrats en l'arribada dels primers humans a Mallorca. Es publicà el número 24 de l'Endins. Els grups GEMse, EST, GNM i GELL acaben l'exploració i topografia de la zona des Puig Gros de Bendinat (Calvià). Es publicà un article sobre el primer grup espeleològic mallorquí, l'EME (VICENS i PLA, 2001). Àngel Ginés va participar al **XIII Congrés Internacional d'Espeleologia**, que va tenir lloc a Brasília, on va presentar una comunicació sobre un conjunt de datacions d'espeleotemes freàtics de les coves costaneres de Mallorca. Surt publicat a la revista *Subterrànea* un article de la cova de sa Gleda (GRÀCIA & CLAMOR, 2001). L'any 2001, F. Gràcia, R. Landreth, M. Gual, i B. Clamor publicaren la topografia de la cova Negra, la cavitat més llarga de les Balears amb una gènesi lligada a l'abradió marina (GRÀCIA *et al.*, 2001b). Damià Jaume, Guillem X. Pons, Francesc Gràcia i Damià Vicens realitzaren el document tècnic, encomanat per la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears, *Atlas de cavitats càrstiques de les Balears elevades a Lloc d'Interès Comunitari (LIC)*.

El GNM explorà la cova Genovesa, durant l'any **2002**, cavitat en la qual es realitzà un estudi complet de la cavitat. Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2001 amb el títol *Impacte ambiental de l'abocament d'aigües fecals a la cova d'en Bessó (Manacor)*. Estudi espeleològic i mesures d'actuació per la salvaguarda d'una important cavitat subaquàtica del llevant de Mallorca. Temps enrere, devers l'any 1988, O. Clarke i **Steve Ainley** (AINLEY, 1988) feren una immersió a la cova Genovesa, de la que realitzaren un croquis. Anys més tard, el desembre de 2000, B. Clamor i J. Lavergne iniciaren les tasques exploratòries de la cavitat, i juntament amb F. Gràcia acabaren la topografia, el 2002, gairebé dos anys després (GRÀCIA *et al.*, 2003a). Aquesta cavitat tenia un recorregut projectat de 2447 m, dels quals 1845 m eren subaquàtics. Al llarg de 12 dies d'immersions s'efectuaren sessions de documentació (fotografia i vídeo) i de planimetria de les localitzacions on van aparèixer ossos de *Myotragus*; la recuperació del material paleontològic es va fer al llarg



Figura 23: Carnet del Comitè Balear d'Espeleologia, de l'any 1977 (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 23: License from the Comitè Balear d'Espeleologia, corresponding to 1977 (Archive Àngel Ginés).

de tres dies (GRÀCIA *et al.*, 2003b). Els grups EST i GEMse exploraren a la coma des Mal Pas, a la serra de na Burguesa. Membres del GEMse acabaren un estudi de coves litorals situades entre es Mal Pas i el Cap Gros (Alcúdia).

L'any **2003** es publicà el número 25 de l'Endins. L'ANEM i el GELL topografiaren i exploraren l'avenc des Meandre (Escorca), de -97 m. El GNM junt amb el GEMse i l'EST prossegueix l'estudi a les coves de Cala Anguila (Manacor), en especial la cova Genovesa. Aquest any, el GNM, donà a conèixer la cova de ses Llàgrimes (Alcúdia).

L'any **2004** s'edità el número 26 de l'Endins. En el mes de novembre hi hagué eleccions a la presidència de la Federació, de les quals en sortí elegit **Julián Vega Sanz**. El GEP realitzà una campanya d'exploració a l'illa de Formentera. El **Grup d'Activitats Subterrànies** (GAS) explorà i topografià 16 cavitats a la zona des Puig des Tossals. El grup Voltors-OJE continuà l'exploració a la zona de Mortitx; s'exploraren 25 cavitats, 12 de les quals foren topografiades destacant l'avenc des Voltors (-80 m). El GELL realitzà dos estudis, un a la cova des Pas de Vallgornera i l'altre al Clot de l'Infern; també realitzaren l'exploració d'alguns avencs del Puig Major. El GNM realitzà més de 50 immersions a la cova des Coll (Portocolom, Felanitx), en les quals s'efectuaren tasques de topografia i a més es localitzaren 15 espècies d'invertebrats no artròpodes i 29 espècies de crustacis aquàtics; 4 d'aquestes espècies són noves per a la ciència. Quant als invertebrats terrestres s'han determinat fins a 23 espècies, una de les quals nova per a la ciència i dues noves cites per a les Balears. Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2003, amb el títol *Estudi Espeleològic i Faunístic de la cova des Coll (Felanitx, Mallorca)*. Dos membres del GNM conjuntament amb dos de l'**Institut Mediterrani d'Estudis Avançats** (IMEDEA) i un del Museu de Ciències Naturals de Londres, participaren en una campanya de 5 dies a Gibraltar per a l'exploració de Ragged Staff Cave (Silent Pool), cavitat de 52 m de profunditat dins l'aigua, en la qual es varen descriure diverses espècies de crustacis, noves per a la ciència. El GNM també continuà



Figura 24: Carnet de la Secció Balear d'Espeleologia, de l'any 1981 (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 24: License from the Secció Balear d'Espeleologia, corresponding to 1981 (Archive Àngel Ginés).



Figura 25: Carnet de la Federació Balear d'Espeleologia, de l'any 1983 (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 25: License from the Federació Balear d'Espeleologia, corresponding to 1983 (Archive Àngel Ginés).

l'exploració de l'avenc del Puig Caragoler (Escorca), de més de 200 m de profunditat. Finalment, també el GNM, finalitzà la campanya a la serra de Son Camps. El grup EST realitzà un estudi dels avencs relacionats amb el comerç de la neu. El GEMse estudià i topografià 3 torrents, situats entre el port des Canonge (Banyalbufar) i la península de na Foradada (Deià); topografiaren la cova de Muntanya (Escorca) i finalment varen descriure i topografiar una sèrie de mines de guix. **Pere Bover**, a la UIB, llegí la tesi doctoral *Noves aportacions al coneixement del gènere Myotragus bate, 1909 (Artiodactyla, caprinae) de les Illes Balears* (ANUARIO F.E.E., 2004).

L'any **2005**, s'editaren dos números, 27 i 28, de l'Endins, el segon dels quals és un monogràfic en commemoració del descobriment de *Typhlocirolana moraguesi*, a les coves del Drac; descobriment que també es commemorà a Romania (Fig. 28). Membres del grup EST junt amb membres del grup GEMse estudiaren cavitats de la serra de Son Quint, a la serra de na Burguesa, on es documentà la importància de la dissolució de guixos en l'espeleogènesi de la coves del Pilar; també s'estudià la fauna de les cavitats. El grup EST realitzà un estudi mineralògic de 18 cavitats de Mallorca i també estudià la fauna invertebrada terrestre de la cova des Coll (Felanitx), estudi que ha proporcionat noves espècies i

noves cites per a les Balears. El GEMse descrigué i topografià 31 cavitats de Marratxí, centrant-se en l'estudi arqueològic, etnològic, geològic i naturalístic. El GEMse junt amb membres del Department of Mineralogy de l'Institut of Speleology de Romania i del Departament de Ciències de la Terra de la UIB, documentà i estudià l'existència d'activitats mineres i metal·lúrgiques prehistòriques a la zona central de la serra de Tramuntana; el GEMse també va topografiar el torrent de Muntanya (Escorca). El GEP realitzà jornades d'exploració a l'illa de Formentera. La secció subaquàtica del GNM continuà la topografia de la cova de sa Gleda (Manacor), acabà la topografia de la cova des Coll (Felanitx), inicià la topografia de la cova de s'Abisament (Sant Llorenç des Cardessar), revisà la cova des Fumassos (Manacor), explorà el litoral de cala Magraner (Manacor), inicià la topografia de la cova de sa Punta des Moro (Manacor), revisà els llacs de la cova Pont-Pirata (Manacor), revisà els llacs de la cova de Can Ferrando (Formentera) i explorà la cova de Randa (Algaida); mentre que la secció terrestre del GNM topografià l'avenc des Cans (-97 m), continuà l'exploració de l'avenc del Puig Caragoler i explorà algunes cavitats de la zona de Formentor (Pollença) (ANUARIO F.E.E., 2005). Un membre de l'EST va participar, a Kalamos (Grècia), al **XIV Congrés Internacional d'Espeleologia** on va presentar una comunicació sobre espeleogènesi en carsts eogenètics costaners. **Josep Quintana**, llegí la tesi doctoral *Estudio morfológico y funcional de Nuralagus rex*, a la Universitat Autònoma de Barcelona. **Pedro Agustín Robledo**, a la UIB, llegí la tesi doctoral *Los paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: análisis geográfico, genético, geológico y evolutivo*. Començant des de l'any 1999, fins al 2005, F. Gràcia, B. Clamor i M. Febrer exploraren i topografiaren nous sectors a la cova des Coll. D'aquesta manera s'incrementà el recorregut de la cova fins a 7020 m, dels quals 5529 m eren subaquàtics (GRÀCIA *et al.*, 2005). En total entre la primera i segona campanya suposaren 124 dies d'immersions.

L'any **2006** es publicaren dos números, el 29 i el 30, de l'Endins. Les exploracions dutes a terme a la cova des Pas de Vallgornera, pels membres del GELL, Guillem Mulet, Antoni Mulet i Antoni Merino, generaren descobriments de noves galeries, el recorregut de la quals arribà fins als 23 km. Aquest any, membres del GEMse topografiaren torrents de la zona d'Escorca. El GNM junt amb l'IMEDEA realitzaren un cens de les cavitats amb ambient anquihalí i coves amb medi dolceaquícola de les Balears. Membres de l'EST realitzaren un treball d'espeleologia i cultura popular en què documentaren dues gloses referides a sengles avencs de Mallorca. Un equip d'espeleòlegs dels grups GEMse, EST i GNM continuaren l'exploració i topografia de les coves litorals d'Alcúdia; cal destacar la troballa de restes de vell marí. Membres del GELL presentaren un estudi espeleològic de la serra des Teix (Escorca). Guillem Alomar donà a conèixer la vegetació dels principals canyons càrstics de la serra de Tramuntana. Lluís Gómez-Pujol presentà un treball sobre el karren litoral. **Damià Ramis**, a la **Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)**, llegí la seva tesi doctoral *Estudio faunístico de las fases iniciales de la prehistoria de Mallorca*. Es porten a ter-

me noves exploracions subaquàtiques, efectuades pel GNM entre els anys 2005 i 2006, en les quals aconseguiren connectar les coves del Pirata i la cova del Pont amb la cova de sa Piqueta; també es descobriren altres galeries i sales importants que situaren el recorregut en 3020 m, dels quals 1190 m eren subaquàtics (GRÀCIA *et al.*, 2006a). Els mateixos anys, 2005 i 2006, el GNM també explorà i topografià la cova de s'Abissament, de modestes dimensions però amb força interès (GRÀCIA *et al.*, 2006b). Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2006, amb el títol *Estudi de la fauna i dels hàbitats subterranis de cavitats del llevant de Mallorca: cova des Pont-Pirata, cova de sa Punta des Moro, (Manacor), cova de s'Abisament (Sant Llorenç des Cardessar), cova des Drac de Cala Santanyi, (Santanyi) i cova d'en Bassol (Felanitx)*.

Durant el 2007, el grup EST i el GEMse descrigueren tres cavitats de les rodalies de Portocristo, entre les quals destaca la cova de s'Ònix. Miquel Trias, del GEMse, estudià els soterranis del castell de Sant Felip (Maó). El GNM continuà l'estudi i topografia de la cova de sa Gleda, Manacor, el recorregut d'aquell moment era de 10.500 m, i també del sistema Pirata-Pont-Piqueta. Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2007 amb el títol *La cova de sa Gleda (Manacor): estudi de l'hàbitat anquihalí subaquàtic de major recorregut d'Europa. Part 1a: sector Clàssic, sector de Ponent i sector Cinc-cents*. Membres dels grups GELL, Voltors-OJE i espeleobussejadors del GNM continuaren l'exploració i topografia de la cova des Pas de Vallgornera, el recorregut de la qual arribava als 47 km. La fauna terrestre de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) i la des Clot des Sero (Calvià) va ser estudiada per membres del grup EST. El Grup de Recerca de Biologia de Vertebrats (Universitat de Barcelona) juntament amb membres de la UEM publicà un treball amb la informació quiropterològica obtinguda des del 1993 fins el 2007, a les cavitats de les Illes Balears. El grup d'espeleòlegs, de l'EST i del GEMse, que estudiaven la serra de na Burguesa, publicaren un treball sobre la zona de Son Boronat-L'Hostalet. Alguns membres de l'IMEDEA, del GEMse i del Museu Arqueològic Nacional (Madrid) publicaren un treball en el qual donaren a conèixer una nova sèrie d'estacions arqueometal·lúrgiques trobades a les muntanyes d'Escorca i Pollença. S'edità el número 31 de l'Endins. El GEP realitzà una campanya d'exploració a Formentera i una altra a Eivissa. El GNM topografià l'avenc del Puig Caragoler (-318 m).

Durant l'any 2008, els grups GELL, EST, GNM i Voltors-OJE continuaren els treballs d'exploració i topografia, a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor), que arribava ja als 55.736 m de recorregut. El grup EST continuà els diferents estudis a la cova des Pas de Vallgornera, com ara l'estudi de la influència dels condicionaments litològics en l'espeleogènesi de la cavitat, en col·laboració amb la UIB; datacions isotòpiques d'espelotemes freàtics relacionats amb antics nivells marins, en col·laboració amb la UIB, la Universitat Roma Tre (Itàlia) i la University of South Florida (Tampa, USA);

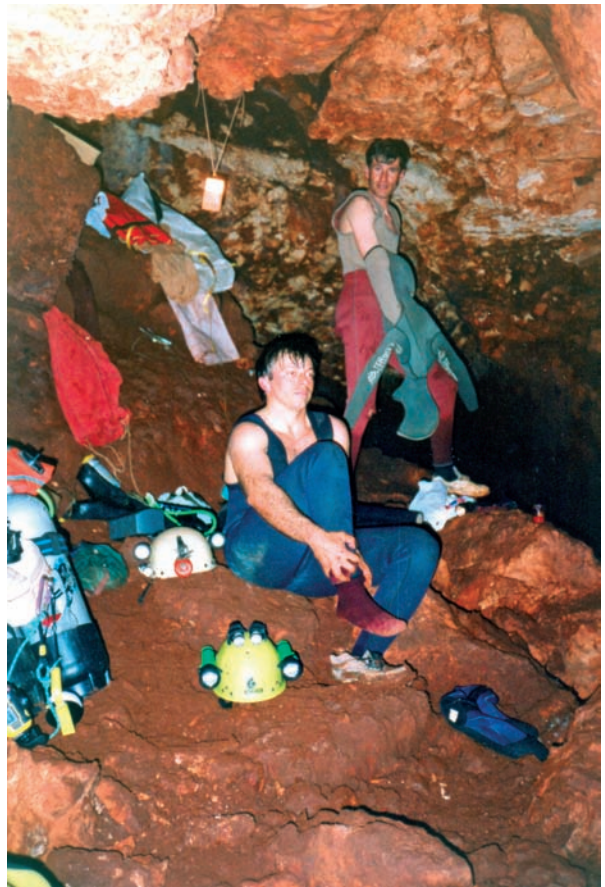


Figura 26: Francesc Gràcia (davant) i Peter Watkinson a la cova des Coll (Felanitx, Mallorca), el 1994 (Foto: Robert Landreth).

Figure 26: Francesc Gràcia (front) and Peter Watkinson at Cova des Coll (Felanitx, Mallorca), in 1994 (Foto: Robert Landreth).

i mesures de concentracions de CO₂ i prospeccions de fauna terrestre i aquàtica en col·laboració amb l'Institut de Spéléologie E. Racovitza de Bucarest (Romania). Membres del grup EST també realitzaren prospeccions de la brioflora en diverses cavitats de la zona del Clot dels Teixos i del Clot de Neu del Puig Major. Els grups EST, GEMse i GNM començaren la catalogació de les cavitats costaneres del municipi de Llucmajor, concretament entre s'Estanyol i cala s'Esglesieta, on es catalogaren i topografiaren nombroses cavitats d'abració marina, algunes de les quals presenten un interès paleontològic pels seus jaciments marins quaternaris. Un membre de l'EST participà en la **16th International Karstological School** a Postojna (Eslovènia), dedicada en aquesta edició als sediments de les cavitats càrstiques, amb l'exposició titulada *Present-day sedimentary facies in the coastal karst caves of Mallorca Island (Western Mediterranean)*. El GNM i el Grup EST exploraren l'avenc del Puig Caragoler (Escorca), el més pregon actualment, -318 m. El GEMse continuà la descripció de torrents, concretament el torrent dels Picarols (Selva). El GNM continuà l'exploració i topografia subaquàtica de la cova des Pas de Vallgornera i de la cova de sa Gleda, a la segona de les quals continuà l'estudi litològic de la cavitat i la recollida de mostres de paleonivells marins. El GNM localitzà i explorà noves cavitats a la zona de cala Sant



Figura 27: Pere Riera (esquerra) i Miquel Àngel Barceló, a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca), en el lloc on comunica amb les Noves Extensions (Arxiu M. A. Barceló).

Figure 27: Pere Riera (left) and Miquel Àngel Barceló in Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca), at the place connecting with the Noves Extensions passages (Archive M. A. Barceló).

Vicenç. A l'illa de Menorca, el GNM explorà i topografià les coves naturals de Cala Blanca i començà l'exploració d'altres cavitats localitzades a Ciutadella, Maó, Ferreries i Alaior. Un grup d'espeleòlegs de l'EST, GNM i GEMse continuà l'exploració i topografia de la serra de na Burguesa, aquest any a la zona de s'Hostalet. Es publicà el número 32 de l'Endins (ANUARIO F.E.E., 2008). A finals del 2008 va haver-hi eleccions a la Presidència de la Federació Balear, de les quals en va sortir elegit **Guillem Mulet Rebassa**, del GELL. Francesc Gràcia, Joaquín Ginés, Antoni Croix i Àngel Ginés realitzen el document tècnic *Cavitats de les Balears com a Patrimoni Geològic*, encomanat per la Direcció General de Recursos Hídrics de la Conselleria de Medi Ambient.

A l'any **2009**, continuà l'exploració i els nous descobriments a la cova des Pas de Vallgornera, amb la participació d'espeleòlegs dels grups GELL, EST, GNM i Voltors-OJE; cal destacar les descobertes subaquàtiques, amb les quals el recorregut total de la cova arribava als 62.066 m dels quals 10.200 eren subaquàtics. Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2008, amb el títol *Exploració, documentació i estudi de les galeries subaquàtiques i de la fauna anquihalina de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). Cavitat de major recorregut de les Balears i Patrimoni natural excepcional declarat LIC*. Els grups EST, GNM i GEMse continuaren l'exploració i topografia de la serra de na Burguesa, a la zona de Son Boronat-l'Hostalet. Aquest any es localitzà i topografià la cova des Coral-loides i es retopografià l'avenc-cova de na Picacento. El grup EST continuà amb l'estudi dels espeleotemes freàtics de les coves del Migjorn i Llevant, que constitueixen valuosos registres dels paleonivells de la Mediterrània, en col·laboració amb la UIB, la Universitat Roma Tre i la University of South Florida. Durant el mes d'agost membres de l'EST continuaren la prospecció de la brioflora dels avencs del Puig Major. Un membre de l'EST participà a la **International Conference on Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins**,

celebrada a Chernivtsi (Ucraïna), dedicada a l'estudi dels mecanismes d'espeleogènesi relacionats amb processos d'alimentació hídrica profunda, de caràcter hipogènic, a les sessions de treball d'aquesta reunió Joaquín Ginés, investigador i docent de la UIB, presentà *On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst of southern Mallorca (Western Mediterranean)*. Membres de l'EST i del GELL participaren al **XV Congrés Internacional d'Espeleologia** (Texas, USA) i en presentaren sis comunicacions a les sessions científiques. També es va participar a l'activitat didàctica internacional sobre les coves càrstiques a Mallorca, en el marc de la *34th Conference of the Association for Teacher Education in Europe*. A la jornada es va impartir la conferència *Origin and geomorphological characteristics of caves in Mallorca Island*, a la UIB, i es va fer una visita de caràcter didàctic a les coves de Campanet. Al simposi internacional *Anchialine Ecosystems: reflections and prospects*, a Mallorca, sobre ecosistemes aquàtics litorals, organitzat pel Karst Waters Institute (USA), el Western Australian Museum (Perth) i l'IMEDEA, Joaquín Ginés presentà la conferència *The littoral endokarst of Mallorca Island*. A les Jornades sobre gestió de coves turístiques organitzades, a Palma, per l'**Asociación Española de Cuevas Turísticas**, va participar-hi Àngel Ginés. El GNM continuà les exploracions subaquàtiques a la cova des Pas de Vallgornera i a la cova de sa Gleda. Es va explorar també la font des Verger, surgència activa localitzada a uns 600 m d'alçada a la serra de Tramuntana. Es publicà el número 33 de l'Endins (ANUARIO F.E.E., 2009). A finals del 2009, es refundà un club històric, l'Speleo Club Mallorca (SCM), que aglutinarà bàsicament antics membres dels grups EST i GEMse. Cal remarcar dues línies d'exploració subaquàtica preferent al llarg de 2009: la cova de Pas de Vallgornera i la cova de sa Gleda. Des de finals de 1995 i principis de 1996, F. Gràcia realitzà una sèrie d'exploracions a la cova de Pas de Vallgornera; els anys 1997 i 2001, espeleobussejadors del GNM tornaren a explorar aquesta cavitat i en total aconseguiren l'exploració i topografia de 10.200 m de galeries sotaiguades, tasca realitzada durant 79 dies des de l'any 1995. Tanmateix, fou especialment els tres anys, 2007, 2008 i 2009, els que han suposat el gruix de la feina del GNM, amb la sorprenent recompensa de trobar una gran quantitat de galeries inundades i únicament practicables amb tècniques del busseig espeleològic; el total d'hores invertides sota l'aigua fou de 636, repartides al llarg de 139 immersions i la suma total dins la cavitat, entre transports terrestres i feines subaquàtiques, superà les 1600 hores (GRÀCIA *et al.*, 2009a); els 10.200 m convertiren la cova des Pas de Vallgornera en la segona cavitat amb més part subaquàtica d'Europa. D'altra banda, la cova de sa Gleda es va començar a explorar per membres del GNM l'any 1997. A l'any 2001 ja hi havia documentada una part important del recorregut subaquàtic, amb els seus 10.500 m (GRÀCIA i CLAMOR, 2001). Mateu Febrer l'any 2009 aconseguí passar per un pas de l'avenc del Camp des Pou i dies després Bernat Clamor va connectar amb la cova de sa Gleda. A partir d'aquell moment els avanços exploratoris d'aquesta cavitat foren enormes, i això va permetre afegir un nou gran sistema al Llevant de Mallorca, el sistema Gleda-Camp des Pou, de 13.500

m de recorregut, que situà aquesta cavitat litoral com la de major recorregut subaquàtic d'Europa (GRÀCIA *et al.*, 2010a).

A començaments de l'any 2010, apareix publicat a la revista **Science** l'article *Sea-level highstand 81,000 years ago in Mallorca*, que constitueix una fita en l'estudi dels espeleotemes freàtics costaners; entre els autors hi figuren Joan J. Fornós, Àngel Ginés, Joaquín Ginés i Paola Tuccimei, així com l'impulsor de l'article **Bogdan P. Onac**. L'any 2010 també marca una fita important pel que fa a les exploracions espeleològiques, ja que el GNM acabà la topografia del sistema de cavitats Gleda – Camp des Pou (Manacor), de 13.500 m de recorregut. Aquestes recerques es van poder dur a terme gràcies a que foren seleccionades per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2009 i 2010, amb els títols respectius: *La cova de sa Gleda (Manacor): estudi de l'hàbitat anquihalí subaquàtic de major recorregut d'Europa. Part 2a: sector de la Unió i sector de Gregal; El sistema Gleda - Camp des Pou. Major cavitat subaquàtica d'Europa. Continuació de les exploracions i estudis i realització d'un documental*. L'SCM presentà un treball sobre els pteridòfits i briòfits de la serra de na Burguesa. El GELL, l'EST i Voltors-OJE continuaren l'exploració a la cova des Pas de Vallgornera, que arribava ja als 65 km. L'SCM i el GNM acabaren la campanya espeleològica a Son Boronat-L'Hostalet (Calvià), on destacà la covavenc de na Boira. El GNM junt amb l'SCM aportà noves dades sobre les cavitats litorals de cala Falcó-cala Varques (Manacor). Miquel Trias (SCM) junt amb Juan C. Rado i Josep A. Alcover estudiaren una sèrie de cavitats de la Macaronèsia. Pere Bover, com a director de

l'excavació, i altres paleontòlegs de l'IMEDEA excavaren a la cova des Pas de Vallgornera amb l'ajuda logística d'un equip de la Federació Balear d'Espeleologia; a l'excavació van aparèixer restes de *Myotragus*, restes de la rata cellarda fòssil, *Hypnomys*, la musaranya fòssil, *Nesiotites*, d'amfibis, d'un lacèrtid, ratapinyades, ocells i cargols (VICENS, 2011). S'edità el número 34 de l'Endins. **Francesc Gràcia** llegí la tesi de llicenciatura, a la UIB, *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del Llevant i Migjorn de Mallorca (Mediterrània Occidental). Els exemples de la cova de sa Gleda (Manacor) i de la cova des Coll (Felanitx)*. L'any 2010, el coneixement de les coves litorals situades entre cala Falcó i cala Varques es veié 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, cavitats que anys abans ja havien estat explorades pel SCM (GRÀCIA *et al.*, 2010b). Es va passar dels pocs més de 1700 m terrestres de l'any 1975 de les coves del Drac als 4480 m de la cova des Coll l'any 1997 (GRÀCIA *et al.*, 1997), als 7020 m de la cova des Coll l'any 2005 (GRÀCIA *et al.*, 2005), als 10.500 m de la cova de sa Gleda (GRÀCIA i CLAMOR, 2001; GRÀCIA *et al.*, 2007b), als 62.066 m de la cova des Pas de Vallgornera, dels quals 10.200 m, sota l'aigua, s'han explorat i documentat pel GNM (GRÀCIA *et al.*, 2009a) i als 13.500 m actuals del sistema Gleda-Camp des Pou. Actualment 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

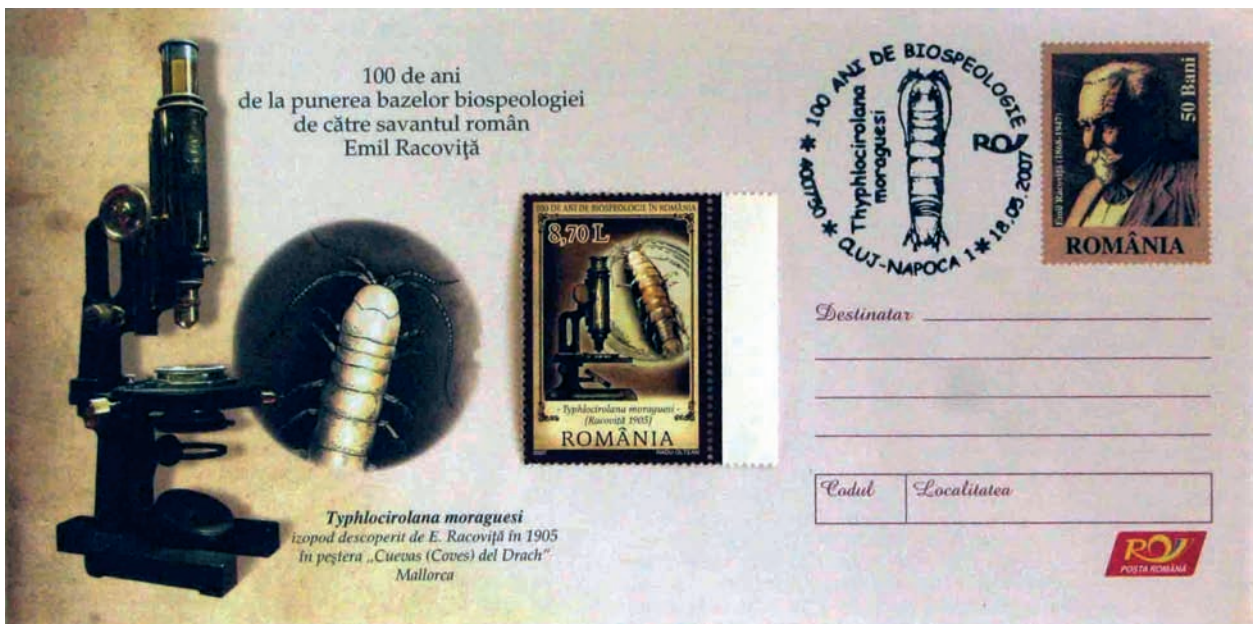


Figura 28: Alguns materials filatèlics publicats a Romania en ocasió del Centenari del descobriment de *Typhlocirolana moraguesi*; podem veure un sobre amb franqueig imprès amb la imatge de Racovitza, un mata-segells commemoratiu i un segell amb una imatge de *Typhlocirolana moraguesi* (Arxiu Àngel Ginés).

Figure 28: Some philatelic materials published in Romania on the occasion of the centenary of the *Typhlocirolana moraguesi* discovery. An envelop with postage printed showing the image of Racovitza can be seen, together with a commemorative postmark and a stamp with the image of *Typhlocirolana moraguesi*, (Archive Àngel Ginés).

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, fan pensar que encara s'obtiniran novetats importants que permetran adquirir una visió més holística del carst litoral mallorquí (GRÀCIA *et al.*, 2010a).

A finals de l'any 2011 la UIB acollirà les Jornades *El carst, patrimoni natural de les Illes Balears*, organitzades per la SHNB, la UIB, la FBE i l'SCM, que constaran de vint conferències, fruit de les quals és aquest número 35 de l'Endins, a més d'una taula rodona sobre protecció i conservació de cavitats i la visita a una cavitat.

La Federació Balear d'Espeleologia

ELS PRESIDENTS

A l'any 1972, Àngel Ginés (EST) va ser nomenat Delegat de la **Delegació a Balears del Comitè Catalano-Balear d'Espeleologia** (CCBE), òrgan del Comitè Nacional de Espeleologia, aleshores depenent de la Federació Espanyola de Montañismo.

Les primeres eleccions a la **Delegació a Balears** del CCBE tenen lloc l'any 1973; d'aquestes eleccions surt elegit **Miquel Trias** (SCM).

L'any 1975 es creà el **Comitè Balear d'Espeleologia** (CBE) del qual **Miquel Trias** fou reelegit President.

L'any 1979 es creà la Sección Española de Espeleología. A partir d'aquest moment, el CBE es denominarà **SBE**.

Es varen fer eleccions a la **SBE**, any 1980; sortí elegit President **Joaquín Ginés** (EST).

A l'any 1981 es tornaren a fer eleccions a la **SBE** per adaptar-se al calendari olímpic, de les quals en sortí reelegit President **Joaquín Ginés** (EST).

La SBE passà a **Federació Balear d'Espeleologia** (FBE), l'any 1982, per la qual cosa va haver-hi eleccions de les quals es reelegí com a President **Joaquín Ginés** (EST).

El febrer del 1985, **Josep F. Ramos** (EST), presidí una **Comissió Gestora**, que es creà com a conseqüència d'una crisi a la Federació; en aquest mateix any la FBE quedà inscrita en el Registre d'Associacions Esportives de Balears, la qual cosa obligà a fer eleccions a la **FBE** de les quals sortí elegit President **Joaquín Ginés** (EST).

Any 1988, eleccions a la **FBE**, resultà reelegit President **Joaquín Ginés** (EST).

Se celebren eleccions, l'any 1992, a la **FBE** i **Antoni Merino** (EST) n'és elegit President.

A l'any 1996, **Antoni Merino** (ANEM) és reelegit President de la **FBE**.

Any 2000, novament **Antoni Merino** (ANEM) és reelegit com a President de la **FBE**.

A l'any 2004, hi ha eleccions a President de la **FBE**, de les quals sortí President **Julián Vega** (GEP).

De les eleccions a la **FBE** de l'any 2008 sortí elegit President **Guillem Mulet** (GELL).

ELS LOCALS DE LA FEDERACIÓ

Els arxius i biblioteca de la FBE han ocupat quatre locals al llarg de la seva existència, tots ells a Palma. El primer va ser al carrer Pere d'Alcàntara Penya, 13, 1r; a partir de l'any 1981 es va traslladar al carrer Verge de Lluc (actualment carrer Posada de Lluc), 10, local que ocupà fins el 2006, moment a partir del qual passà al carrer Margarida Xirgu, 16, en què s'instal·là al local de la SHNB. Finalment, l'any 2009 es traslladà a una de les dependències del Palma Arena, pavelló poliesportiu de Palma, al carrer de l'Uruguai, s/n.

PREMI RAMON LLULL

Aquest any 2011, la Federació Balear d'Espeleologia ha rebut el Premi Ramon Llull, guardó que atorga el Govern de les Illes Balears, *en reconeixement a la seva tasca de recerca, coneixement i suport a la conservació del ric patrimoni subterrani de les Illes Balears i del carst, un dels més rics del món. Perquè des de la seva vessant esportiva i d'una manera desinteressada ha creat les condicions per desenvolupar una espeleologia d'exploració i topogràfica. És el reconeixement dels nombrosos integrants de la federació que des d'una formació autodidacta i sense benefici econòmic han efectuat aportacions valuoses al coneixement científic de la nostra natura.*

ELS GRUPS DE LA FEDERACIÓ BALEAR D'ESPELEOLOGIA

Actualment el nombre de federats a la Federació Balear d'Espeleologia és de 197 què es reparteixen entre 9 grups. Sobre el nombre de federats, hi ha dades publicades a partir de l'any 1979, any en què es va crear la **Sección Española de Espeleología** i la **Sección Balear d'Espeleologia** (ANUARIO S.E.E., 1979-1981; ANUARIO F.E.E., 1982-2009). Des de l'any 1979 ençà, hi ha hagut diferents grups federats, alguns dels quals ja han desaparegut; les dades dels diferents grups actualment federats es poden veure a la Fig. 29, mentre que les dades dels grups que han desaparegut durant aquests anys són a la Fig. 30. No hi ha dades concretes sobre els grups anteriors a 1979; alguns es varen crear abans de 1979 però varen desaparèixer; si més no tenim constància de la seva existència gràcies als treballs escrits, fruit de les seves exploracions i estudis.

Al gràfic de la Fig. 29, es pot veure l'increment generalitzat del nombre d'espeleòlegs durant la meitat de la dècada dels 90.

Quant a l'EST, ha tingut dues etapes ben diferenciades, a la primera, fins a l'any 1995, amb un nombre elevat de federats, entre 20 i 40; a la segona etapa, a partir de 1995, el nombre de federats va disminuir considerablement. L'EST, junt amb el GNM i l'SCM, varen formar part (des de l'any 1972) de les primeres estructures federatives existents a les Illes Balears, la Delegació Balear del CCBE i el Comitè Balear d'Espeleologia.

El GEP, de la mateixa manera que l'EST, ha tingut dues etapes diferents; el nombre de federats va augmentar notablement a partir de l'any 1991.

La **UEM** es va federar el 1982 i ha existit de les hores ençà llevat d'un petit període de 2 anys; el nombre de federats ha estat sempre discret encara que justament als darrers anys s'ha incrementat mínimament.

El **GELL** no es va federar fins l'any 1994 i va comptar amb pocs federats fins fa pocs anys, en què va començar un notable increment i ha passat a ser el primer grup en nombre de federats.

L'**SCM** va estar federat del 1979 fins el 1984, anys que van marcar el final de la primera etapa d'aquest grup, que havia estat un dels grups més actius durant les dècades del 60 i del 70; recentment, a finals del 2009 s'ha refundat el grup, iniciant així una segona etapa.

El **GNM** ha estat federat pràcticament tots els anys, llevat de tres anys en què no es va federar; grup que ha tingut un nombre similar de federats durant aquests anys, amb una mitjana d'uns 20 membres; si més no, els darrers anys ha incrementat el nombre de federats.

Els **Volters-OJE** es va federar a partir de l'any 1982 i ha continuat fins ara, exceptuant dos anys en què no es va federar; aquest grup normalment té un nombre elevat d'integrants.

L'**ANEM** no es va federar fins a l'any 1990; durant els primers anys va tenir un considerable nombre de federats, nombre però que s'ha vist notablement disminuït els darrers anys.

El **GAS** té una història recent, es va crear el 2001 i el nombre de federats ha estat generalment al voltant dels 15.

La majoria de grups actualment desapareguts (Fig. 30), varen tenir una història més aviat breu, com ara l'**OEM**, **GEAI** o **CCDS**, no així el **GEAn** que va tenir una durada més llarga, 20 anys; si més no cap d'ells mai no va ser molt nombrós. Cal destacar la recent desaparició del **GEMse**, el 2010, després de més de 30 anys d'existència, el nombre de membres del qual fou considerable

Figura 29: Nombre de federats per anys, dels grups actuals.

Figure 29: Number of cavers per year, of the present-day existing clubs.

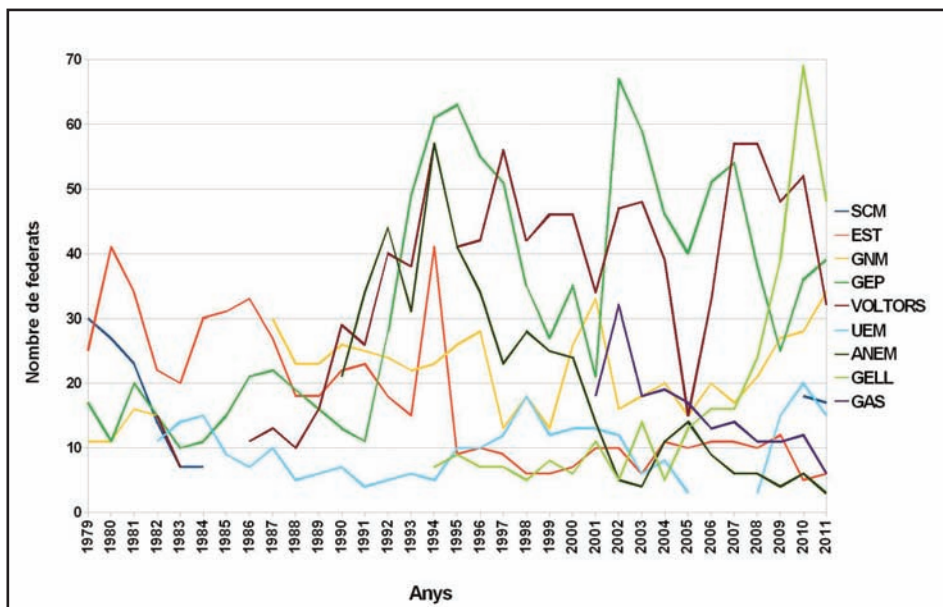
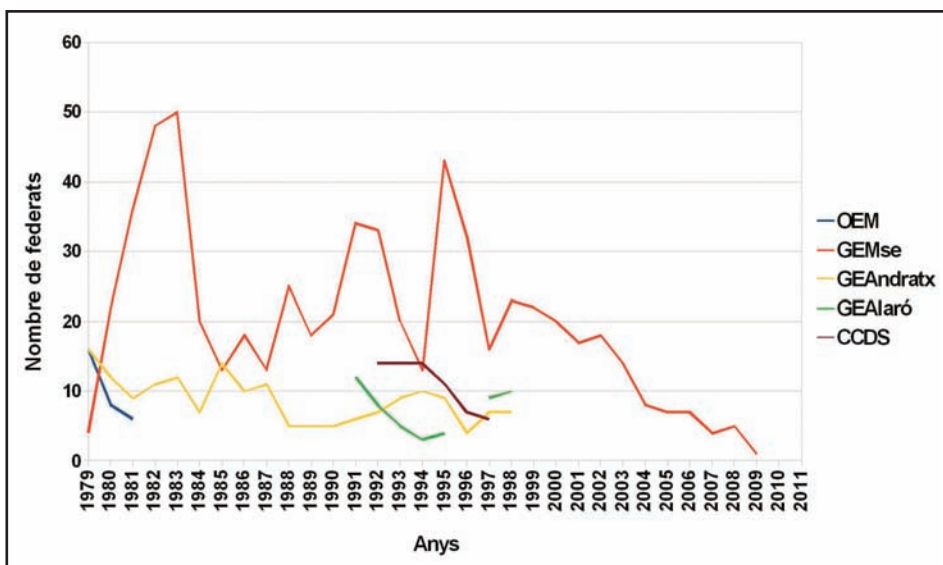


Figura 30: Nombre de federats dels grups actualment desapareguts.

Figure 30: Number of cavers corresponding to clubs currently disappeared.



en alguns anys (50 membres, l'any 1983); a partir de l'any 1996 el nombre de federats del GEMse començà a minvar fins a la seva desaparició l'any 2010. També cal consignar l'existència d'altres grups desapareguts, anteriors a la creació de Secció Balear d'Espeleologia, com ara: el **Grup Espeleològic Albaida**, els **FOSQUERS**, el **Grup Espeleològic Mallorquí** (GEM), el **CAE** i el **Grup Espeleològic Orígens** (GEO).

La publicació Endins

L'Endins és la revista de la FBE; es publica des de l'any 1974, en què s'edità el número 1. El número d'enquany és el 35, després de 37 anys d'existència.

A l'any 1974, la necessitat de donar llum més fàcilment als treballs realitzats a les Illes i mostrar la capacitat d'independència d'altres organismes territorials motivaren la idea de crear una revista d'espeleologia a nivell de les Balears. Des del primer moment es decidí que la revista havia d'ésser científica i rigorosa des del punt de vista de la documentació geogràfica de les coves, allunyada de la simple publicitat i difusió de les conquestes esportives realitzades pels grups espeleolò-

gics balears; en qualsevol cas, les exploracions, havien d'anar acompanyades d'estudis descriptius i topogràfics de les cavitats (PLA i VICENS, 2000).

Fins el número doble 5-6 (any 1978), en què se'n fa càrrec **Àngel Ginés**, la coordinació de la publicació no estava ben definida i era la suma d'aportacions de diferents membres del Comitè, fonamentalment Àngel Ginés, Joaquín Ginés i M. Trias. El número 20 (1995) va ser el darrer publicat en el qual À. Ginés actuà com a coordinador; a més aquest número 20 representà un número especial dins la línia habitual de la revista, una monografia, editada conjuntament amb la SHNB, que presentà els coneixements carstològics i espeleològics disponibles fins aquell moment a l'illa de Mallorca. Va coincidir amb l'organització per part del Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN-Sóller) i la UIB de l'**International Symposium on Karren Landforms**, per la qual cosa tots els articles del número 20 varen ser publicats en català i anglès. A finals de 1995, just després d'haver-se publicat el número 20, se'n fa càrrec de la coordinació de la publicació de la revista, **Francesc Gràcia**, i es constitueix formalment una junta de publicacions renovada, que representa una nova etapa i que pretén mantenir la línia científica i seriosa que fins aquell moment havia dut Endins (PLA i VICENS, 2000).

Durant aquests anys, un total de 217 persones han signat treballs publicats per Endins, aquests autors són molt variats i de diferents procedències, tant acadèmiques com geogràfiques. Els deu autors que més articles han publicat a l'Endins, ja sigui sols o en col·laboració, són a la Fig. 31 i és pot veure que els quatre primers han tingut molta relació amb la FBE.

Els treballs estan publicats en diferents llengües (Fig. 32), bàsicament segons la procedència dels autors; cal tenir en compte que els articles de l'Endins 20 estan en dues llengües (català i anglès), per la qual cosa han estat comptabilitzats tant per una llengua com per l'altra.

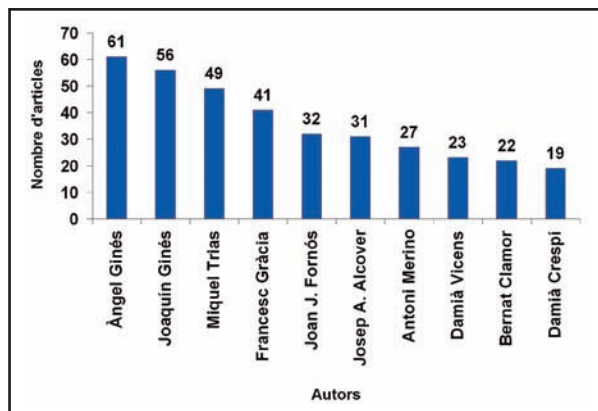


Figura 31: Autors amb més articles publicats a Endins.

Figure 31: Authors with the most published papers in Endins.

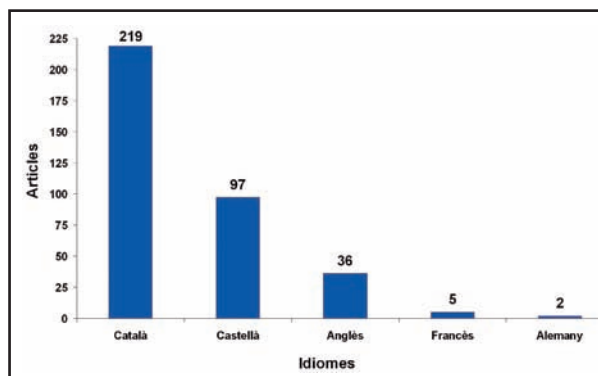


Figura 32: Divisió dels articles publicats a Endins segons la llengua en què estan escrits.

Figure 32: Distribution of papers published in Endins, according to their language.

Agraïments

Els autors volem agrair la col·laboració de les persones que ens han facilitat algun tipus de documentació per a la redacció d'aquest article, com ara, Andreu Muntaner, Francesc Gràcia, Joaquín Ginés, Miquel Àngel Barceló, Miquel Trias, Guillem Mulet, Antoni Mulet, Francesc Ruiz, Montserrat Ubach i la família Montoriol.

Annex

Llistat dels acrònims que s'han fet servir a l'article.

ANEM	Secció Espeleològica Associació Nova Esmenta
CBE	Comitè Balear d'Espeleologia
CCBE	Comitè Catalano-Balear d'Espeleologia
CCC	Cwmbran Caving Club
CCDS	Secció d'espeleologia del Club Ciclista Defensora Sollerense
CEC	Centre Excursionista de Catalunya
CEP	Centre de Professorat
CMB	Club Muntanyenc Barcelonès
CNE	Comité Nacional de Espeleología
CTAS	Club Tritón de Actividades Subaquáticas
ECG	Espeleo Club de Gràcia
EGL	Estudi General Lul-lià
EME	Equip Mallorquí d'Espeleologia
ERE	Equip de Recerques Espeleològiques de Barcelona
EST	Grup Espeleològic EST (<i>Euntes Sub Terram</i>)
FBE	Federació Balear d'Espeleologia
FEE	Federación Española de Espeleología
FEM	Federación Espanyola de Montañismo
FOSQUERS	Grup Espeleològic Els Fosquers
GAS	Grup d'Activitats Subterrànies
GEAn	Grup Espeleològic d'Andratx
GEAI	Grup Espeleològic d'Alaró
GEM	Grup Espeleològic Mallorquí
GEMse	Secció Espeleològica del Grup Excursionista de Mallorca
GELL	Grup Espeleològic de Llubí
GEO	Grup Espeleològic Orígens
GEP	Grup Espeleològic de les Pitiüses
GES	Grup d'Exploracions Subterrànies
GGG	Grup Geogràfic de Gràcia
GNM	Grup Nord de Mallorca
GRUME	Grup Mallorquí d'Espeleòlegs
IEB	Institut d'Estudis Balearics
IGU	Unió Geogràfica Internacional
IMEDEA	Institut Mediterrani d'Estudis Avançats
MBCN	Museu Balear de Ciències Naturals
OEM	Organització Espeleològica Mallorquina
OJE	Organización Juvenil Española
SCM	Speleo Club Mallorca
SE	Société de Spéléologie
SEDECK	Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst
SBE	Secció Balear d'Espeleologia
SHNB	Societat d'Història Natural de les Balears
UEM	Unió Excursionista Menorquina
UIB	Universitat de les Illes Balears
UIS	Union Internationale de Spéléologie
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
Voltors-OJE	Grup Espeleològic Voltors-OJE

Bibliografia

- AINLEY, S. (1988): Sounding the dive prospects on Majorca coast. *Descent*, 34: 34-35.
- ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. i PONS-MOYÀ, J. (1981): *Les quimeres del passat. Els vertebrats fòssils del Plió-Quaternari de les Balears i Pitiüses*. Editorial Moll. Monografies Científiques, 1. 261 pàgs. Palma.
- ANUARIO DE LA SECCIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA (1979-1981). Versió impresa. Gràfiques Valls. Terrassa
- ANUARIO DE LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA (1982-2009). Versions impreses i digitals.
- ARAGONÈS, E. (2010): *Marià Faura i Sans espeleòleg (1883-1941)*. Federació Catalana d'Espeleologia. 106 pàgs. Barcelona.
- BATE, D.M.A. (1909): Preliminary note on a new artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*. *Geological Magazine*, N.S., Dec. 5, Vol. 6: 385-388. Londres.
- CARBONELL, E.; ESTÉVEZ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S.; PONS-MOYÀ, J.; AGUSTÍ, J. i VILLALTA, J.F. (1981): Cueva Victoria (Murcia, España): lugar de ocupación humana más antiguo de la península ibérica. *Endins*, 8: 47-57. Palma.
- CERDÀ, M. (1999): L'escultisme a Mallorca (1907-1995). Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- CLARKE, O. (1991): Diving in Drach. *Descent*, 101: 32-33.
- CLARKE, O. (1991-92): Report of the Cwmbran caving club diving expedition to Son Josep. Mallorca in october 1990. *The Red Dragon - Y ddraig Goch*, 18: 28-30.
- COLOM, G. (1950): Más allá de la prehistoria. Una geología elemental de las Baleares. *Colección Cauce. C.S.I.C.* 285 pàgs. Madrid.
- COLOM, G. (1991): Las Ciencias Naturales en las Islas Baleares. *Direcció General de Cultura, Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear*. 369 pàgs. Palma.
- DAMIANS, J. (1977): Troballa arqueològica a Sencelles. *Endins*, 4: 53-56. Palma.
- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársicos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33 (818): 154-156. Barcelona.
- ENCINAS, J.A. (1994): 501 Grutas del término de Pollença (Mallorca). Tarsilbet, Punt Gràfic. 609 pàgs. Pollença.
- ENCINAS, J.A. (1995): Es Crull de ses Termes. Nuevo avance en las máximas profundidades subterráneas de las Islas Baleares. *Subterránea*, 4: 27-29. Palma.
- ENCINAS, J.A. (1997): Inventari espeleològic de les Illes Balears -any 1997. *Endins*, 21: 103-128. Palma.
- ENCINAS, J.A.; GINÉS, J. i TRIAS, M. (1974): Inventario espeleològic de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 19: 29-49. Palma.
- FARR, M. (1997-98): Dragon cave diving expedition to Mallorca-1996. *The Red Dragon - Y ddraig Goch*, 24: 89-97.
- FIOL, P. (2010): Pere Joan Campins i Barceló, bisbe de Mallorca, 1898-1915. *Biografies de mallorquins*, 26. Palma.
- FIOL-GUISCAFRÉ, J.M. (1990): *De Balearibus. Bibliografia de viatges per les Balears i Pitiüses fins al 1900*. Miquel Font Editor. 159 pàgs. Palma de Mallorca.
- FIOL-GUISCAFRÉ, J.M. (1992): Descobrint la Mediterrània. Viatgers anglesos per les Illes Balears i Pitiüses el segle XIX. Miquel Font Editor. 225 pàgs. Palma de Mallorca.
- FORNÓS, J.J.; PRETUS, J.L. i TRIAS, M. (1989): La Cova de sa Gleda (Manacor, Mallorca), aspectes geològics i biològics. *Endins*, 14-15: 53-59.
- GARAU, C. (2005): *Les coves d'Artà. Capdepera (Mallorca)*. Edicions Documenta Balear. 106 pàgs. Palma.
- GARCÍAS, M. i PONS, G.X. (2011): Llorenç Garcias Font, científic i promotor cultural. *La ciència a les Illes Balears*, 10.
- GINÉS, À. (1993a): El conocimiento espeleo-topográfico de las cavidades balears (1862-1992). *Endins*, 19: 55-70.
- GINÉS, À. (1993b): Apuntes históricos sobre las Coves d'Artà (Capdepera, Mallorca). *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 7: 21-27. Granada.
- GINÉS, À. (1993c): *Morfologies exocàrstiques*. In: ALCOVER, J.A.; BALLESTEROS, E. i FORNÓS, J.J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 153-160.
- GINÉS, À. (1999): Edouard-Alfred Martel et la spéléologie à Majorque. *L'Année Martel 1997. L'homme qui voyageait pour les gouffres*. 291-300. França.
- GINÉS, À. [ed.] (2005): Centenari de la troballa de Typhlocirolana moraguesi a les coves del Drac. Mallorca, Setembre 2004. XIII Jornades Científiques de la SEDECK, especial Endins, 28: 88 pàgs. Palma de Mallorca.
- GINÉS, À. i FIOL, L.I.A. (1981): Estratigrafia del yacimiento de la cova des Fum (Sant Llorenç, Mallorca). *Endins*, 8: 25-42. Palma.

- GINÉS, À. i GINÉS, J. (1977): Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la isla de Mallorca. 6è Simpòsium d'Espeleologia. 81-95. Terrassa.
- GINÉS, À. i GINÉS, J. (1986): On the interest of speleochronological studies in karstified islands. The case of Mallorca (Spain). 9º Congreso Internacional de Espeleología. Vol. 1: 297-300. Barcelona.
- GINÉS, À. i GINÉS, J. (2002): Estado actual del conocimiento científico del karst y de las cuevas de las Islas Baleares. Boletín número 3 (pàg. 26-45), SEDECK, Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- GINÉS, À.; GINÉS, J. i POMAR, L. (1981 a): Phreatic speleothems in coastal caves of Majorca (Spain) as indicators of Mediterranean Pleistocene paleolevels. *Proc. Eighth Int. Cong. Speleol.*: 533-536. Bowling Green.
- GINÉS, J.; BORRÀS, C. i GINÉS, À. (1989): Grup Espeleològic EST: 1968-1988. Vint anys d'espeleologia mallorquina. *Endins*, 14-15: 101-116. Palma.
- GINÉS, J.; GINÉS, À. i POMAR, L. (1981 b): Morphological and mineralogical features of phreatic speleothems occurring in coastal caves of Majorca (Spain). *Proc. Eighth Int. Cong. Speleol.*: 529-532. Bowling Green.
- GRÀCIA, F. (2010): Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del levánt i migjorn de Mallorca (Mediterrània occidental). Els exemples de la cova de sa Gleda (Manacor) i de la cova des Coll (Felanitx). Memòria d'Investigació. UIB. 254 pp.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i WATKINSON, P. (1998a): La cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 22: 5-18.
- GRÀCIA, F. i CLAMOR, B. (2001): La Cova de sa Gleda. Subterrànea, 16: 24-34.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; AGUILÓ, C. i WATKINSON, P. (1998b): La cova des Drac de cala Santanyí (Santanyí, Mallorca). *Endins*, 22: 55-66.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME, D. i FEBRER, M. (2006a): El sistema Pirata - Pont - Piqueta (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. i FORNÓS, J.J. (2010a): El sistema de cavitats Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- GRÀCIA, F.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; TRIAS, M.; FORNÓS, J.J.; FEBRER, M. i POCOVÍ, J. (2010b): Noves aportacions a l'estudi de les cavitats de cala Falcó-cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 141-154.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FEBRER, M.; JAUME, D. i VICENS, D. (2006b): La cova de s'Abisament (Sant Llorenç des Cardassar, Mallorca). *Endins*, 30: 101-108.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GRÀCIA, P.; MERINO, A.; VEGA, P. i MULET, G. (2001a): Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la Font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-73.
- 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.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTÍN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. i PONS, G.X. (2005): La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; WATKINSON, P.; DOT, M.A. i LANDRETH, R. (2003c): La Cova de ses Llàgrimes (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 25: 131-140.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; FEBRER, M. i GAMUNDÍ, P. (2007b): La Cova de sa Gleda I. Sector Clàssic, Sector de Ponent i Sector Cinc-Cents (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, sedimentologia i hidrologia. *Endins*, 31: 43-96.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J. J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; POCOVÍ, J. i PERELLÓ, M. A. (2009a): 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.; 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.
- GRÀCIA, F.; LANDRETH, R.; GUAL, M. i CLAMOR, B. (2001b): La cova Negra (Pollença, Mallorca): presència de dunes fòssils dins una cavitat submarina. *Endins*, 24: 137-142.
- GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; MONSERAT, T.; CLARKE, O. i LANDRETH, R. (1997): Les coves de la zona de ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- HENNIG, G.J.; GINÉS, À.; GINÉS, J. i POMAR, L. (1981): Avance de los resultados obtenidos mediante datación isotópica de algunos espeleotemas subacuáticos mallorquines. *Endins*, 8: 91-93. Palma.
- KOPPER, J. S. (1975): Preliminary note on the paleomagnetic reversal record obtained from two Mallorcan caves. *Endins*, 2: 7-8. Palma.
- LLOPIS-LLADÓ, N. i THOMÀS-CASAJUANA, J.M. (1948): La hidrologia càrstica de los alrededores de Campanet (Inca, Mallorca). *Miscelánea Almera*, 7 (2): 39-60. Barcelona.
- MADER, B. (2005): Reiseskizzen von den Balearen. Der entomologe Friedrich Will und erzhzog Ludwig Salvator. *Endins*, 28: 61-70. Palma.
- MERINO, A. (1993): La cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 19: 17-23. Palma.
- MIR, F. (1976): Les formes hipogees del barranc d'Algendar (Menorca). *Endins*, 3: 27-39. Palma.
- MOYÀ-SOLÀ, S. i PONS-MOYÀ J. (1981): *Myotragus kopperi*, une nouvelle espèce de *Myotragus* Bate 1909 (Mammalia, Artiodactyla, Rupicaprin). *Proc. Kon. Neder. Akad. Wetensch. B* 84 (1): 57-69. Amsterdam.
- MOYÀ-SOLÀ, S. i PONS-MOYÀ, J. (1982): *Myotragus peponellae* nov. sp.; un primitivo representante del género *Myotragus* Bate, 1909 (Bovidae, Mammalia) en la isla de Mallorca (Baleares). *Acta Geológica Hispánica*, 17 (1-2): 77-87. Barcelona.
- PALAU, J.M. (1955): De Re Biospeleologica. II. El *Leptobythus* (nov. gen.) *palaui* (nov. sp.) Jeann. (Col. Pselaphidae) de la Cova d'en Boixa. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1: 41-43. Palma.
- PLA, V. i VICENS, D. (2000): 25 anys d'Endins, revista de la Federació Balear d'Espeleologia. *Endins*, 23: 155-186. Palma.
- PONS-MOYÀ, J. (1977): La nouvelle espèce *Myotragus antiquus* de l'île de Majorque (Baléares). *Proc. Kon. Neder. Akad. Wetensch. B* 80 (3): 215-221. Amsterdam.
- PONS-MOYÀ, J. (1985): Nota preliminar sobre el hallazgo de *Homo* sp. en los rellenos cársticos de Cueva Victoria (Murcia, España). *Endins*, 10-11: 47-50. Palma.
- RACOVITZA, E.G. (1905): *Typhlocirolana moraguesi* n.g., n.sp. Isopode aquatique cavernicole des Grottes du Drach (Baleares). *Bull. Soc. Zool. France*, 30(4): 72-80.
- RACOVITZA, E.G. (1912): Cirolanides (premiere serie). -Biospeologica XXVII, *Arch. Zool. exper et gen.*, 5C serie, X: 203-329, pi. XV-XXVIII.
- ROSSELLÓ, J. A. i GINÉS, À. (1980): Introducció a la brioflora dels avencs mallorquins. *Endins*, 7: 27-35. Palma.
- SEGUÍ-LLINÀS, M. (1992): El descubrimiento de las islas olvidadas. Las Baleares y Córcega vistas por los viajeros del siglo XIX. Alpha.3, Serveis Editorials. 261 pàgs. Palma de Mallorca.
- TRIAS, M. (1977): Cova Xives: troballes prehistòriques a Eivissa. *Endins*, 4: 49-52. Palma.
- TRIAS, M. (1983): Espeleologia de les Pitiüses. *Institut d'Estudis Eivissencs, Estudis breus*, 2: 59 pàgs. Eivissa.
- TRIAS, M. (1993): *Catàleg Espeleològic*. In: ALCOVER, J.A.; BALLESTEROS, E. i FORNÓS, J.J. (Eds.), *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears 2: 131-152.
- TRIAS, M. i MIR, F. (1977): Les coves de la zona de can Frasquet - cala Varques. *Endins*, 4: 21-42. Palma.
- TRIAS, M. i ROCA, Ll. (1975): Noves aportacions al coneixement de les coves de sa Mola (Formentera) i de la seva importància arqueològica. *Endins*, 2: 15-33. Palma.
- TRIAS, M.; PAYERAS, C. i GINÉS, J. (1979): Inventari espeleològic de les Balears. *Endins*, 5-6: 89-108. Palma.
- VALERO, G. (2001): La llarga ruta de l'excursionisme mallorquí. Aproximació a la història de l'excursionisme a Mallorca. Volum I: des dels inicis fins a 1920. El Gall Editor - Grup Excursionista de Mallorca. Quaderns de muntanya, 4. 295 pàgs. Palma de Mallorca.
- VENY, C. (1968): Las cuevas sepulcrales del Bronce antiguo de Mallorca. C.S.I.C. 429 pàgs. Madrid.
- VICENS, D. (2008): Els nostres naturalistes: Francesc Gràcia i Lladó. Naturalesa i societat. *Circular de la Soc. Hist. Nat. Balears*, núm. 32 (juny de 2008): 4-6.
- VICENS, D. (2011): la cova des Pas de Vallgornera i els seus tresors paleontològics. Naturalesa i societat. *Circular de la Soc. Hist. Nat. Balears*, núm. 36 (març de 2011): 5.
- VICENS, D. i PLA, V. (2001): L'equip mallorquí d'espeleologia (EME): primer grup espeleològic mallorquí. *Endins*, 24: 113-127.

CONDICIONANTS LITOLÒGICS I ESTRUCTURALS DEL CARST A LES ILLES BALEARS

per Joan J. FORNÓS¹ i Bernadí GELABERT¹

Abstract

The lithology and structural setting of the rocks which form the island of Mallorca are magnificent bases on which karstic phenomena develop. Almost every geological period is continually represented here, from the Carboniferous to the Pleistocene (only part of the Upper Cretaceous and Lower Paleogene being absent). The approximate thickness of the stratigraphic sequence is 3,000 m in which carbonate deposits (not only limestones but also dolomites) constitute the most important lithologies. The main structure consists of thrust sheets imbricated in a NW transport direction. Such deformation took place during the alpine orogeny. Furthermore, the existence of impervious materials from the Keuper at the base of the thrust sheets, added to the imbricate thrusts system structure, cause permeable zones to remain isolated by areas of impervious material. The development during the post-orogenic phase (Late Miocene) of a carbonate reef deposition, forms a large tabular slab where the phenomena related to coastal karst have its maximum expression. Menorca, can be divided into two very distinct parts. The northern half or Tramuntana, well structured, but dominated by the presence of siliceous material from the Devonian with a couple of large slabs of Mesozoic limestones and dolomites, quite different from Migjorn, in the south, where the Late Miocene calcarenites and calcisiltites clearly dominate. Eivissa can be assimilated to the same structure of the Tramuntana mountains of Mallorca, which are almost exclusively dominated by carbonate materials, particularly the dolomites, but the limestones from the middle Triassic and the marls (Cretaceous and lower Miocene) are very abundant. Formentera is dominated at both ends of the island by sea cliffs cut on Miocene reefal limestones joined by an isthmus where Pleistocene aeolian calcarenites outcrops.

Resum

La litologia carbonatada quasi omnipresent i la disposició estructural de les roques que conformen l'arxipèlag de les illes Balears són una magnífica base per al desenvolupament dels fenòmens de tipus càrstic. A Mallorca hi són representats pràcticament sense interrupció materials des del Carbonífer fins al Pleistocè. La sèrie amb una potència aproximada de 3.000 m, està dominada àmpliament, àdhuc els detrítics, pels dipòsits de tipus carbonatat, tant calcàries com dolomies, que són els que formen els relleus més importants de la illa. L'estructuració en forma d'escates encavalcants dirigides cap al NW va tenir lloc durant l'orogènia alpina (des de finals del període Cretaci fins al Miocè mig). El desenvolupament durant la fase post-orogènica al Miocè superior d'una deposició carbonatada de tipus escullós forma una ampla llosa tabular, on el fenòmens relacionats amb el carst litoral presenten la seva màxima expressió. Menorca, es divideix en dues parts força diferenciades. La meitat septentrional o de Tramuntana, també estructurada, però dominada per la presència dels materials silícics des del Devonià amb un parell de grans lloses de calcàries i dolomies mesozoiques, força diferent del Migjorn a la part meridional on hi dominen, les calcarenites i calcisiltites del Miocè superior. Eivissa la podem assimilar a un racó amb la mateixa estructura que de la serra de Tramuntana de Mallorca, on dominen també quasi exclusivament els materials carbonatats, especialment les dolomies, però també les calcàries des del Triàsic mig, i on les margues (del Cretaci i Miocè inferior) hi son molt abundants. Formentera està dominada a ambdues puntes de l'illa pels espadats retallats sobre les calcàries esculloses del Miocè superior unides per un istme on s'hi estenen les calcarenites eòliques del Pleistocè.

Resumen

La litología carbonatada, casi omnipresente, así como la disposición estructural de las rocas que constituyen el archipiélago de las Illes Balears, son una magnífica base para el desarrollo de fenómenos de tipo kárstico. En Mallorca están representados desde el Carbonífero hasta el Pleistoceno. La serie con una potencia aproximada de 3000 m, está dominada casi exclusivamente por los depósitos de tipo carbonatado, que son los que constituyen la mayor parte de los relieves de la isla. La estructuración tectónica en forma de escamas cabalgantes dirigidas hacia el NW que tuvo lugar durante la orogenia alpina (desde finales del período Cretácico hasta el Mioceno medio), dio como resultado una disposición imbricada de los cabalgamientos. El desarrollo durante la fase postorogénica en el Mioceno superior de una deposición carbonatada de tipo arrecifal forma una amplia losa tabular donde los fenómenos relacionados con el karst litoral presentan su máxima expresión. Menorca, puede ser dividida en dos mitades bien diferenciadas. La mitad septentrional o de Tramuntana, también estructurada, pero dominada por los materiales silícicos presentes desde el Devónico con un par de grandes bloques de calizas y dolomías mesozoicas, muy diferente de la parte meridional o del Migjorn donde dominan, como en el caso de Mallorca, las calcarenitas y calcilitas del Mioceno superior. Eivissa puede ser asimilada a un rincón con la misma estructura que la Serra de Tramuntana de Mallorca, donde dominan casi exclusivamente los materiales carbonatados, especialmente las dolomías, pero también las calizas desde el Triásico medio, y donde las margas (del Cretácico y Mioceno inferior) son muy abundantes. Formentera está dominada en los dos extremos de la isla por los acantilados cortados sobre las calizas arrecifales del Mioceno superior unidos por un istmo donde se adosan las calcarenitas eólicas del Pleistoceno.

1 Universitat de les Illes Balears.

Introducció

Els processos que donen l'ampli ventall de formes tant superficials (l'exocarst o karren) com subterrànies (l'endocarst amb les seves coves i avencs) que s'observen a les Balears estan ben lluny de presentar una homogeneïtat morfogènica marcada. Ans al contrari, la diversitat de condicionants litològics i hidrogeològics (condicionats principalment per l'estructura tectònica) presents a les nostres illes produeixen una varietat notable de fenòmens subterrànies (GINÉS & GINÉS, 2011), que abracen des de coves amb grans sales (Cova de sa Campana, MIR & TRIAS, 1973), conductes més o menys desenvolupats dins d'una xarxa hídrica subterrània (Cova de les Rodes, ENCINAS, 1972) o tot el conjunt de cavitats relacionades amb la interferència amb la mar que limita les illes, el denominat carst litoral (GINÉS *et al.*, 2008), on hi podem trobar des de les quilomètriques xarxes subterrànies existents en el cas del Migjorn de Mallorca (Cova des Pas de Vallgornera, MERINO *et al.*, 2008), fins a les més petites coves marginals (*flank margin caves*) de Formentera (TRIAS, 1983).

És així doncs, que tant els aspectes morfològics com els morfodinàmics observables en les diverses fases evolutives de formació d'un carst no poden ésser estudiats de forma aïllada, sinó que s'han d'emmarcar dins de la base estructural i litològica sobre la qual es desenvolupen. Enquadrats dins d'aquest marc geològic, hi sobresurten per la seva relació directa amb el desenvolupament del carst tots aquells aspectes relacionats amb l'estratigrafia, les característiques sedimentològiques, la petrologia, la tectònica o estructura i, per suposat, la hidrologia. En el present treball és descriuen de forma planera tant les característiques que fan referència a l'estratigrafia com les que fan referència a l'estructura i que condicionen el desenvolupament dels

fenòmens relacionats amb la dinàmica càrstica a les Balears. Per a una informació geològica més estructurada i detallada es poden consultar les obres de VERA (2004) i GIBBONS & MORENO (2002).

Des del punt de vista morfològic i morfodinàmic les quatre illes majors de les Balears (Mallorca, Menorca, Eivissa i Formentera) presenten unes certes similituds però també algunes diferències remarcables que a la llarga s'acaben traslladant al modelat càrstic.

L'estructura geològica així com la distribució litològica presents a cada una de les illes, condicionen la seva geomorfologia. En conjunt les Balears presenten una ampla varietat d'exemples, tant endo- com exocàrstics, desenvolupats en les abundants formacions carbonatades que hi afloren. Aquestes formacions, presents de forma pràcticament contínua des del Triàsic mitjà, estan afectades per una complexa estructuració que queda emmarcada dins del joc de la tectònica de plaques del Mediterrani Occidental, a cavall entre les plaques europea i africana, donant lloc a una forta orografia.

Estratigrafia i interpretació sedimentològica

La història estratigràfica de Mallorca compren des del Carbonífer fins al Quaternari amb un important hiatus a la base del Terciari (Figura 1). La sedimentologia dels materials presents és altament complexa i molt variada, amb una gran superposició de diferents ambients sedimentaris, que abasten fàcies de tipus lacustre,

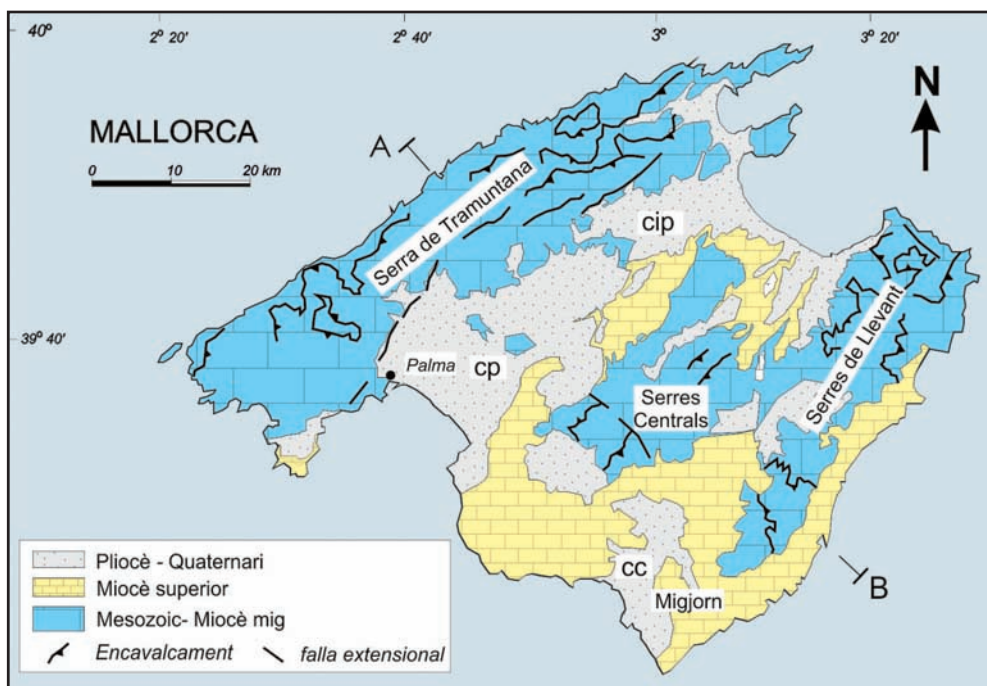


Figura 1: Mapa geològic esquemàtic de l'illa de Mallorca (tal·l geològic a la Fig. 12).

Figure 1: Geological sketch map of Mallorca island (see geological section at Fig. 12).

litorals, de plataforma, de talús i fàcies pelàgiques, fruit de les diverses etapes en l'estructuració tectònica. El fet comú més destacable és la composició carbonatada de la gran majoria dels dipòsits, amb una escassa representació dels dipòsits de tipus siliciclàstic. Aquest fet queda reflectit, tant en la representació potencial en la sèrie estratigràfica com en la presència d'afloraments que es poden cartografiar en superfície.

La història estratigràfica de Menorca comença molt abans (OBRADOR, 1998). Els dipòsits més antics presents a l'illa corresponen al trànsit Silurià-Devonià (BOURROUILH, 1983; ROSELL & ELÍZAGA, 1989) i arriba de forma discontinua i molt fragmentada fins el Quaternari. Hi són especialment representats els nivells detrítics del Carbonífer i Triàsic inferior (Buntsandstein), les dolomies juràsiques i les calcarenites del Miocè superior.

A Eivissa els materials més antics presents a l'illa corresponen al Triàsic mig (fàcies Muschelkalk) i mostren una certa continuïtat fins el Cretaci superior amb gran presència dels dipòsits de calcàries i calcàries noduloses. Pràcticament no hi ha ni Paleogen ni Neogen. A Formentera només les calcàries i calcarenites neògenes hi són presents.

La representació estratigràfica de Formentera és la que mostra una història més curta que s'inicia amb el materials formats per calcàries i calcarenites del Miocè superior i té una ampla representació dels nivells pleistocènics més recents.

Donada la similitud geològica dels materials que conformen les Balears, passarem a descriure'ls globalment comentant l'estratigrafia amb la descripció dels materials presents en el seu conjunt per tal de no ser repetitius, remarquant en cada cas les diferències que afecten a cada una de les illes.

PALEOZOIC

L'illa on els materials paleozoics estan més ben representats, o podríem dir que quasi exclusivament hi ha representació de Paleozoic, és Menorca on ocupen una bona part de la zona de Tramuntana. Es tracta d'uns dipòsits de turbidites amb gresos de gra fi i calcàries de més d'un milenar de potència (uns 2.000 m) que intercalen dipòsits amb olistostromes (ROSELL & LLOMPART, 2002) disposats sobre uns dipòsits devonians també de turbidites que probablement mostren moltes llacunes estratigràfiques (BOURROUILH, 1983). La sèrie acaba amb uns 3.000 m de potència de pelites grises intercalades amb gresos de mida arena fina que intercala nivells de conglomerats de poca potència. De forma discordant sobre d'aquest dipòsits el materials silicico-clàstics permians, gresos i conglomerats, amb uns 600 m de potència (GÓMEZ, 1987), culminen la sèrie paleozoica.

A Mallorca el Paleozoic només és representat de forma testimonial per un sol aflorament, d'un centenar de metres quadrats i escaig de superfície, compost per unes pelites grises, que intercalen nivells de quarsarenites amb crinoïdeus i pol·len que daten aquests dipòsits com a Carbonífer (RODRÍGUEZ-PEREA & RAMOS-GUERRERO, 1984). Presenten un lleuger grau de metamorfisme i estan afectats per l'orogènia herciniana

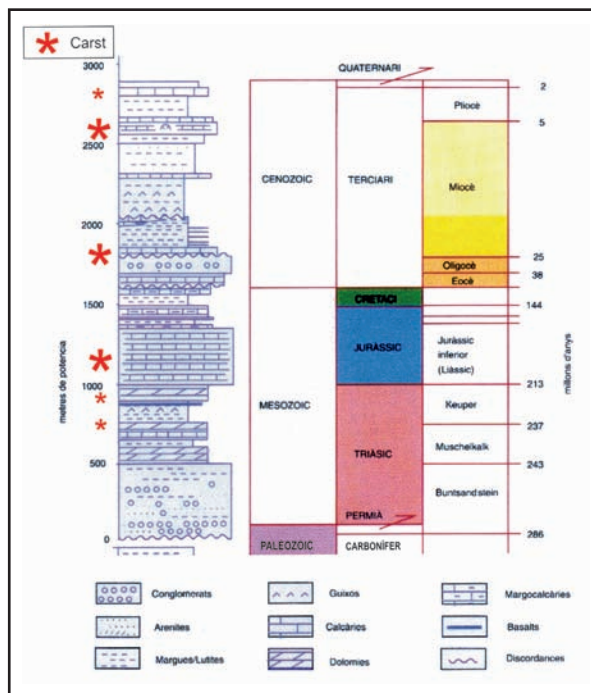


Figura 2: Columna estratigràfica sintètica dels dipòsits presents a l'illa de Mallorca (modificat de RODRÍGUEZ-PEREA & GELABERT, 1998).

Figure 2: Synthetic stratigraphic log of materials present at Mallorca Island (modified from RODRÍGUEZ-PEREA & GELABERT, 1998).

que ha deixat la seva empremta en forma d'un intens plegament afectat d'esquistositat. Per la presència en reduïts afloraments al peu de la Serra de Tramuntana i per la composició siliciclàstica, no té interès per a l'estudi del carst de Mallorca.

MESOZOIC

La màxima representació dels materials mesozoics a les Balears es dona a Mallorca i Eivissa. Els dipòsits que conformen la seqüència del Mesozoic a Mallorca presenten una potència superior als 1.500 m, els 1.000 m superiors dels quals corresponen, amb petites interrupcions, a materials carbonatats (Figura 2). Els materials mesozoics constitueixen la major part del afloraments presents en les zones estructurades: Serra de Tramuntana, Serres de Llevant i petites elevacions del Pla de Mallorca. Els relleus més abruptes d'aquestes serres estan constituïts pels dipòsits de calcàries i dolomies pertanyents al Juràssic. Aquests dipòsits presenten les manifestacions càrstiques, especialment d'exocarst, més esplendoroses (GINÉS & GINÉS, 1995, 2009). A Eivissa, el Mesozoic està present de forma de taques en una distribució irregular que abasta pràcticament tota l'illa donant lloc als seus i irregulars relleus que la caracteritzen. A l'illa de Menorca el Mesozoic està present només a la zona de Tramuntana on comparteix distribució amb els materials paleozoics (Figura 3). Els relleus més abruptes, predominantment dolomítics, corresponen al Juràssic i són els que mostren la major repre-

sentació càrstica (i de paleocarst); la resta està formada pels materials detrítics de composició silícica del Triàsic inferior i les dolomies del Triàsic mig presents de forma puntual a la part superior del Monte Toro.

El Triàsic

Els dipòsits basals del Mesozoic presents a les illes corresponen al període Triàsic. El Triàsic està format (Mallorca, RODRÍGUEZ-PEREA *et al.*, 1987; Menorca, ROSELL & LLOMPART, 2002; Eivissa, RANGHEARD, 1972) pel característic triplet de fàcies anomenades germàniques, encara que amb alguna influència alpina. La part basal, fàcies Buntsandstein, present només a Mallorca amb una potència superior als 400 m, i a Menorca amb una potència d'uns 500 m (Figura 4), està formada per argiles, gresos i conglomerats que representen un cicle de sedimentació fluvial amb episodis de tipus lacustre (CALAFAT *et al.*, 1986/87). Els afloraments principals d'aquesta unitat es donen a Mallorca només en el vessant NW del sector meridional de la Serra de Tramuntana, entre Estellencs i Banyalbufar. A Menorca presenta tres clares bandes de direcció N-S (Figura 3) a la zona de Tramuntana. Per la seva composició siliciclàstica i la seva disposició al peu de la Serra de Tramuntana no tenen interès per a l'estudi del carst, excepte com a nivell impermeable en el funcionament hidrològic.

La part intermèdia, la fàcies Muschelkalk, aflora també a la costa d'Estellencs, en el cas de Mallorca, al Monte Toro a Menorca i a les petites elevacions de la zona central a Eivissa, corresponent en aquest cas als nivells més antics que afloren a les Pitiüses.

Amb una potència aproximada a Mallorca de 260 m i uns 150 m a Eivissa, correspon a dolomies i calcàries dolomítiques amb laminacions algals, motlles d'evapori-

tes, bretxes intraformacionals i les denominades fàcies zebra molt abundants a Eivissa, que evolucionen a nivells amb margues vermelles i grogues amb carnoles, i a sostre acaben dominant les calcàries amb *fucoïds* (RODRÍGUEZ-PEREA *et al.*, 1987). El tipus de dipòsits presents marquen uns ambients de formació supra i intermareals a la base, amb un petit episodi regressiu marcat per sediments continentals però acabant amb una clara sedimentació marina de plataforma interna soma. Especialment a Mallorca el fort grau de dolomitització i l'escassa superfície d'aflorament en els pendents més forts del sector meridional de la Serra de Tramuntana fan del Triàsic mitjà un mal substrat per al desenvolupament de les morfologies càrstiques.

El Triàsic acaba a les tres illes grans amb la fàcies Keuper. Es tracta d'un conjunt molt variat que pot presentar potències de fins a 300 m en el cas de Mallorca i uns 80 m a Eivissa, però amb una representació cartogràfica extremadament irregular lligada en la seva major part a la part basal dels encavalcaments, tant a Eivissa com molt especialment a la Serra de Tramuntana, per causa dels efectes tectònics. A Menorca quasi es pot considerar testimonial. Està format per sediments pelítics, margues vermelles i groguenques, amb importants intercalacions de nivells amb evaporites, guixos i anhídrides, i bancs de dolomies i carnoles que es fan més importants cap al sostre de la sèrie triàsica, ja en el trànsit vers els dipòsits juràssecs. Les roques volcàniques, en forma de colades basàltiques i dipòsits piroclàstics (cinerites), estan amplament representades, a més de la presència de traquites i andesites en forma de sills a Eivissa (BEAUSEIGNEUR & RANGHEARD, 1968). Presenten variacions volumètriques molt importants, essent aquest el fet més característic d'aquests nivells. La sedimentació del Keuper representa un esdeveniment regressiu important amb l'acumulació de dipòsits continentals i una forta activitat volcànica (ENRIQUE,

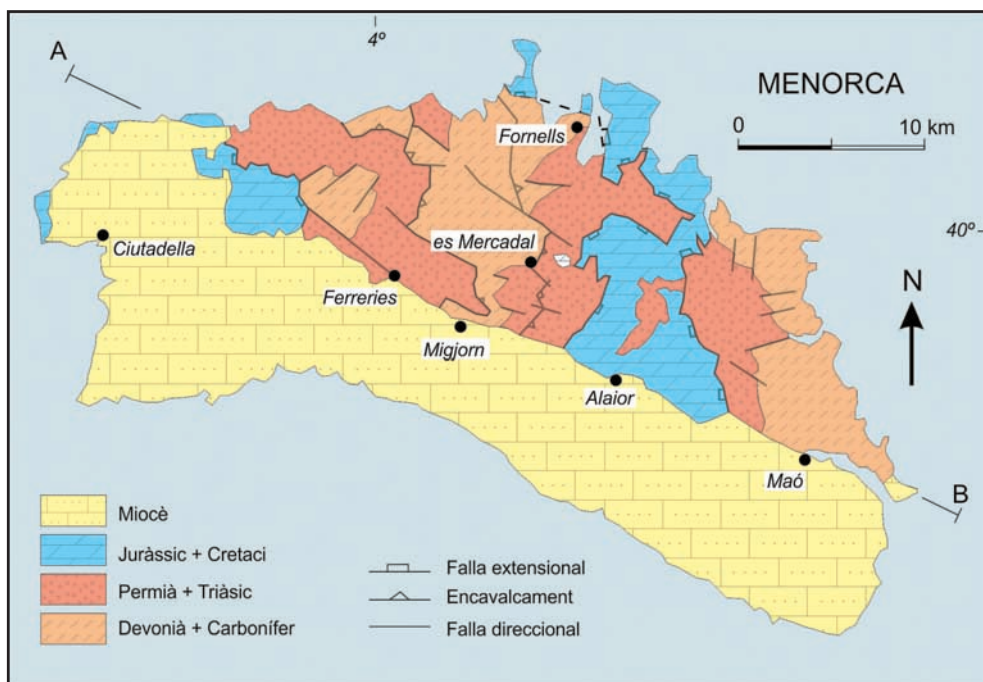


Figura 3: Mapa geològic esquemàtic de l'illa de Menorca (tall geològic a la Fig. 11).

Figure 3: Geological sketch map of Menorca island (see geological section at Fig. 11).

1986). Des del punt de vista carstològic, el Keuper tan sols presenta algunes morfologies de lapiaz en alguns afloraments puntuals de guixos, en canvi té una gran importància hidrològica ja que és el nivell impermeable per excel·lència en el desenvolupament del carst no litoral de Balears.

En trànsit cap el Juràssic i sense una clara i important interrupció, els dipòsits d'edat retiana marquen el inici de la sedimentació marina amb una seqüència d'aprofundiment progressiu que durarà tot el Mesozoic. Amb una potència aproximada de 200 m a Mallorca, consisteix bàsicament en dolomies, carnioles i algunes intercalacions margoses; aflora bàsicament al llarg de la Serra de Tramuntana. En aquests materials es desenvolupen algunes cavitats càrstiques de notable profunditat.

El Juràssic

Els materials juràssics són els materials dominants a l'illa de Mallorca i conformen la major part dels dominis estructurats (Figura 1). Afloren al llarg de tota la Serra de Tramuntana i Serres de Llevant, així com en algunes elevacions de la zona del Pla. Formats per materials carbonatats, presenten unes potències al voltant dels 500 m. Representen una gran fase transgressiva en la qual queda reflectida l'evolució des d'una plataforma soma carbonatada al Lias, a dipòsits de marge continental i fàcies pelàgiques que perdurarà fins el Cretaci (COLOM, 1975; BARNOLAS, 1984; FORNÓS *et al.*, 1984 i 1986/87). A Menorca el Juràssic presenta una potència superior als 600 m ROSELL & LLOMPART, 2002; BOURROUILH, 1983); format quasi exclusivament per dolomies aflora en dues bandes paral·leles en direcció N-S, una a la zona de Ciutadella i l'altre a l'altura d'Alaior (Figura 3). A Eivissa, aflora (RANGHEARD, 1972) en forma de taques molt desiguals arribant a uns 450 m de potència i donant els relleus més importants (Figura 5).

El Juràssic inferior o Lias, amb un transit gradual des del Keuper, esta format a la base per carnioles i dolomies que evolucionen cap a bretxes i calcàries micrítiques massives. La base del Lias està constituïda per dolomies fosques, bretxes i carnioles. És una unitat d'aspecte massiu en la qual les dolomies estan freqüentment bretxades. Cap al sostre dominen les calcàries micrítiques, i de l'aspecte massiu es passa a uns nivells més estratificats, fent-se evident la presència dels components bioclàstics i oolítics. Per sobre d'aquests grans paquets carbonatats, hi ha uns petits nivells, molt variables, que poden arribar a tenir de 30 m a 40 m de potència i de distribució irregular, formats en un cas per margocalcàries amb abundant fauna nerítica i, en d'altres, per capes d'encrinites amb abundants belemnites. En ambdós casos la seqüència liàsica acaba amb nivells de quarsarenites i microconglomerats, també de distribució molt irregular (més importants a la Serra de Tramuntana) però que en cap cas superen els 10 m de potència. Estan formats per grans de quars ben arrodonits, de color vermellós i constitueixen un bon nivell guia a escala regional. Sobre aquesta unitat es disposa un sòl endurit (*hard ground*) format per crostes d'òxids de ferro, de manganès, fosfats i estromatòlits pelàgics. Aquest sòl endurit marca la

fi de la important sedimentació carbonatada de plataforma liàsica, amb la ruptura i enfonsament d'aquesta plataforma al Toarcià.

El Lias a Eivissa també correspon a calcàries i dolomies que, dipositades en un ambient similar de plataforma nerítica epicontinental, presenten una potència d'uns 120 m (RANGHEARD, 1972). El mateix es pot dir en el cas de Menorca però amb un predomini de les dolomies i on segons ROSELL *et al.* (1989) la potència del Juràssic arribaria als 600 m.

La major part dels fenòmens càrstics, tant d'endocòm d'exocarst, que s'observen a la Serra de Tramuntana afecten directament les calcàries del Lias (Figura 6). A les Serres de Llevant, on la composició del Lias és més dolomítica, el carst hi està menys desenvolupat. La mateixa regla serveix per a Eivissa i Menorca. La complexa història geològica que ha afectat aquests nivells fa que els fenòmens del paleocarst també hi siguin visibles (FORNÓS *et al.*, 1986/87).

El Juràssic mitjà, Dogger, està format a grans trets per calcàries noduloses i margocalcàries, que presenten variacions de potència molt importants a Mallorca, de 30 a 160 m. Segons ROSELL *et al.* (1989) no és present a Menorca.

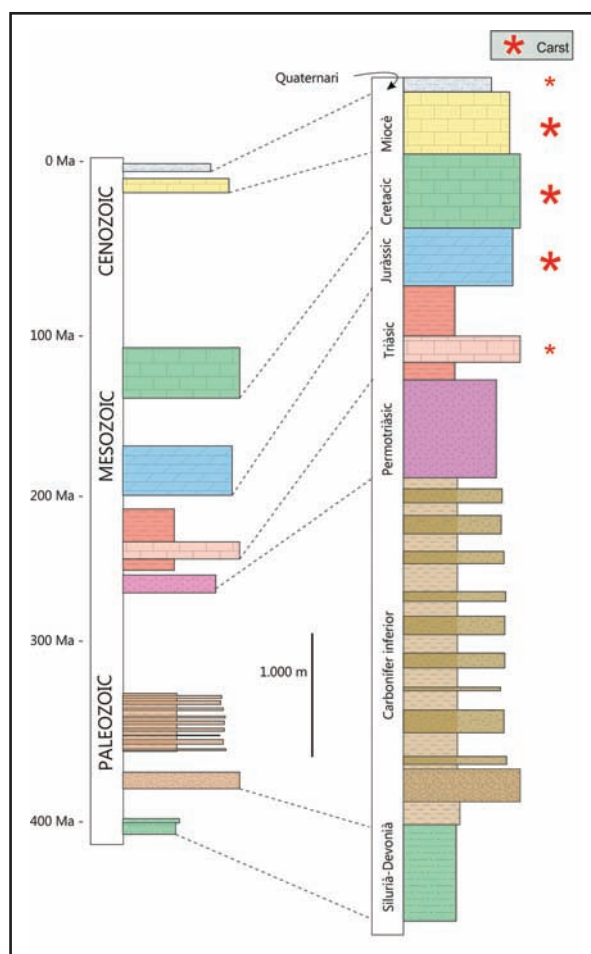


Figura 4: Columna estratigràfica sintètica dels dipòsits presents a l'illa de Menorca (modificat de ROSELL & LLOMPART, 2002).

Figure 4: Synthetic stratigraphic log of materials present at Menorca Island (modified from ROSELL & LLOMPART, 2002).

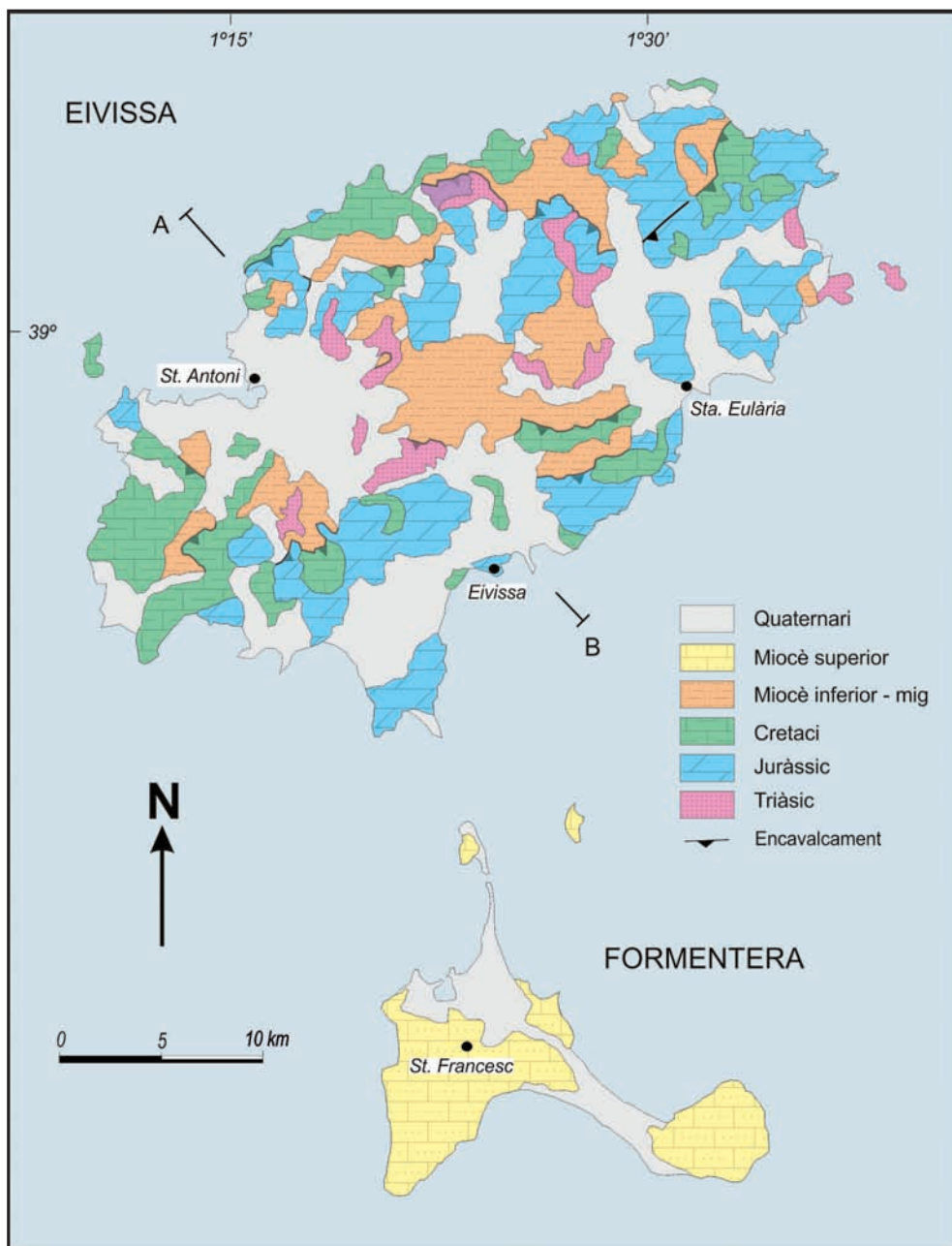


Figura 5: Mapa geològic esquemàtic de les Pitiuses.

Figure 5: Geological sketch map of Pytiusic Islands.

Aquesta unitat a Mallorca és molt rica en fauna d'ammonits i inclou diversos nivells considerats com a *Ammonitico rosso* o fàcies de condensació. L'alternança rítmica de capes margoses i capes de calcàries d'ordre decimètric amb abundants nivells amb sílex també hi és freqüent. De forma aïllada, i amb cossos que presenten geometries lenticulars, es disposen calcàries oolítiques i bioclàstiques distribuïdes de forma seqüencial amb potències que poden superar els 100 m. El conjunt dels dipòsits del Dogger representa una sedimentació de tipus hemipelàgic, amb alguns alts estructurals sobre els quals es desenvolupen les fàcies d'*Ammonitico rosso*, i amb la presència en aquests fons pelàgics de fàcies ressedimentades (nivells oolítics) en forma turbidítica, procedents de la plataforma. A Eivissa durant aquest període hi continua la sedimentació de plataforma amb

uns nivells de bretxes vermelles, calcàries i calcàries noduloses de més de 175 m de potència (Figura 7).

Els afloraments més importants a Mallorca del Dogger corresponen als nivells margosos, per la qual cosa els fenòmens càrstics hi són poc representats, no així en el cas de les calcàries d'Eivissa.

El Juràssic superior, o Malm a Mallorca, representa a grans trets la continuació de la sedimentació de tipus pelàgic i hemipelàgic iniciada a la fi del Lias. En conjunt es tracta de fàcies de calcàries noduloses que intercalen nivells de condensació tipus *Ammonitico rosso*, amb margues radiolarítiques i calcàries silíciques finament laminades. Localment també hi són presents calcàries bioclàstiques i oolítiques ressedimentades. La potència del Malm, rarament supera els 200 m, essent en general més reduïda a la Serra de Tramuntana que a les Serres

de Llevant. Els dipòsits del Malm, com els del Dogger, representen una clara sedimentació de marge continental.

A Eivissa els dipòsits del Juràssic superior són molt variables, en les seqüències dels sector NW hi continua la deposició de les calcàries nerítiques de plataforma, mentre que en les sèries més al SE es nota un aprofundiment de la conca amb la presència de nivells més margosos amb potències que superen els 150 m (RANGHEARD, 1972).

A l'igual que al Dogger, l'alternança de nivells de poca potència de calcàries amb nivells margosos i margocalcaris, fa que en aquesta unitat les morfologies càrstiques no hi siguin molt abundants, excepte de forma molt puntual.

El Cretaci

El Cretaci és un període poc representat a Mallorca, encara que localment pot presentar potències importants (150 m). Els seus nivells inferiors afloren al vessant sud-oriental de la Serra de Tramuntana i a les Serres de Llevant, mentre que els superiors, ho fan tan sols de forma que podríem dir testimonial a la Serra de Tramuntana (COLOM, 1947 i 1975; MATAILLET & PECHOUX, 1978; SÀBAT, 1986). A Eivissa el Cretaci

inferior hi té força representació (RANGHEARD, 1984). Està constituït a la zona més occidental per uns 400 m de calcàries i dolomies, 120 m de margues i uns 250 m de calcàries compactes amb rudistes (AZEMA *et al*, 1979) acabant amb uns nivells margosos. A les sèries més orientals hi predominen les margues i les calcàries margoses que indicarien un aprofundiment de la conca en aquesta direcció. A Menorca, els 400 m de potència observada (ROSELL *et al.*, 1989) estan formats per calcàries micrítiques i margues amb abundants ammonits que cap a sostre van evolucionant a calcàries amb rudistes (BOURROUILH, 1983). La seqüència presenta nombrosos hiatus i hi són freqüents els *hard-grounds*.

En línies generals podem dir que a l'arxipèlag Balear la sedimentació de tipus pelàgic, dominant en el Juràssic superior, continua i s'incrementa durant el Cretaci inferior, amb la deposició d'importants gruixos de margues i margocalcaris blanques (fàcies *Maiolica*) amb fauna de radiolaris i tintínids, que marquen una clara sedimentació pelàgica en un mar cada cop més profund. Aquest tipus de sedimentació, però, esdevé cada cop més sòma i amb influències terrígenes ja cap a la fi del Cretaci.

El desenvolupament del carst damunt el Cretaci per la seva composició més margosa és poc important, excepte a Menorca i sobretot a Eivissa on els paquets calcaris tenen un major desenvolupament.

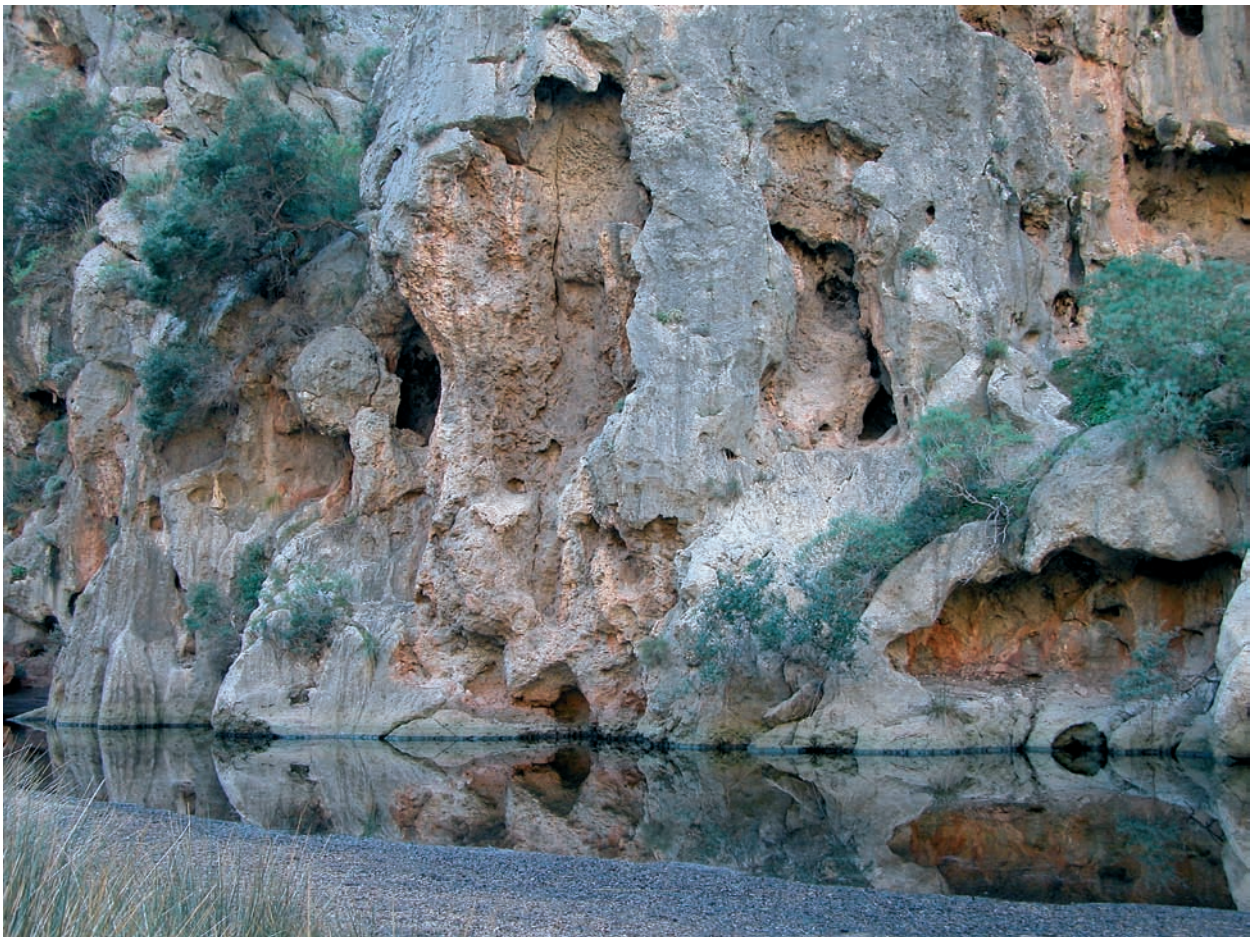


Figura 6: A les calcàries juràssiques de les Balears hi són omnipresents els fenòmens de tipus càrstic. (Sa Calobra, foto J.J. Fornós).

Figure 6: Karstic phenomena are omnipresent on the jurassic limestones of the Balearics. (Sa Calobra, photo J.J. Fornós).

CENOZOIC

El Cenozoic a les Illes Balears està ben present, tant des d'un punt de vista de l'àrea d'aflorament com de la potència que presenta, essent els seus nivells més joves (Miocè superior) on s'hi concentren bona part dels fenòmens càrstics més importants.

A Mallorca està àmpliament representat mostrant el seu conjunt una potència superior als 1.500 m (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1989). Pot ser dividit en dos grans unitats: un Cenozoic pre- i sintectònic i un postectònic. El primer, que abasta des de l'Eocè mitjà fins al Miocè inferior (Languità), aflora només en la Serra de Tramuntana, Serres de Llevant i, puntualment, al centre de l'illa. El segon des del Miocè mitjà fins a l'actualitat ocupa la major part del Pla, les zones deprimides, així com les denominades "Marines" que conformen el Migjorn de Mallorca. A Eivissa també ocupa grans extensions, però la seqüència superior del Neogen només té una minva-da representació. A Menorca hi és present tota la seqüència, però amb nombrosos gaps.

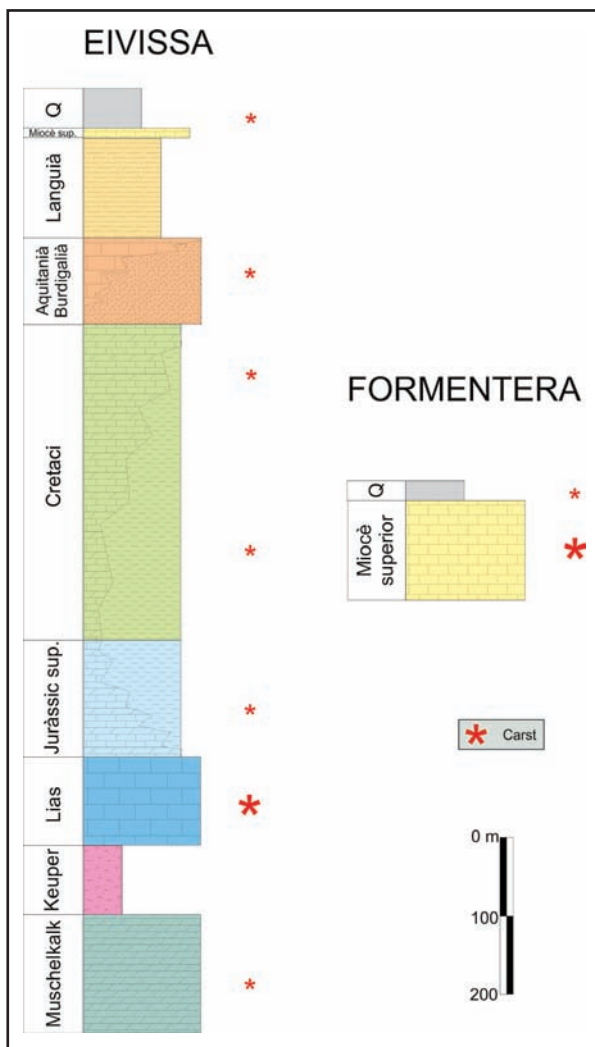


Figura 7: Columna estratigràfica sintètica dels dipòsits presents a les illes d'Eivissa i Formentera.

Figure 7: Synthetic stratigraphic log of materials present at Eivissa and Formentera Islands.

El Paleogen

A tota l'àrea balear, no hi són presents ni el Paleocè ni l'Eocè inferior. Aquesta absència ha estat sempre relacionada amb l'emersió de l'àrea que actualment ocupa el Golf de València i les Balears. Els processos erosius que afectarien aquesta àrea emergida serien els responsables de l'escassa presència de dipòsits corresponents al Cretaci superior.

A Mallorca els primers materials d'edat paleògena afloren a les Serres de Llevant i corresponen a l'Eocè mig i superior. Amb potències que escassament superen l'ordre decamètric, estan formats per calcarenites i margues riques en nummulits, que intercalen nivells de gresos i conglomerats poligènics amb còdols de materials juràssics i cretacis, dipositats en un ambient litoral i de plataforma interna. A la Serra de Tramuntana aquests nivells estan formats per calcàries micrítiques brunes, disposades en bancs tabulars, amb restes carbonoses, que corresponen a conques lacustres d'aigua dolça més o menys profundes (RAMOS-GUERRERO *et al.*, 1985). L'Oligocè, amb una presència més important que l'Eocè, és una unitat clarament detrítica de caràcter continental. A les Serres de Llevant, està formada per gresos massius amb intercalacions de llims i argiles vermelles amb potències que localment poden superar els 100 m. A la Serra de Tramuntana, dominen els conglomerats poligènics disposats en cossos lentiformes, que inclouen nivells llimosos i petits bancs carbonatats amb nombroses concrecions algals. El conjunt, que pot superar els 150 m de potència, representa una sedimentació de tipus fluvial amb episodis de tipus palustre.

A Menorca, el Paleogen, disposat discordant sobre el Cretaci, està formada per una successió terrígena d'uns 60 m de potència formada per conglomerats, gresos i lutites dipositats en un ambient fluvio-al·luvial (RAMOS, 1988; BOURROUILH, 1983). A les Pitiüses no s'han descrit dipòsits d'aquesta edat.

La presència de fenòmens càrstics en els materials paleògens és de poca importància.

El Neogen

El Neogen juga un paper cabal en el desenvolupament del carst de les Balears, sigui per comportament hidrològic en l'alternança de les diverses unitats i variacions de fàcies, especialment en les zones estructurades, sigui per l'elevada porositat que presenta i per la localització dels seus afloraments en bona part del litoral.

A les illes majors està format pràcticament en la seva totalitat per dipòsits de tipus carbonatats i el seu conjunt a Mallorca suposa una potència de més de 1.500 m. La part basal del Miocè, amb presència molt irregular i amb importants variacions de potència que poden arribar als 70 m (120 m a Eivissa i uns 50 m a Menorca – FORNÓS & GELABERT, 2004), està formada per conglomerats amb matriu de calcarenites i calcàries bioclàstiques i esculloses (RODRÍGUEZ-PEREA, 1983). Aquests nivells reomplen un substrat irregular i representen una sedimentació litoral dins d'una paleogeografia complexa. En trànsit cap el Miocè mig, una im-



Figura 8: Als penya-segats tallats sobre les calcàries del Miocè superior hi són presents els processos càrstics (Cala Figuereta, foto J.J. Fornós).

Figure 8: Karstic phenomena are present on the Upper Miocene limestones in the Balearic coastal cliffs. (Cala Figuereta, photo J.J. Fornós).

portant gruixa de margues i gresos carbonatats que pot ser de fins a 500 m (150 a Eivissa), amb nivells de silexites i abundants dipòsits de tipus delapsional, olistòlits, esllavissades (*slumps*), etc., interpretats com a dipòsits de terbolesa (RODRÍGUEZ-PEREA, 1983), representen l'aprofundiment de la conca, o subconques, amb una típica sedimentació de talús i peu de talús, que coincideix amb la principal fase d'estructuració alpina de les Balears. Aquesta unitat turbidítica acaba amb una seqüència carbonatada cada cop més soma, formada per calcàries bioclàstiques, que afloren pràcticament només a les elevacions centrals del Pla però poden atènyer potències al voltant dels 150 m.

Els dipòsits del Miocè inferior (fora les turbidites), juntament amb les calcàries del Lias, són els que mostren les morfologies exocàrstiques més espectaculars, especialment a Mallorca on representen un percentatge major d'aflorament, de les quals destaquen els paisatges de lapiaz de la zona central de la Serra de Tramuntana (GINÉS & GINÉS, 2009). La composició juràssica (calcàries) de la major part dels còdols que formen els conglomerats del Miocè inferior, així com l'elevat grau de cimentació, fa que tinguin un comportament similar davant els fenòmens de tipus càrstic i que, per tant, en el paisatge siguin difícils de diferenciar uns nivells dels altres.

El Miocè mig enregistra les darreres etapes de l'estructuració alpina de les Illes, amb la deposició de se-

qüències clarament regressives, de tipus lacustre i palustre, amb la deposició de margues amb guixos, nivells de carbó i llenties de calcàries amb sílex, que només afloren parcialment de forma dispersa a la zona del Pla de Mallorca amb potències molt irregulars d'ordre hectomètric (RAMOS-GUERRERO et al., 1994).

Els dipòsits del Miocè superior, juntament amb els del Lias, suposen l'altre volum important pel que fa a afloraments a l'illa de Mallorca, Menorca i Formentera. El Miocè superior, format per dipòsits carbonatats, reomple les zones que envolten les àrees estructurades: les zones denominades Marines, que conformen el Migjorn de Mallorca (POMAR et al., 1992), tota la zona del Migjorn de Menorca i els sectors oriental i occidental de Formentera. A Eivissa només hi estan representats en uns petits afloraments al nord-est de l'illa, sense més importància des del punt de vista càrstic. Es tracta de dipòsits tabulars, formats per una alternança de calcarenites i calcisilitites a la base, que evolucionen a calcàries esculloses massives i calcarenites, i que acaben amb calcarenites i calcàries oolítiques en el denominat "*Complex Terminal*" (FORNÓS & POMAR, 1983). Amb potències globals que poden superar els 300 m a Mallorca, formen els penya-segats costaners de la zona meridional i oriental de l'illa. Aquests nivells representen una sedimentació carbonatada de plataforma, amb el creixement d'importants masses d'esculls de coralls,

i amb la presència de planes arenoses molt somes amb estromatòlits i afectats per una forta dinàmica marina.

El Miocè superior, encara que similar a les tres illes, mostra algunes diferències en funció dels nivells que afloren en cada cas. Així a l'illa de Menorca, hi predominen les fàcies basals més lutítiques corresponents a sistemes de barres progradants que constitueixen la major part dels afloraments, exceptuant a les zones de Ciutadella i Maó, on hi afloren els nivells escullosos superiors. A Formentera, la major part dels penya-segats dels caps de La Mola i Barberia corresponen a les fàcies d'escull i estan coronades per les calcarenites del Complex Terminal.

Per la seva potència i quantitat d'aflorament des del punt de vista areal, les calcàries del Miocè superior mostren una gran quantitat de fenòmens càrstics (Figura 8). Donada la localització a la línia de costa (Figures 1 i 3) hi destaca especialment el lapiaz litoral (Figura 9), i una gran abundància de coves i cavitats, moltes formades per processos relacionats amb el carst litoral (zona de mescla d'aigües), en les quals són presents els processos que relacionen la dinàmica càrstica i la marina, incloent-hi tots els fenòmens relacionats amb les oscil·lacions del nivell de la mar durant el Quaternari. Un exemple de tota aquesta dinàmica són, entre moltes d'altres, les famoses Coves del Drac a la part oriental de Mallorca. Aquestes calcàries mostren a més, l'afectació

per nombrosos processos paleocàrstics que han actuat des del Miocè superior fins a l'actualitat.

El Pliocè, encara que amb una important potència a Mallorca, més de 200 m (COLOM, 1985; SIMA & RAMON, 1986), pràcticament no aflora (ni a Menorca ni a Eivissa ha estat descrit). Es pot observar bé només en sondatges, essent present a les parts més deprimides del Pla, Conca de Palma i Conca d'Inca - sa Pobla. Format per calcisiltites ocre a la base, al sostre evoluciona cap a calcarenites, que s'interdigiten lateralment amb nivells detrítics formats per conglomerats. El conjunt correspon al rebliment de les zones més deprimides localitzades al peu de les serres, amb una sedimentació típicament de badia, litoral i amb la presència de cossos deltaics que acumulen els materials procedents de l'erosió de les serres. Des del punt de vista càrstic, a causa de la falta d'aflorament, no presenten morfologies de lapiaz i només s'hi han localitzat petites cavitats sense gaire importància.

Els dipòsits plio-quaternaris i quaternaris (BUTZER & CUERDA, 1962; CUERDA, 1975) consisteixen bàsicament en calcarenites, que corresponen a diversos episodis dunars relacionats amb els episodis glacials pleistocens, i a fàcies detrítics conglomeràtiques d'origen al·luvial i procedents del desmantellament de les zones més elevades. Des del punt de vista del carst destaquen només els processos de lapiaz litoral associ-

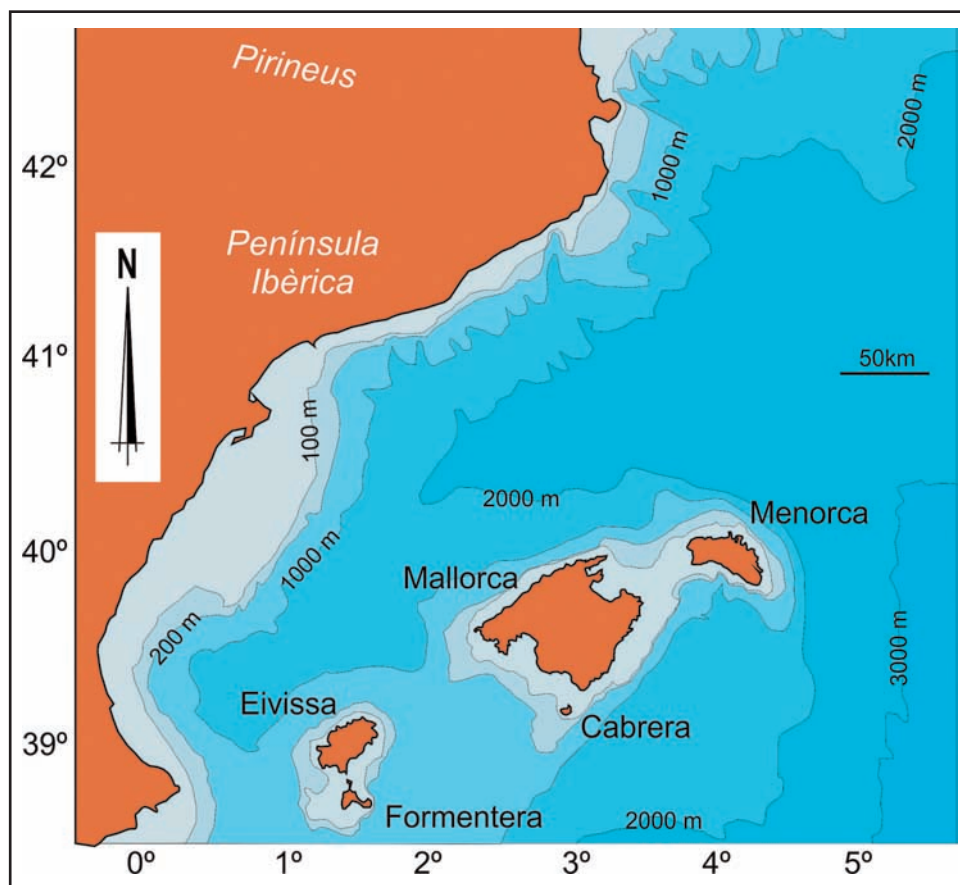


Figura 9: El lapiaz litoral presenta un gran desenvolupament als materials calcarenítics neògens, com és el cas de les eolianites pleistocenes a la zona del Mal Pas, Alcúdia. (Foto J.J. Fornós).

Figure 9: Littoral karren is well developed on neogene calcarenites, as is the case of the Pleistocene aeolianites at Mal Pas area, Alcúdia. (Photo J.J. Fornós).

Figura 10: La batimetria deixa ben clara la situació de les illes Balears sobre el denominat Promontori Balear.

Figure 10: Bathymetry reflects the location of the Balearic Islands on the so called Balearic Promontory.



ats als nombrosos afloraments d'eolianites que es donen en les zones costaneres tant de Mallorca com Menorca i les Pitiüses, especialment Formentera, on tenen un gran desenvolupament (GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2009).

Marc tectònic i geològic de les Illes Balears

Les Illes Balears constitueixen la part emergida d'una extensa zona majoritàriament submarina coneguda com el Promontori Balear. El Promontori Balear, d'orientació general NE-SW, té una longitud de 350 km i una amplada de 100 km i presenta una alçada relativa respecte els fons oceànics circumdants de entre 1.000 i 2.000 metres (Figura 10).

EL PROMONTORI BALEAR

Tant des d'un punt de vista fisiogràfic com geològic el Promontori Balear correspon a la continuació cap al NE de l'arc orogènic Bètiques-Rif. L'origen tant de l'arc com del Promontori està associat a la subducció de la llosa oceànica que estava localitzada, durant l'Oligocè i Miocè, al S de les Balears i que es troba actualment dins del mantell davall de la zona del Mar d'Alboran (SPAK-

MAN & WORTEL, 2004). De fet, aquesta subducció és encara activa a l'arc de Gibraltar (GUTSCHER *et al.*, 2002) i molts dels terratrèmols profunds de la part interna de la Serralada Bètica poden associar-se a aquesta subducció activa.

La estructura geològica de les illes és el producte d'una evolució complexa en la qual es poden diferenciar tres grans etapes: una primera etapa mesozoica bàsicament extensiva, la compressió alpina desenvolupada entre l'Oligocè i el Miocè i, finalment, l'extensió neògena i quaternària. Cadascuna d'aquestes etapes, en funció de la seva edat, intensitat i duració, ha deixat una empremta en l'actual estructura i morfologia de les illes.

A continuació es presenta la estructura geològica de les més grans de les Illes Balears, ordenades segons la seva posició geogràfica, de N a S.

MENORCA

Des d'un punt de vista tectònic, però també geològic, geomorfològic, litològic i paisatgístic, a l'illa de Menorca es distingeixen dues grans unitats: Tramuntana i Migjorn, separades per una línia imaginària d'orientació ESE-WNW que va des de Cala Morell fins a Maó. L'estructura de Tramuntana reflexa principalment l'etapa compressiva desenvolupada durant l'Oligocè superior i el Miocè inferior, mentre que l'estructura de Migjorn reflexa bàsicament l'etapa extensiva del Miocè superior i Quaternari.

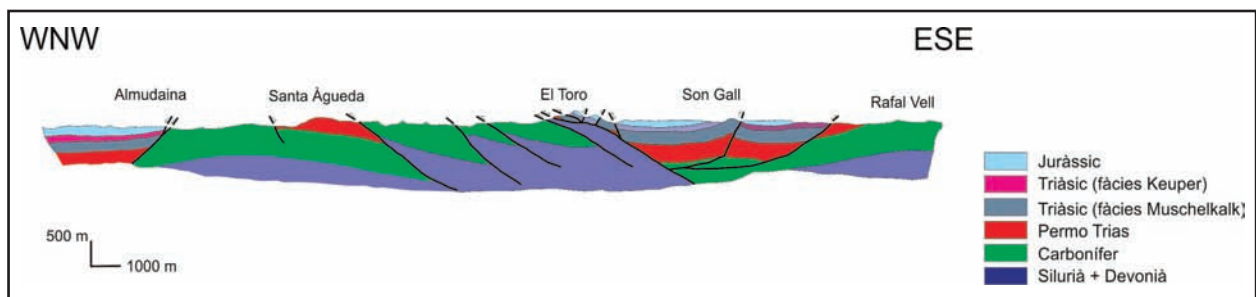


Figura 11: Tall geològic representatiu de l'estructura de l'illa de Menorca.

Figure 11: Representative geological cross-section of Menorca Island.

La zona de Tramuntana compren la meitat septentrional de l'illa i està composta per nombroses elevacions suaus amb una alçada compresa entre els 200 i els 350 metres. Aquest sector es troba estructurat en un sistema de làmines encavalcants (Figura 11) que estan recobertes de manera discordant pels materials del Miocè superior i Quaternari (BOURROUILH, 1983; OBRADOR, 1972). L'emplaçament d'aquestes làmines, que involucren materials del Paleozoic, del Mesozoic i de l'Oligocè, es va donar posteriorment a l'Oligocè i amb anterioritat al Miocè superior. L'emplaçament de les làmines està condicionat per falles extensives, d'edat mesozoica, prèvies a la compressió. Els materials paleozoics ocupen quasi la meitat de la regió septentrional i comprenen principalment pissarres, gresos i calcàries que donen lloc a petites muntanyes de formes arrodonides. Els materials mesozoics, i especialment les calcàries del Lias, donen formes més punxegudes i també algun escarpament.

La regió de Migjorn, meitat meridional de Menorca, correspon a una plataforma poc elevada i suaument inclinada cap a la mar, solcada per barrancs molt encaixats. Presenta un relleu tabular i unes costes amb penya-segats. Geològicament està constituïda per calcarenites i calcàries esculloses subhorizontals, del Miocè superior, amb una potència màxima de 400 metres. La fracturació que s'observa en el Migjorn de Menorca presenta, en el seu sector central, una direcció N, NNE o NNW, mentre que en els sectors oriental i occidental les fractures predominants tenen una orientació E, ENE o ESE. El fet de que la direcció predominant dels torrents o barrancs coincideixi, en cadascun dels sectors, amb la direcció de fracturació fa suposar que el traçat de la xarxa de drenatge en la regió meridional de Menorca estigui condicionada per l'orientació de les fractures (GELABERT *et al.*, 2005).

MALLORCA

L'illa de Mallorca està constituïda, des d'un punt de vista geològic, per un conjunt de horsts i grabens, disposats alternativament i que es corresponen respectivament amb les serres i els plans de la morfologia actual de l'illa (Figura 12). Així, de SE a NW es diferencien: 1) les serres de Llevant; 2) el pla Central, compost pel pla de Campos, les serres Centrals i els plans de Palma, Inca i sa Pobla i, finalment; 3) la serra de Tramuntana. Aquesta estructuració global en horsts i grabens, és a dir, en blocs aixecats i blocs enfonsats, ve donada per la presència de grans falles normals formades a partir de l'extensió del Miocè superior, orientades preferentment NE-SW i amb desplaçaments a vegades quilomètrics. Els plans es corresponen amb els blocs enfonsats de les falles normals i equivalen a conques amb un reblliment de materials del Miocè mig-superior i del Plio-Quaternari. Les serres corresponen als blocs aixecats de les falles normals abans citades.

La serra de Tramuntana és una alineació muntanyosa paral·lela a la costa nordoccidental de l'illa. Presenta fins a 10 cims que superen els 1000 metres d'alçada. Aquests importants relleus estan constituïts per grans masses de calcàries, dolomies i bretxes del Lias inferior disposades en làmines encavalcants imbricades cap al NW. Dins de la serra s'obren valls excavades sobre els materials més tous, margosos del Triàssic mig, del Cretaci superior o del Miocè inferior. La diferència de relleu entre el vessant NO, escarpat, i el vessant SE, més suau, s'explica per la disposició estructural dels materials, inclinats cap al SE.

Les serres de Llevant estan constituïdes per un conjunt de muntanyes de pendents suaus i formes arrodonides amb altituds més modestes que la serra de Tramuntana (màxim 560 metres). La seva estructura geològica

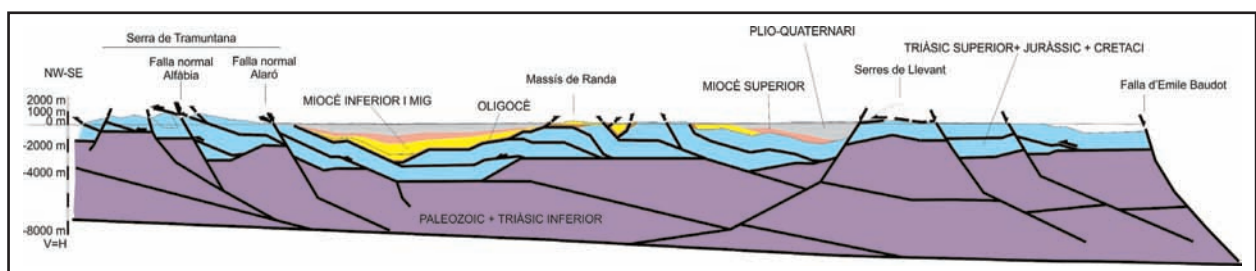


Figura 12: Tall geològic representatiu de l'estructura de l'illa de Mallorca.

Figure 12: Representative geological cross-section of Mallorca Island.

consisteix en un sistema imbricat d'encavalcaments que presenta el seu nivell de desenganxament en el Triàsic (Keuper) i té una vergència cap al NW (SÀBAT, 1986). A semblança de Tramuntana, les valls s'emporten sobre els materials més blans del Keuper, el Cretaci inferior o el Miocè inferior, mentre que els escarpaments i les zones culminants de les muntanyes s'esculpeixen sobre les calcàries del Juràssic inferior.

L'estil estructural de les serres Centrals és diferent de la resta de serres de Mallorca. Aquest fet es deu a que els encavalcaments involucren una sèrie estratigràfica més potent i apareixen nous nivells de desenganxament. El tret estructural més destacable és la freqüent disposició de materials del Paleogen per damunt de materials del Miocè inferior, els quals són especialment abundants a les serres Centrals. L'estructura bàsica consisteix en la coexistència d'encavalcaments dirigits cap al NW afectant la sèrie mesozoica i de retro-encavalcaments amb el nivell de desenganxament a un nivell estratigràfic superior (base del Paleogen). Aquest tipus d'estructura, en tascó, es reflexa amb la vergència NW dels plecs que afecten el Mesozoic i la vergència tant NW com SE dels plecs que afecten el Paleogen.

Tant les serres de Llevant com les serres Centrals estan recobertes discordantment per una plataforma escullosa d'edat Neògena superior, sobre la qual s'hi han dipositat els materials del Plio-Quaternari. Aquestes zones formen extenses plataformes solcades per torrents i truncades pels penya-segats costaners. La orientació dels torrents i penya-segats no és aleatòria sinó que està condicionada, tant a petita com a gran escala, per la fracturació post-Miocè mig, la qual presenta (com els torrents) orientacions preferents NE-SW i NW-SE (CÉSPEDES *et al.*, 2001; GIMÉNEZ *et al.*, 2002).

Els plans que ocupen l'espai entre les serres corresponen a depressions amb subsidència activa durant el Neogen superior i el Quaternari, la qual cosa produeix importants rebliments de materials del Miocè mig-superior i del Plio-Quaternari. L'espessor del rebliment varia d'un pla a un altre: des dels 300 m del pla de Campos fins als més de 1.000 del pla d'Inca.

La compressió que ha donat lloc a les serres ha estat continua en el temps, progressant cap al NW, estructurant, *grosso modo*, primerament les serres de Llevant i finalment la serra de Tramuntana. Va existir un lleuger

canvi en el sentit de transport tectònic en l'espai i en el temps. A les serres de Llevant el sentit de transport tectònic fou N310-315E (SÀBAT, 1986), mentre que a la serra de Tramuntana, el sentit d'emplaçament dels encavalcaments ha estat N322E. Aquest canvi en el sentit de transport queda reflectit en l'orientació actual de les serres a Mallorca: NE-SW per la serra de Tramuntana, NNE-SSW per les serres de Llevant.

La relaxació de l'edifici orogènic es manifesta a partir del Serraval·lià fins a l'actualitat, mitjançant el desenvolupament d'un sistema extensional caracteritzat bàsicament per grans falles normals que configuren l'actual morfologia d'alts i cubetes. L'extensió post-Miocè mig no és exclusiva de les cubetes sinó que també s'ha documentat a la serra de Tramuntana amb desplaçaments de fins a 2 km (GELABERT, 1998).

En definitiva, el relleu de l'illa de Mallorca està influenciat bàsicament per les dues darreres etapes de la seva història geològica: la compressió de l'Oligocè-Miocè mig que donà lloc a l'estructura imbricada que aflora a les serres i l'extensió Neògena i Quaternària que conforma la delimitació de serres i plans.

EIVISSA

Des del punt de vista morfològic, a Eivissa es poden diferenciar dues zones muntanyoses i dues àrees deprimides que conformen franges amb orientacions ENE-WSW, que de N a S són: serra de Es Amunts-Serra de Sant Vicent; depressió de Sant Antoni-Santa Eulària; serra de Sant Josep-Serra Grossa; i depressió de Sant Jordi-Ses Salines. Des del punt de vista tectònic, Eivissa ha estat dividida clàssicament en tres unitats tectòniques que conformen franges amb orientació NE-SW, en les quals es reconeixen plecs i encavalcaments vergents majoritàriament cap al NW (RANGHEARD, 1972; FONTBOTÉ *et al.*, 1983), encara que n'hi ha alguns de vergents cap al SE que solen estar associats a falles normals mesozoiques (Figura 13). Aquestes tres unitats són de N a S: Eivissa, Llentrisca-Rei i Aubarca. Les unitats septentrionals són l'autòcton relatiu; així la unitat d'Eivissa encavalca la de Llentrisca-Rei, i, al mateix temps aquesta encavalca la d'Aubarca. L'edat de la deformació compressiva a les Pitiüses coincideix amb

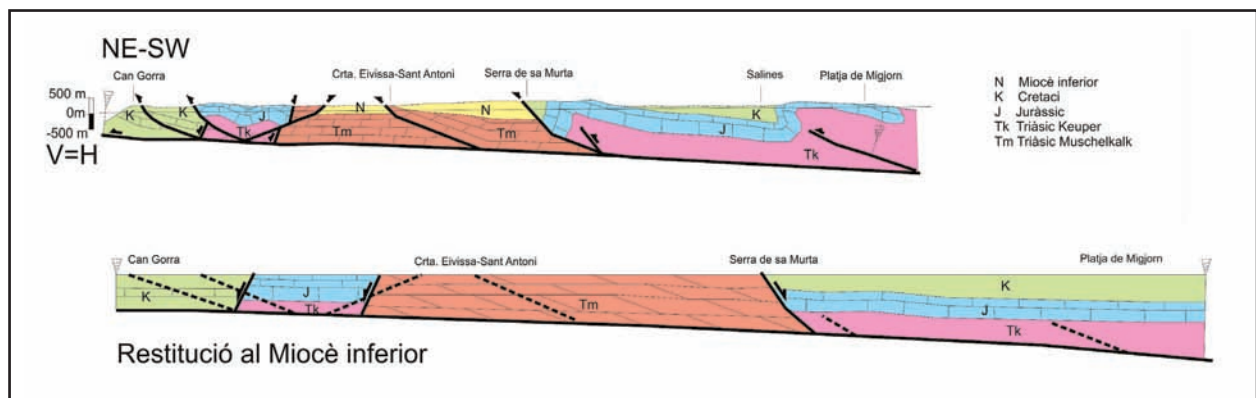


Figura 13: Tall geològic representatiu de l'estructura de l'illa d'Eivissa.

Figure 13: Representative geological cross-section of Eivissa Island.

la de la resta de les Balears, és a dir que té lloc entre finals de l'Oligocè i el Miocè mig. Després d'aquesta etapa de deformació es dipositen materials terrígens d'edat Plio-Quaternari que conformen actualment grans afloraments de zones deprimides d'Eivissa.

A les serres del nord d'Eivissa, on s'hi troben les majors elevacions de l'illa, sovintegen els penya-segats abruptes constituïts per calcàries i dolomies del Juràssic inferior i Cretaci. A la seva vegada el vessant meridional presenta pendents molt més suaus. Aquesta asimetria és el resultat del cabussament general dels materials cap al SE.

A la depressió de Sant Antoni-Santa Eulària afloren bàsicament materials detrítics del Miocè inferior i mig,

juntament amb materials triàsics. En el tall, quan es restitueixen aquests materials a la seva posició original, abans dels encavalcaments, s'observa que la seva disposició és deguda a la presència de falles extensionals anteriors als encavalcaments.

Les serres meridionals tenen una extensió menor a les del nord però és on trobem les majors elevacions de l'illa. Aquesta zona inclou l'illot de Es Vedrà. La part occidental d'aquestes serres acaba amb penya-segats orientats cap a l'oest i nord-oest i estan formats per calcàries del Cretaci superior. La part meridional i oriental presenta relleus suaus i arrodonits. Aquesta asimetria és també deguda a la vergència de les estructures.



Figura 14: Penya-segats tallats sobre les calcàries esculloses del Miocè superior a La Mola, Formentera. (Foto J.J. Fornós).

Figure 14: Vertical cliffs developed over the Upper Miocene reefal limestones at La Mola, Formentera. (Photo J.J. Fornós).

A la depressió de Sant Jordi-Ses Salines afloren bàsicament materials del Plio-Quaternari, d'ambients diversos. Aquesta depressió presenta un plec sinclinal probablement associat a falles normals del Neogen superior.

FORMENTERA

Les Pitiüses (Eivissa i Formentera) es poden considerar una sola unitat morfològica en la qual es pot diferenciar un domini nord format per Eivissa, on afloren bàsicament materials plegats per la compressió Oligo-Miocena, i un domini meridional format per Formentera i els illots del canal de Formentera, en el qual afloren materials del Miocè superior i Plio-Quaternari. Aquest fet és el responsable de que Formentera sigui, a grans trets, una illa plana (encara que amb zones topogràficament elevades), mentre que Eivissa presenti un relleu molt més irregular i abrupte.

Formentera i els illots del canal de Formentera es caracteritzen per tenir un relleu relativament pla. Formentera presenta una forma irregular relativament allargada en direcció E-W on las parts central i nord-oest constitueixen zones deprimides respecte els extrems oriental i sud-oriental. Les àrees aixecades (La Mola i Barbaria) es poden considerar petites plataformes de materials horitzontals constituïdes per fàcies esculloses del Neogen superior, les quals acaben abruptament formant penya-segats (Figura 14). A les zones deprimides afloren bàsicament sediments del Plio-Quaternari que recobreixen els materials neògens. Aquesta configuració i la mateixa morfologia de la illa poden associar-se a falles normals d'orientació NE-SW i NW-SE que es formaren en posterioritat al Miocè superior.

Agraïments

El present treball és una contribució als projectes de recerca finançats pel *Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN)*, CGL2008-05724/BTE i CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

- ÁLVARO, M. (1987): La tectónica de cabalgamientos de la Sierra Norte de Mallorca (Islas Baleares). *Boletín Geológico y Minero*, 9815: 34-41.
- ANGLADA, E. (1985): *Estudi geològic del massís de Randa (Mallorca)*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona, 111 pàgs.
- AZEMA, J.; CHABRIER, G.; CHAUVE, P. & FOURCADE, E. (1979): Nouvelles données stratigraphiques sur le Jurassique et le Cretacé du Nord-Ouest d'Ibiza (Baleares, Espagne). *Geol. Romana*, 18: 1-21.
- BARNOLAS, A. (Ed.) (1984): *Sedimentología del Jurásico de Mallorca*. Libro Guía de la Excursión. Grupo Español del Mesozoico. I.G.M.E.-C.G.S.263 pàgs.
- BEAUSEIGNEUR, C. & RANGHEARD, Y. (1968): Contribution à l'étude des roches éruptives de l'île d'Ibiza. *Bull. Soc. Geol. France*, 3 (5): 9.12.

- BOURROUILH, R. (1983): Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la Isla de Menorca y del noreste de Mallorca (Balears). *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 99: 1-672.
- BUTZER, K.W. & CUERDA, J. (1962): Nuevos yacimientos marinos cuaternarios de las Baleares. *Notas y Comun. del I.G.M.E.* 67: 25-70.
- CALAFAT, F.; FORNÓS, J.J.; MARZO, M.; RAMOS-GUERREIRO, E. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1986/87): Icnología de vertebrados en las facies Buntsandstein de Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*. 21-22: 515-520.
- CANALS, M.; SERRA-RAVENTÓS, J. & RIBA, O. (1982): Toponímia de la mar Catalano-Balear. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*. 26: 169-194.
- CÉSPEDES, A.; GIMÉNEZ, J. & SÀBAT, F. (2001): Caracterización del campo de esfuerzos neógenos en Mallorca mediante el análisis de poblaciones de fallas. *Geogaceta*, 30: 199-202.
- COLOM, G. (1947): *Estudios sobre la sedimentación profunda de las Baleares desde el Lias superior al Cenomanense-Turonense*. Inst. "Lucas Mallada" C.S.I.C. 147 pàgs. 28 làms.
- COLOM, G. (1975): *Geología de Mallorca*. Institut d'Estudis Balearics. Dip. Prov. Balears. 2 vols. Palma de Mallorca.
- COLOM, G. (1985): Estratigrafía y paleontología del Andaluciese y del Plioceno de Mallorca (Balears). *Boletín Geológico y Minero*, 96: 235-302.
- CUERDA, J. (1975): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Inst. d'Estudis Balearics. Dip. Prov. Balears. 304 pàgs. 20 làms. Palma de Mallorca.
- DARDE, B. (1925): La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Géol. France*, 25: 245-278.
- ENCINAS, J.A. (1972): Contribuyendo al estudio del karst del valle de Sant Vicenç de Pollença (Mallorca). Espeleogénesis y espeleografía. *Geo y Bio Karst*, 31: 15-22. Barcelona.
- ENRIQUE, P. (1986): Nota sobre les roques hipabissals de la Serra de Tramuntana de Mallorca: Algunes característiques petrogràfiques i geoquímiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 30: 19-50.
- ESCANDELL, B. & COLOM, G. (1960): Sur l'existence de diverses phases de plissements alpins dans l'île de Majorque. *Bull. Soc. Géol. France. Série 7*, 11(3): 267-272.
- FALLOT, P. (1922): *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Lib. Polyt. Ch. Beranger ed. 420 pàgs. Paris.
- FONTBOTÉ, J.M.; OBRADOR, A. & POMAR, L. (1983): *Islas Baleares*. En Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España, 2, 343-391.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2004): Baleares. In: VERA, J.A. (ed.), *Geología de España*. Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, p. 450-464.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L. (1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyi (Complejo Terminal). In: *El Terciario de las Baleares*. Guía de la Excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca.
- FORNÓS, J.J.; RODRÍGUEZ-PEREA, A. & ARBONA, J. (1986/87): Brechas y paleokarst en los depósitos jurásicos de la Serra de Tramuntana de Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*. 21-22: 459-468.
- FORNÓS, J.J.; RODRÍGUEZ-PEREA, A. & SÀBAT, F. (1984): El Mesozoico de la Serra de Son Amoixa (Serres de Llevant, Mallorca). *1er Congreso Español de Geología*. 1: 173-185.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Memorias del Instituto Tecnológico Geominero de España. 129 p.
- GELABERT, B.; FORNÓS, J.J.; PARDO, J.E.; ROSSELLÓ, V.M. & SEGURA, F. (2005): Structurally controlled drainage basin development in the south of Menorca (Western Mediterranean, Spain). *Geomorphology*, 65: 139-155.
- GELABERT, B.; SÀBAT, F. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1992): A structural outline of the Serra de Tramuntana of Mallorca (Balearic Islands). *Tectonophysics*. 203 :167-183.

- GIBBONS, W. & MORENO, T. (2002): *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, pp. 649.
- GÍMÉNEZ, J.; FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2002): Análisis de la fracturación de los materiales calcáreos neógenos de la costa sudoriental de Mallorca. *Geogaceta*, 31: 91-94.
- 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, 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*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje kraska ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 375-390. Ljubljana, Eslovènia.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2011): Classificació morfològica de les cavitats càrstiques de les Illes Balears. *Endins*, 35.
- 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: 49-80. Palma de Mallorca.
- GÓMEZ, D. (1987): *Estratigrafia física y petrología sedimentaria del Pérmico y Buntsandstein de la isla de Menorca*. Tesis de Licenciatura. Inédito. UAB, Depto. Estratigrafía y Geología Histórica. 117 p.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2009): Coastal karren in the Balearic islands. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (Eds.), *Karst rock features – karren sculpturing*, ZRC Publishing, Ljubljana, 40: 487-502.
- GUTSCHER, M.A.; MALOD, J.; REHAULT, J.P.; CONTRUCCI, I.; KLINGELHOEFER, F.; MENDES-VICTOR, L. & SPAKMAN, W. (2002): Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, 30: 1071-1074.
- MATAILLET, R. & PECHOUX, J. (1978): *Étude géologique de l'extrémité occidentale de la Sierra Nord de Majorque*. Tesis Doctoral, Univ. Franche-Comté.
- 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.
- MIR, F. & TRIAS, M. (1973): Sobre el karst de la Cova de sa Campana i les seves concrecions excèntriques. *III Simposium Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - Agrupació Científic Excursionista de Mataró. 53-70. Mataró, Barcelona.
- OBRADOR, A. (1972): *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la isla de Menorca*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- OBRADOR, A. (1998): Un cap d'ull a la geologia menorquina. In: FORNÓS, J.J. (ed.), *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears, p. 39-66.
- OLIVET, J.L.; BONNIN, J.; BEUZART, P. & AUZENDE, J.M. (1984): *Cinématique de l'Atlantique nord et central*. In: Rapports scientifiques. CNEX, O. 108 pàgs. Paris.
- POMAR, L.; RODRÍGUEZ-PEREA, A.; SÀBAT, F. & FORNÓS, J.J. (1990): Neogene stratigraphy of Mallorca Island. In: AGUSTÍ, J.; DOMENEC, R.; JULIÀ, R. & MARTINELL, J. (Eds.): Iberian Neogene Basins. Field Guidebook. *Paleontologia i Evolució (Mem. Esp.)*. 2: 271-320.
- RAMOS-GUERRERO, E. (1988): *El Paleógeno de las Baleares: Estratigrafía y Sedimentología*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 212 p.
- RAMOS-GUERRERO, E.; BERRIO, I.; FORNÓS, J.J. & MORAGUES, L. (1994): The Middle Miocene Son Verdera lacustrine-palustrine system (Santa Margalida Basin, Mallorca, NW Mediterranean). In: *Lake basins through space and time* (GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H. & KELT, K. eds.), Global Geological Record and Lake Basins (IGCP Project 324), AAPG, Studies Geol., 46: 441-448.
- RAMOS-GUERRERO, E.; MARZO, M.; POMAR, L. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1985): Estratigrafia y sedimentologia del Paleógeno del Sector Occidental de la Sierra Norte de Mallorca. *Rev. d'Invest. Geol.* 40: 29-63.
- RAMOS-GUERRERO, E.; RODRÍGUEZ-PEREA, A.; SÀBAT, F. & SERRA-KIEL, J. (1989): Cenozoic tectosedimentary evolution of Mallorca island. *Geodinamica Acta*, 3 (1): 53-72.
- RANGHEARD, Y. (1972): *Étude géologique des îles d'Ibiza et de Formentera (Baléares)*. Memorias del IGME, 82, 340 pp. Madrid.
- RANGHEARD, Y. (1984): The geological history of Eivissa and Formentera. En: Khubier, H., Alcover, J.A. y Guerau d'Arellano Tur (eds.), *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*, 3: 25-104.
- ROCA, E. & VERGES, J. (1989): Estudio de la evolución neógena del sector suroccidental de la Serra de Tramuntana (Mallorca). 51. *Geol. Miner. C* (5): 842-852.
- ROCA, E. (1992): *L'estructura de la Conca Catalano-Balear: Paper de la compressió i de la distensió en la seva gènesi*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 2 vols. 330 pàgs. 206 figs.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. & GELABERT, B. (1998): Geologia de Mallorca. In: FORNÓS, J.J. (ed.), *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears, p. 11-38.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. & POMAR, L. (1983): El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector Occidental). *Acta Geológica Hispànica*. 18: 105-116.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. & RAMOS-GUERRERO, E. (1984): Presencia de Paleozoico en la Sierra de Tramuntana (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat Balears*, 28: 145-148.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1992): Geologia de Mallorca. *Gran Enciclopèdia de Mallorca*, 8: 225-238.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A.; RAMOS-GUERRERO, E.; POMAR, L.; PANIELLO, X.; OBRADOR, A. & MARTÍ, J. (1987): El Triásico de las Baleares. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11: 295-321.
- ROSELL, J. & ELÍZAGA, E. (1989): Evolución tectosedimentaria del Paleozoico de la isla de Menorca. *Bol. Geol. y Min.*, 100: 193-204.
- ROSELL, J. & LLOMPART, C. (2002): *Guia de Geologia Pràctica. El naixement d'una illa. Menorca*. Institut Menorquí d'Estudis. 279 pp.
- SÀBAT, F. (1986): *Estructura geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesis Universitat de Barcelona, 128 pàgs. 2 vols.
- SIMA, A. & RAMON, X. (1986): Análisis sedimentológico y descripción de las secuencias deposicionales del Neógeno postorogénico de Mallorca. *Boletín Geológico y Minero*, 157: 445-472.
- SPAKMAN, W. & WORTEL, R. (2004): A tomographic view on Western Mediterranean geodynamics. In: CAVAZZA, W.; ROURE, F.; SPAKMAN, W.; STAMPFLI, G.M. & ZIEGLER, P. (Eds.), *The TRANSMED Atlas*, 31-52.
- TRIAS, M. (1983): *Espeleologia de les Pitiüses*. Institut d'Estudis Eivissencs. Estudis breus, 2. 59 pàgs. Eivissa.
- VERA, J.A. (ed.) (2004): *Geología de España*. Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España, pp. 884.

EL MODELAT EXOCÀRSTIC DE LES BALEARS I ELS CAMPS DE LAPIAZ DE MITJANA MUNTANYA MEDITERRÀNIA A LA SERRA DE TRAMUNTANA DE MALLORCA

per Angel GINÉS ^{1,2} i Joaquín GINÉS ^{1,2}

Abstract

The geological setting of the Balearic archipelago, largely formed of limestone rocks, and its typical Mediterranean bioclimatic conditions produce distinctive karst landforms, including surface depressions, solutional karren features and fluvio-karstic canyons. Unquestionably the most outstanding karst region of the Balearic Islands, in what concerns exokarstic features, is the Serra de Tramuntana mountain range, in Mallorca Island. Karren landforms of this region gained the early interest of naturalists already in the XIXth century; afterwards, during the XXth century, some researchers from central Europe pointed out the spectacular nature and geomorphological richness of the exokarst in the Mallorcan mountains. In the last decades a lot of literature has been devoted to surface solutional features in Serra de Tramuntana, ranging from morphological and morphometrical aspects to genetic or evolutive ones. The exokarst in the studied area is characterized by a remarkable variety of solutional landforms, arranged in extensive and spectacular karrenfields, popularly designated as *esquetjars* or *rellars*. These are the result of a wide diversity of environmental situations, basically controlled by the climatic gradients linked to the altitude (ranging from sea level to above 1,400 m). The impacts of human activity over the last 5 millennia, together with other mechanisms of natural deforestation, have produced a complex evolutionary history of the existing karrenfields within a mediterranean mid-mountain framework. Among the most characteristic karst landscapes, the mid-mountain pinnacle karrenfields intensively sculptured by small scale solutional forms (basically *rillenkarren*, *rinnenkarren* and *trittkarren*) must be highlighted. On the other hand, the highest peaks of the Serra show karren assemblages influenced by present and past cold climate conditions.

Resum

Les característiques geològiques de l'arxipèlag balear, bàsicament constituït per roques calcàries, i les seves condicions bioclimàtiques típicament mediterrànies han originat paisatges exocàrstics destacables, que inclouen depressions superficials, formes de lapiaz i canyons fluvio-càrstics. Indubtablement la regió càrstica de les Illes Balears més remarcable pel que fa a la magnitud i varietat de les seves morfologies és la Serra de Tramuntana, a l'illa de Mallorca. Les morfologies de lapiaz d'aquesta regió varen atreure l'interès dels naturalistes i geògrafs ja en el segle XIX; posteriorment, durant el segle XX, alguns investigadors centreuropeus destacaren el caràcter espectacular i la riquesa geomorfològica de l'exocàrst de les muntanyes mallorquines. Al llarg de les darreres dècades, una abundant bibliografia s'ha ocupat de les formes de dissolució superficial de la Serra de Tramuntana, abraçant des d'aspectes morfològics i morfomètrics a qüestions genètiques o evolutives. L'exocàrst de l'àrea estudiada es caracteritza per una notable diversitat de formes de dissolució, que configuren extensos i espectaculars camps de lapiaz coneguts popularment com a *esquetjars* o *rellars*. Aquests són el resultat d'una àmplia varietat de situacions ambientals, controlades fonamentalment per gradients climàtics lligats a l'altitud, la qual comprèn des del nivell marí fins a 1.400 m d'alçària. L'impacte de l'activitat humana al llarg dels 5 darrers mil·lennis, juntament amb d'altres mecanismes de desforestació natural, han produït una complexa història evolutiva dels camps de lapiaz existents emmarcada en un ambient bioclimàtic mediterrani. Entre els paisatges exocàrstics més espectaculars, destaquen els camps de lapiaz de pinacles de mitjana muntanya, intensament esculpits per formes de dissolució de petita escala (principalment *rillenkarren*, *rinnenkarren* i *trittkarren*). D'altra banda, els pics més alts de la serra mostren conjunts de lapiaz influenciats per condicions climàtiques fredes, actuals i pretèrites.

Resumen

Las características geológicas del archipiélago balear, básicamente constituido por rocas calizas, y sus condiciones bioclimáticas típicamente mediterráneas han originado paisajes exokársticos notables, que incluyen depresiones superficiales, formas de lapiaz y cañones fluvio-kársticos. Sin ninguna duda, entre las regiones kársticas de las Islas Baleares, la que más destaca en cuanto a riqueza de formas y singularidad paisajística es la Serra de Tramuntana, en la isla de Mallorca. Las espectaculares formas de lapiaz de esta área geográfica atrajeron el interés de naturalistas ya en el siglo XIX; posteriormente, durante el siglo XX, algunos investigadores centroeuropeos pusieron de manifiesto el carácter excepcional, desde el punto de vista geomorfológico, del exokarst de esta cordillera mallorquina. Durante las últimas décadas, una abundante bibliografía ha sido dedicada al relieve kárstico de la Serra de Tramuntana, abarcando desde aspectos morfológicos y morfométricos a cuestiones genéticas o evolutivas. El exokarst del área estudiada se caracteriza por una considerable variedad de formas de disolución, que configuran extensos y espectaculares campos de lapiaz, conocidos popularmente como *esquetjars* o *rellars*. Éstos son el resultado de una amplia variedad de situaciones ambientales, controladas fundamentalmente por gradientes climáticos ligados a la altitud, la cual comprende desde el nivel marino hasta 1.400 m por encima de él. El impacto de la actividad humana a lo largo de los últimos 5 milenios, junto con la actuación de otros mecanismos de deforestación natural, han producido una compleja historia evolutiva que se manifiesta en el modelado de los campos de lapiaz existentes, dentro del marco de un ambiente bioclimático mediterráneo. Entre los paisajes exokársticos más espectaculares, destacan los campos de lapiaz de pináculos de media montaña, intensamente esculpidos por formas de disolución de pequeña escala (principalmente *rillenkarren*, *rinnenkarren* y *trittkarren*). Por otra parte, las cumbres más altas de la sierra muestran conjuntos de lapiaz influenciados por condiciones climáticas frías, tanto actuales como sobre todo pleistocénicas.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

2 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció

El present treball té com a objectiu aportar una visió de conjunt de les morfologies que es troben representades a l'exocarst de les Illes Balears i donar compte dels principals trets que aquestes mostren a les distintes illes i regions càrstiques. Cal precisar que, en les pàgines que segueixen, no s'inclourà el modelat exocàrstic costaner –òbviament molt estès tot al llarg de l'arxipèlag–, ja que alguns dels seus aspectes més remarcables, com ara les cales i les microformes biocàrstiques que integren el lapiaz costaner, ocuparien una extensió excessiva i farien molt complicada l'estructuració d'aquest resum de l'exocarst balear; val a dir que el lapiaz litoral és objecte d'un treball específic en aquest mateix volum. També cal reconèixer que la importància de les formes exocàrstiques és força desigual als distintes carsts illencs, ja que només adquireix un nivell de rellevància certament excepcional en el cas de la Serra de Tramuntana mallorquina. Emperò, els afloraments de roques carstificables són tan extensos a les Illes Balears que necessàriament mereixen un tractament descriptiu bàsic que permeti avaluar les característiques més singulars que mostra l'exocarst a les distintes regions càrstiques. Per això, s'ha volgut fer, primer, una breu presentació general de l'exocarst balear des d'un punt de vista descriptiu, illa per illa i regió per regió. I, després, a la segona part –i més extensa– de l'article, s'ha focalitzat l'atenció exclusivament als camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana, per tal de documentar un dels millors exemples de zonació bioclimàtica de formes de lapiaz que s'ha pogut estudiar fins ara arreu del món.

La primera referència bibliogràfica sobre formes exocàrstiques a les Balears correspon a LOZANO (1884), opuscle dedicat a la geologia de Mallorca, on es poden trobar uns comentaris molt encertats sobre els camps de lapiaz de Lluc i Cals Reis, al terme municipal d'Escorca, i Ariant, a Pollença. Posteriorment, les distintes morfologies de l'exocarst balear –i més particularment de la Serra de Tramuntana– varen copsar l'interès de prestigiosos naturalistes i geògrafs: MARTEL (1903), de BUEN (1905), FALLOT (1922), WINKLER (1926), DARDER (1930), MENSCHING (1955), VILÀ-VALENTÍ (1961) i BÖGLI (1976 i 1980). D'altra banda, les úniques publicacions que tracten, de manera molt abreujada, del conjunt de l'exocarst balear són les de RIBA *et al.* (1976) i GINÉS & GINÉS (1989).

El modelat exocàrstic a les Illes Balears

A la Taula I es presenta, de manera molt resumida i esquemàtica, una visió general de les distintes illes i de les principals regions càrstiques de les Balears en relació a la presència i grau d'abundància dels tipus de formes càrstiques de superfície més significatius: lapiaz, dolines, grans depressions càrstiques i canyons fluvio-càrstics. Les dades que apareixen a la Taula I són ne-



Figura 1: Els lapiaz dels costers de Sa Dragonera es caracteritzen pel predomini de petites formes de dissolució que estan clarament associades a condicions climàtiques semiàrides. Els pouets de dissolució (*rainpits*) esdevenen la forma predominant en aquestes localitats (amb precipitacions per davall dels 500 mm a l'any), mentre que les estries de lapiaz (*rillenkarren*) apareixen pobrament desenvolupades

Figure 1: Typical karren features of Sa Dragonera islet are characterized by small sculpturing forms related to semi-arid climatic conditions. Whereas rillenkarren are badly developed, rainpits are the most distinctive feature in this kind of locations where precipitation amounts are lower than 500 mm per year.

cessàriament orientatives, però palesen una relativa pobresa de formes exocàrstiques remarcables, si es considera el conjunt dels carsts de les Balears i sempre que es faci excepció de la Serra de Tramuntana (que, ben al contrari, reuneix una gran diversitat de morfologies de tota mida i un impressionant repertori de camps de lapiaz). Només els carsts tabulars del Migjorn de Menorca i del Migjorn de Mallorca mostren una certa varietat de formes, però amb una incidència més aviat discreta en el paisatge i dins un context que recorda, a petita escala, al carst costaner de la península croata d'Istria. Com a tendència general per a tot l'arxipèlag, es constata que les formes de lapiaz són clarament dominants –incloent-hi les microformes de dissolució gens espectaculars dels carsts eogenètics i semiàrids– mentre que les dolines són, en canvi, poc abundants.

A les distintes regions càrstiques de Mallorca i a les petites illes que l'envolten, les formes exocàrstiques han estat objecte d'un tractament molt desigual i, a més, clarament esbiaixat en favor de la Serra de Tramuntana, que serà tractada a part en les pàgines següents. La regió que compta amb menys informació publicada és la constituïda per les Serres de Llevant, on GINÉS & GINÉS (1989) es limiten a deixar constància de la presència de lapiaz i dolines. La regió de Migjorn apareix documentada amb major extensió a DARDER (1930), ROSSELLÓ-VERGER (1964) i GINÉS & GINÉS (1995); en aquestes publicacions es reuneixen diverses dades sobre lapiaz, dolines, *barrancs* càrstics i fins i tot petits pòlies, com és el cas de Ses Comes de Son Granada. L'exocarst i el lapiaz del subarxipèlag de Cabrera, continuïtat natural de les Serres de Llevant, va ser estudiat a

GINÉS (1993). I els costers carstificats de Sa Dragonera han estat objecte més recentment d'una recerca (GINÉS, 2001) sobre la tipologia del lapiaz en condicions de clima semiàrid (Figura 1), per sota dels 500 mm de precipitació anual.

Pel que fa a l'illa de Menorca, la diferenciació entre les dues regions càrstiques, Tramuntana i Migjorn, es manifesta amb molta claredat. A la banda de Tramuntana, les calcàries i dolomies mesozoiques, que afloren principalment als voltants de la Badia de Fornells, mostren diversos exemples de dolines i lapiaz que ja varen ser documentats per MONTORIOL-POUS & ASSENS-CAPARRÓS (1957). En canvi, al Migjorn de Menorca la representació de formes exocàrstiques és més completa, i inclou, a més del lapiaz cavernós característic del carst eogenètic, dolines (GARCÍA-SENZ, 1985) i depressions càrstiques de mides molt diverses i una important sèrie de *barrancs* que es poden qualificar de canyons fluvio-càrstics (GINÉS & FORNÓS, 2004). Men-

ció a part mereixen les anomenades *basses* (FRAGA *et al.*, 2010), que quan es desenvolupen sobre substrats calcaris es poden considerar casos particulars –això sí, de grans dimensions– del que es coneixen com a *kamenitzas*, una modalitat de lapiaz ben coneguda a la bibliografia càrstica. També a distintes contrades del Migjorn mallorquí, especialment al terme municipal de Llucmajor, les *basses* constitueixen un interessant fenomen exocàrstic que encara no compta amb cap estudi de caire geomorfològic.

A les Pitiüses, el tret més destacable és l'existència de petits pòlies, com els de Corona i Albarca (Figura 2), al nord de l'illa d'Eivissa (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1953; VILÀ-VALENTÍ, 1961). Alguns altres treballs, de caràcter general (RIBA *et al.*, 1976; PRATS, 2004), fan esment així mateix de lapiaz, dolines i pòlies a la major de les illes Pitiüses. Finalment, l'illa de Formentera no presenta formes exocàrstiques ressenyables.

Regions càrstiques		Marc geològic		Formes exocàrstiques			
		materials mesozoics plegats	Miocè postorogènic	lapiaz	dolines	grans depressions	canyons fluvio-càrstics
Mallorca	Serra de Tramuntana	●		◆	◆	◆	◆
	Serres de Llevant	●		◆	◆		
	Migjorn		●	◆	◆	◆	◆
Cabrera		●		◆			
Dragonera		●		◆			
Menorca	Tramuntana	●		◆	◆		
	Migjorn		●	◆	◆	◆	◆
Eivissa		●		◆	◆	◆	
Formentera			●	◆			

◆ excepcional ◆ abundant ◆ freqüent ◆ present

Taula I: Distribució dels principals tipus de formes del carst de superfície a les distintes regions càrstiques de les Illes Balears. L'abundància relativa de cada tipologia a les regions càrstiques de l'arxipèlag apareix indicada amb diferents colors.

Table I: Distribution of the main types of exokarst landforms in the karst regions of the Balearic Islands. The relative abundance of the different landforms in the main karst regions of the archipelago is shown in the table.

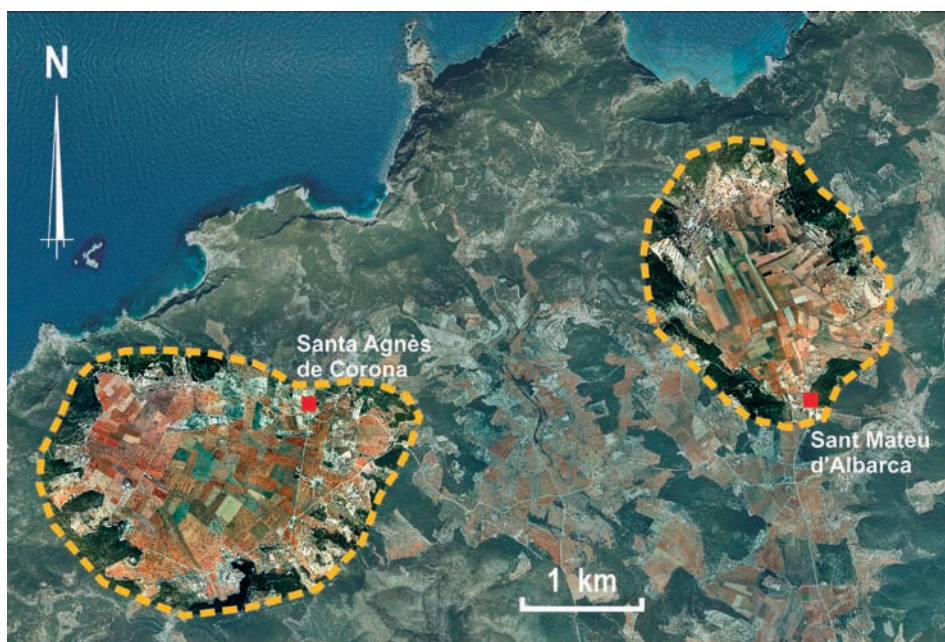


Figura 2: Les depressions càrstiques de Corona i Albarca destaquen com els millors exemples de pòlies dins el conjunt del carst balear. Ambdós pòlies es localitzen a Es Amunts, la part més septentrional de l'illa d'Eivissa. Aquesta imatge correspon al PNOA-2008.

Figure 2: The Corona and Albarca depressions stand out from the whole Balearic karst features as the best examples of polje landforms. Both are located at the northernmost part of Eivissa Island, called Es Amunts. This image corresponds to PNOA-2008.

La Serra de Tramuntana de Mallorca i els seus excepcionals exemples de lapiaz de mitjana muntanya

Condicionants geològics i bioclimàtics

La Serra de Tramuntana està situada al nord de l'illa de Mallorca i consisteix en una abrupta cadena muntanyosa, de 90 km de llarg i 15 km d'ample, allargada en direcció NE-SW (Figura 3). El seu punt més elevat és el Puig Major (1.445 m), comptant endemés amb altres catorze pics que superen els 1.000 m d'altitud. Des del punt de vista geològic està constituïda per un complex sistema de plecs i encavalcaments, originats per esforços compressius produïts des del SE cap al NW. Aquestes estructures foren el resultat d'un esdeveniment tectònic lligat a l'orogènia alpina –que tingué lloc entre l'Oligocè superior i el Miocè mitjà– de manera que involucrà un seguit de roques, la majoria d'elles carbonàtiques, que abracen des del final del Paleozoic fins al Miocè inferior (GELABERT, 1998). En termes generals, l'estructura de la serra consisteix en un conjunt de làmines encavalcants, apilades cap al NW i amb una orientació NE-SW, que integren la part emergida del que es coneix com a Promontori Baleàric, el qual és de fet una prolongació de les cadenes muntanyoses Bètiques. Les estructures compressives alpines estan cobertes discordantment per sediments postorogènics que van des del Miocè superior al Quaternari.

L'estructura geològica abans descrita, ha donat lloc a una successió d'alineacions muntanyoses, amb un relleu molt enèrgic, que presenta penya-segats en els seus vessants septentrionals i pendents relativament suaus als costers meridionals, degut al cabussament general de

les capes calcàries cap al SE. L'alternança repetitiva de calcàries i sediments margosos o argilosos subjacents, a causa dels successius encavalcaments, contribueix al característic perfil dentat asimètric que s'observa en les seccions transversals de la Serra de Tramuntana.

Els materials rocosos representats són bastant diversos (margues, argiles, gresos, guixos, roques volcàniques...) encara que, amb molt d'avantatge, el rocam calcari és la litologia dominant tot al llarg de la serra (FORNÓS & GELABERT, 1995). Específicament, els principals paisatges càrstics estan desenvolupats en calcàries micrítiques del Juràssic (Lias inferior) i en conglomerats calcaris i calcarenites del Miocè inferior (Burdigalià). Les roques d'ambdós estatges són molt semblants pel que fa a la litologia i notablement pures: el residu insoluble oscil·la entre l'1 i el 10% (generalment <2%) i el contingut en Mg és sempre <4%. Les úniques diferències entre elles són de caràcter textural; els dipòsits del Miocè inferior són molt grollers –però suportats per una matriu micrítica– en comparació amb les calcàries de gra fi del Juràssic. Les roques carstificables de la Serra de Tramuntana són mecànicament dures, presentant valors (obtinguts mitjançant el martell de Schmidt) que oscil·len entre 40 i 52.

Els materials margosos del Triàsic (Keuper) juguen un paper important en el desenvolupament del carst. En primer lloc, aquestes roques tenen una funcionalitat hidrogeològica rellevant donat que actuen com a substrat impermeable per a les circulacions hídriques subterrànies, a més de la contribució ja esmentada a la configuració estructural i topogràfica de la serra. Per altra banda, aquests dipòsits margosos subministren abundants

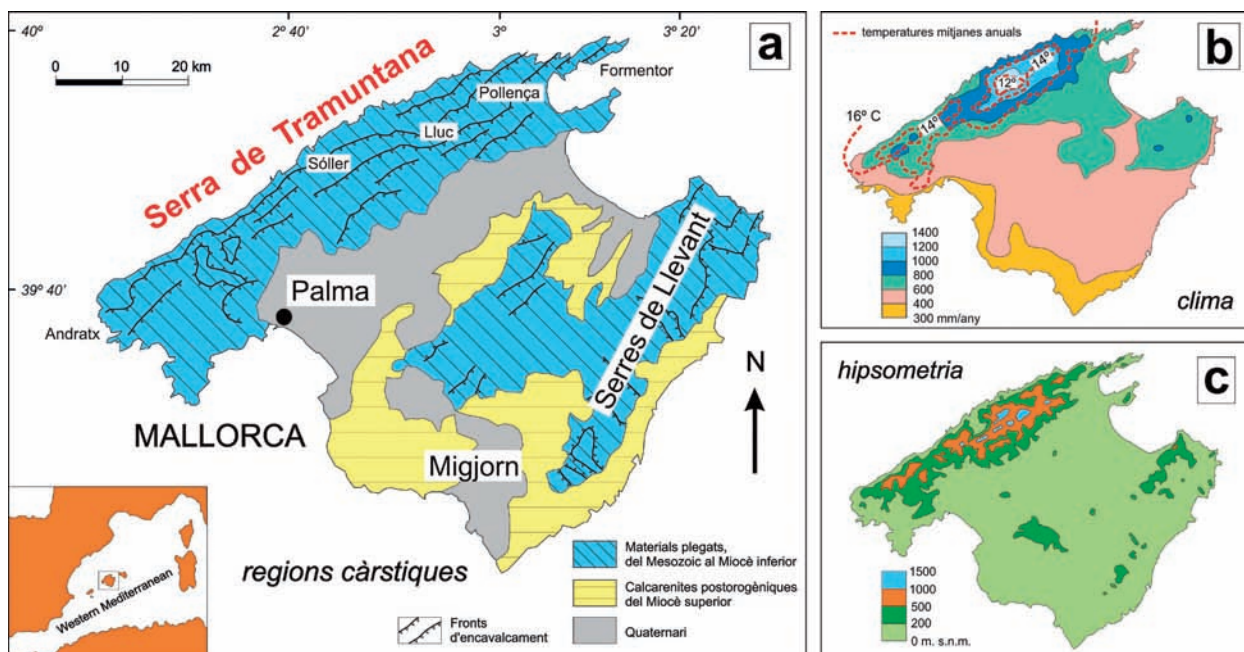


Figura 3: Informació geogràfica sobre l'illa de Mallorca.
 a: principals unitats lito-estructurals i situació de les localitats citades en el text.
 b: distribució dels valors mitjans anuals de precipitacions i temperatures.
 c: mapa hipsomètric simplificat.

Figure 3: Geographical information on Mallorca island.
 a: main Mallorcan litho-structural units and situation of sites referred to in the text.
 b: distribution of the average annual rainfall and temperature values.
 c: simplified altimetry map.

materials esmicolats i desagregats que contribueixen, amb les seves aportacions, al desenvolupament dels sòls i conseqüentment al modelat subedàfic de molts dels camps de lapiaz.

El clima de l'àrea és típicament mediterrani (GUIJARRO, 1995), caracteritzat per una important sequera estival que s'estén de juny a setembre. Les precipitacions assoleixen els 1.400 mm/any en la part central de la serra, que inclou les seves màximes altures, decreixent fortament cap a la perifèria on se situen, de manera gradual, les cotes més baixes de la cadena muntanyosa (<500 mm/any, als extrems SW i NE); amb aquesta disposició del relleu de la serra, les precipitacions mostren una distribució espacial coincident amb les cotes d'altitud (Figura 3). Les nevades són escasses i queden actualment limitades als pics més elevats, durant tan sols uns pocs dies cada hivern. Les pluges tempestuoses intenses (superiors als 250 mm en 24 hores) no són excepcionals, en particular als mesos de tardor, degudes a irrupcions sobtades de masses d'aire fred –en les parts superiors i mitjanes de la troposfera– que arriben a una mar Mediterrània molt calenta després dels mesos d'estiu.

Les temperatures mitjanes anuals van des dels 12° C, a les zones centrals de la serra, fins als 17° C d'indrets com Formentor i Andratx, situats als punts extrems de la seva perifèria. La variabilitat estacional és notable, amb temperatures mitjanes els mesos d'hivern inferiors als 10° C i temperatures mitjanes que s'apropen als 25° C durant l'estiu. En termes generals, el clima de la Serra de Tramuntana és temperat, tal i com cal esperar de la seva situació corresponent a una latitud mitjana, però modificat per l'anomalia zonal que suposa la presència de la mar Mediterrània. Dins d'aquest context, l'existèn-

cia de diferències notables en els valors de precipitacions i temperatures, lligades a l'altitud, determinen condicions microclimàtiques locals que van des d'ambients humits a semiàrids.

Els pisos de vegetació que es troben a la regió balear estan relacionats amb la variabilitat ambiental imposada pels controls macro i microclimàtics ja esmentats. Els boscos densos d'alzines (*Quercus ilex*) són la comunitat millor adaptada a les condicions relativament humides, emperò estacionalment àrides, que dominen en bona part de la serra. Els boscos discontinus de pi (*Pinus halepensis*) estan ben desenvolupats en els ambients més secs, corresponents a les altituds baixes i als indrets més perifèrics de l'àrea. Finalment, la línia de desaparició dels boscos se situa sobre els 800 m snm, cota a partir de la qual els arbres són reemplaçats, als cims carstificats, per formacions arbustives molt riques en espècies endèmiques, on hi predominen els pulvínuls espinosos del *Teucrietum subspinosi*: el denominat "pis culminal balearic".

Les terres de cultiu queden restringides als afloraments no carstificables (principalment les margues triàsiques i cretàiques), encara que també hi destaquen les espectaculars extensions de marges de pedra seca que cobreixen els vessants calcaris per tal de facilitar el cultiu de l'olivera. Degut a la presència d'extensos camps de lapiaz a la Serra de Tramuntana, l'explotació agrícola d'aquests paratges càrstics resulta minimitzada per la manca de terres cultivables. Per aquesta raó, les principals activitats humanes primàries han estat històricament la ramaderia extensiva d'ovelles i cabres, combinada amb la crema periòdica dels arbusts per tal de promoure la renovació de les pastures (GINÉS, 1999b).

Formes elementals de lapiaz a la Serra de Tramuntana

Les morfologies de lapiaz són sens dubte les formes exocàrstiques més cridaneres i ubiqües a la Serra de Tramuntana mallorquina (GINÉS & GINÉS, 1995). Particularment, les calcàries que afloren en la meitat nord-oriental de l'àrea (entre les poblacions de Sóller i Pollença) constitueixen grans extensions de roques nues (Figura 4) en les quals s'estenen espectaculars camps de lapiaz de manera continua al llarg de bastants km². Aquestes àrees de lapiaz mostren els seus millors exemples a altituds moderades (entre 200 i 600 m snm), on donen lloc freqüentment a terrenys gairebé intransitables –localment coneguts com a *esquetjars* o *rellars*– esculpits en forma de crestes agudes i pinacles separats entre sí per esclatxes profundes. El ventall de micro i mesoformes és remarcable (BÄR, 1989; BÄR *et al.*, 1986; GINÉS, 1990a, 1998; GINÉS & GINÉS, 2009), moltes de les quals han atret l'atenció dels investigadors durant les darreres dècades, tal i com s'anirà veient a continuació.

ESTRIES DE DISSOLUCIÓ I ALTRES FORMES RELACIONADES

Començant per la més simple i conspícua morfologia de dissolució, sens dubte és el *rillenkarren* la microforma de lapiaz més investigada a les muntanyes de Mallorca, essent pràcticament ubiqüa en tota l'àrea (Figura 5). No obstant això, aquesta forma de lapiaz –tal i com ha estat definida per GINÉS (1996b, 2009)– té a la Serra de Tramuntana un clar límit altitudinal que se situa al voltant dels 800 m snm. El *rillenkarren* consisteix en conjunts d'estries o petits canals rectilinis, d'amplada centimètrica, que esculpeixen les crestes dels afloraments de roca nua. Una gran quantitat de publicacions s'han ocupat de la morfometria de les estries de dissolució en aquesta

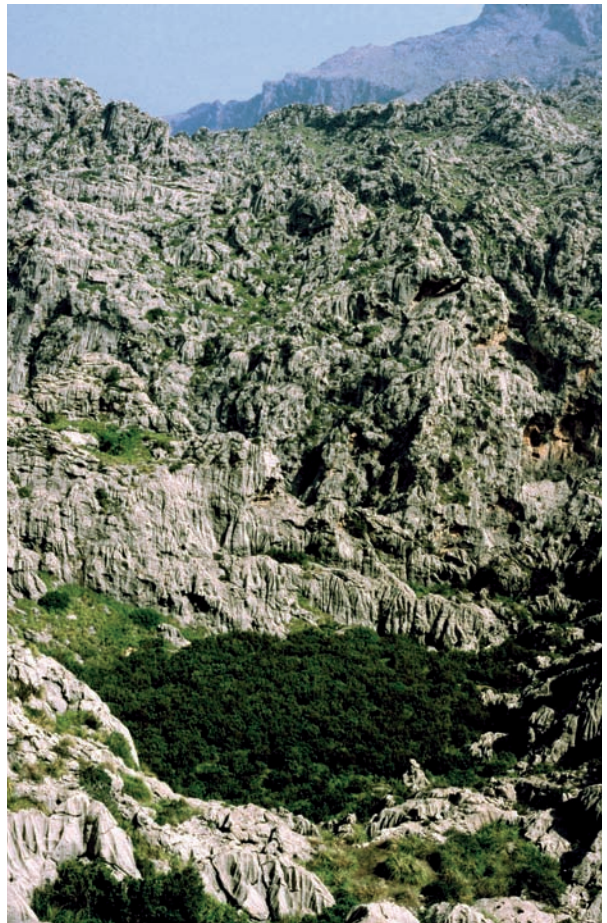


Figura 4: Aspecte típic dels extensos camps de lapiaz existents en la part central de la Serra de Tramuntana. La dolina que apareix a la part inferior de la imatge és el Clot de l'Infern, situat a prop del Torrent de Pareis, al municipi d'Escorca.

Figure 4: Typical appearance of extensive karrenfields in the heart of Serra de Tramuntana. The doline at the bottom of the image is named Clot de l'Infern, being located near Torrent de Pareis, at Escorca municipality.



Figura 5: Estries de lapiaz (*rillenkarren*) ben desenvolupades sobre calcàries del Miocè inferior, a la localitat de mitjana muntanya de Mortitx (Escorca).

Figure 5: Well developed rillenkarren features in Lower Miocene rocks at the mid-mountain site of Mortitx (Escorca).

regió (BORDOY & GINÉS, 1990; CROWTHER, 1998; GINÉS, 1990a, 1996b, 1999a; MOTTERSHEAD, 1996; LUNDBERG & GINÉS, 2009), aportant abundants dades que permeten establir límits de referència pel que fa a la mida d'aquesta forma de lapiaz. Les mitjanes dels paràmetres morfomètrics establerts per aquests autors per al *rillenkarren* de diverses localitats de la serra són les següents: l'amplada oscil·la entre 1,4 i 2,1 cm, la seva llargada es mou entre 12 i 50 cm, mentre que la fondària de les estries se situa entre 2,8 i 6,3 mm.

Alguns dels paràmetres esmentats més a dalt es mostren fortament dependents en relació a una variable molt simple: l'altitud, i la corresponent gradació climàtica que se'n deriva. Així, tant la llargada com la fondària del *rillenkarren* presenten una clara correlació negativa amb l'altitud (Figura 6), essent les estries de dissolució més curtes i menys profundes segons ens apropem al límit altitudinal dels boscos. Per altra banda, l'amplada és el paràmetre més estable (GINÉS, 1996b; LUNDBERG & GINÉS, 2009) donat que es mostra independent de l'altitud. És convenient mencionar, no obstant això, l'existència d'estries de dissolució més amples (de 2,5 a 4 cm) que el típic *rillenkarren*, les quals queden restringides als pics més alts de la serra, sempre a elevacions superiors als 800 m. Aquestes morfologies han estat interpretades com a estries de decantació (*decantation flutes*) relacionades amb les precipitacions de neu (GINÉS, 1996b), que òbviament foren més freqüents durant els esdeveniments freds del Pleistocè. En aquest treball també es fa referència a estries amples (amplada mitjana al voltant dels 2,5 cm) que es donen en condicions ambientals particulars, corresponents a boscos clarejats que presenten una coberta parcial d'alzines (*Quercus ilex*). En aquest darrer cas, la major mida de les gotes d'aigua ocasionada per la coberta forestal seria responsable d'aquesta anòmala amplada de les estries.

També han estat investigades altres propietats morfològiques i evolutives del *rillenkarren*, en particular a la molt coneguda localitat de Lluc, situada ben al cor de la Serra de Tramuntana (altitud: 520 m snm; precipitacions mitjanes anuals: >1.000 mm). Per exemple, MOTTERSHEAD (1996) estudià les variacions en la secció dels *rillenkarren* al llarg del seu perfil longitudinal, observant una correlació negativa entre la fondària de les estries i l'angle del pendent de les superfícies rocoses. Al mateix temps s'observà que la fondària s'incrementa ràpidament cap a baix a partir de les crestes de la roca –sobretot al llarg del terç superior de l'estria– decreixent després més suaument, mentre que l'amplada es manté constant en tot el perfil longitudinal; aquest fet suggereix que la taxa més elevada d'aprofundiment de l'estria es dona en la seva part superior. Per altra banda, CROWTHER (1998) va reportar una notable asimetria en les seccions transversals del *rillenkarren*, les quals semblen compostes per dues mitges seccions parabòliques independents. L'asimetria observada pot causar una migració lateral dels conjunts de *rillenkarren*, conservant malgrat això la seva forma i dimensions degut a una mena d'equilibri dinàmic.

El coneixement actual del *rillenkarren* a Mallorca posa de manifest que la seva morfometria és un indicador ambiental molt efectiu, que reflecteix de manera fidel gradients climàtics controlats per un factor merament

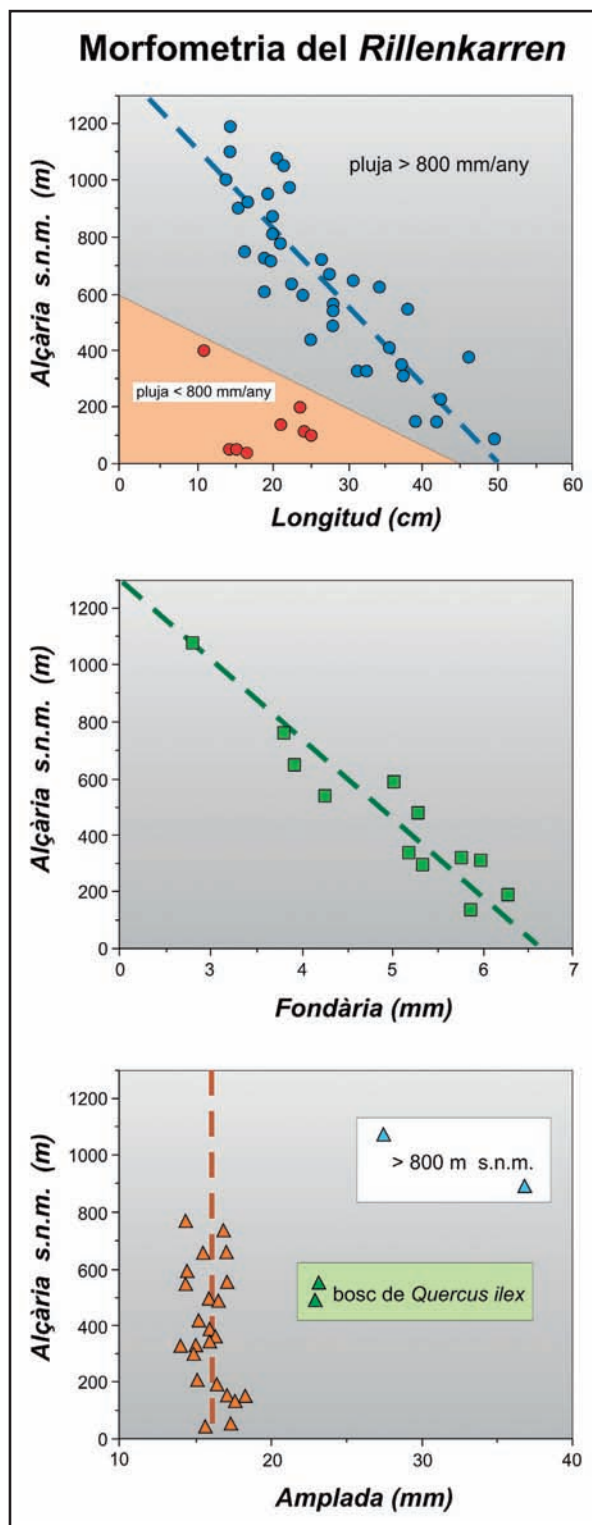


Figura 6: Paràmetres morfomètrics del *rillenkarren* a la Serra de Tramuntana, representats en relació amb l'altitud de les localitats mostrejades.

Longitud: valors mitjans de les 10 estries més llargues a les 45 localitats mostrejades. Fondària: valors mitjans a 14 localitats diferents (n=100 estries/localitat). Amplada: valors mitjans a 26 localitats diferents (n=100 estries/localitat).

Figure 6: Morphometric parameters of *rillenkarren* in Serra de Tramuntana plotted against elevation of the sampled localities.

Length: average values of the 10 longest flutes in 45 measured sites. Depth: average values from 14 different localities (n=100 flutes/site). Width: average values from 26 different localities (n=100 flutes/site).

altitudinal: l'increment de precipitacions i, molt especialment, la davallada de temperatura lligats a l'augment de l'alçària de la localitat sobre el nivell del mar (GINÉS, 1990a, 1996b, 1999a; LUNDBERG & GINÉS, 2009).

Un aspecte addicional interessant del *rillenkarren* és la participació de processos biocàrstics en el desenvolupament d'aquestes formes elementals. En aquest sentit, FIOU *et al.* (1992, 1996) demostraren que la desagregació mecànica de petites partícules de roca calcària, arrencades per l'impacte de les gotes de pluja, és un procés eficient que afecta el creixement del *rillenkarren*. Aquest mecanisme de meteorització resulta fortament afavorit per la presència d'algues que colonitzen —com a organismes endolífics— les superfícies rocoses, produint l'afebliment subseqüent de la seva estructura cristal·lina.

CANALS DE DISSOLUCIÓ I FORMES ASSOCIADES

Els canals de dissolució de diversos tipus i dimensions —generats pel flux de l'aigua sobre les superfícies calcàries, i de mida decimètrica a mètrica— són comuns allà on el lapiaz descobert configura el paisatge. La seva morfologia està fortament controlada per alguns efectes topogràfics a mitjana escala, com per exemple el pendent de les superfícies rocoses. Les morfologies més comunes són els canals que mostren seccions transversals en forma d'embut (un tipus de *rinnenkarren*), incisos en major o menor mesura en els flancs de formes majors de lapiaz com són els pinacles (Figura 7).

A la serra, els canals de dissolució que presenten un pendent superior als 35° al llarg del seu perfil longitudinal són els més comuns, assolint normalment alguns metres de llargària i fins a 0,5 m de fondària. Els *rinnenkarren* d'aquestes característiques tenen el perfil longitudinal interromput freqüentment per segments de pendent més suau (entre 5° i 20°) que poden tenir fins a 1 m² d'extensió, encara que el seu desenvolupament

en planta és relativament rectilini. Aquestes àrees més planeres dins el perfil dels canals s'assemblen bastant als *trittkarren* tal i com estan definits a la bibliografia germànica (BÄR *et al.*, 1986); no obstant això, alguns autors prefereixen parlar simplement d'esglaons o plans esglaonats, distribuïts al llarg del perfil longitudinal dels *rinnenkarren* (CROWTHER, 1997). En aquesta publicació se suggereix que petits esglaonaments evolucionen aleatòriament a partir d'irregularitats menors de les superfícies rocoses, degut a la dissolució més lenta que té lloc als segments horitzontals en comparació amb el major rebaixament que es dona als trams de major pendent. Aquest comportament és atribuït a la major gruixa de la làmina d'aigua que flueix per sobre dels esglaons horitzontals, fet que propicia un rebaixament més lent en comparació amb les parets subverticals dels canals, on la gruixa de la làmina d'aigua és menor i la dissolució més eficient.

Quan els pendents de les superfícies rocoses són menors de 30° els *rinnenkarren* estan també presents, però associats amb un increment en la sinuositat dels canals. En aquest sentit, HUTCHINSON (1996) va observar increments de 0,3 als índex de sinuositat per cada 5° de disminució del pendent dels canals; així, valors de sinuositat propers a 1,0 corresponen a canals de pendent elevada (>35°), donant-se valors al voltant d'1,5 en els *rinnenkarren* de pendents més suaus (~25°). En àrees encara més planes, HUTCHINSON (1996) descriu autèntics *mäanderkarren* en superfícies rocoses amb un pendent entre 7° i 14°.

En la gran majoria dels casos, els *rinnenkarren* observables avui en dia deriven de formes anteriors que s'iniciaren i evolucionaren parcialment sota una coberta de sòl. Aquest fet és generalitzable a l'evolució de la gran majoria de camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana (GINÉS, 1990a, 1995; GINÉS & GINÉS, 1995, 2009), tal i com es veurà més endavant. En algunes localitats particulars (per exemple, a prop de les Basses



Figura 7: Típic paisatge càrstic de la Serra de Tramuntana (Muntanya, Escorca), que popularment és designat sota el terme d'esquetjar o rellar. Aquesta agrupació característica de formes de lapiaz és una combinació de *rillenkarren*, *trittkarren*, *rinnenkarren* i *regenrinnenkarren*, esculpides als flancs de pinacles (*spitzkarren*) que emergeixen per damunt d'un bosc clarejat d'alzines. L'altitud d'aquesta localitat és de 550 m snm, i les precipitacions ultrapassen els 1.000 mm/any.

Figure 7: Typical karst landscape in Serra de Tramuntana (Muntanya, Escorca), popularly designated as esquetjar or rellar. This characteristic karren assemblage is a combination of *rillenkarren*, *trittkarren*, *rinnenkarren* and *regenrinnenkarren* features, sculpturing the ridges of pinnacles (*spitzkarren*) which emerge over a cleared holm-oak forest. Elevation of this site is 550 m a.s.l., and rainfall values surpass 1,000 mm/yr.



Figura 8: Famós pinacle de lapiaz conegut popularment com Es Camell, localitzat a les rodalies del santuari de Lluc (Escorca). Les roques calcàries són del Miocè inferior.

Figure 8: Famous camel-like pinnacle –popularly known as Es Camell– existing in the karrenfields at the surroundings of Lluc monastery (Escorca). Carbonate rocks are Lower Miocene in age.

de Mortitx, Escorca) s'observen canals de morfologia completament arrodonida (*rundkarren*) separats per crestes arrodonides de mida mètrica, que gairebé no presenten la superposició de formes de lapiaz descobertals com els *rillenkarren*. Finalment, cal assenyalar que les parets dels grans pinacles de lapiaz, i les esclatxes que els separen (*grikes*), estan intensament esculpides per diversos tipus de canals verticals i estries amples, tals com els *regenrinnenkarren* (estries de dissolució de segon ordre, segons BÖGLI, 1980) i els *wandkarren*; aquestes formes contribueixen de manera destacable a la individualització de grans piràmides o pinacles de lapiaz (*spitzkarren*).

En general, els canals estan ben desenvolupats a alçàries compreses entre els 200 i els 800 m snm, on es localitzen les millors localitats de lapiaz de la serra. A majors altituds, algunes localitats (per exemple al massís del Massanella) mostren *rinnenkarren* i *mäanderkarren*, que es desenvolupen pobrament sobre superfícies no gaire inclinades i en relació amb la fusió d'acumulacions locals de neu.

PINACLES, ESCLETXES I CAMPS DE LAPIAZ

Fora de tot dubte, els exemples de lapiaz més espectaculars de Mallorca es donen en les elevacions calcàries del municipi d'Escorca, a la part central de la Serra de Tramuntana (GINÉS, 1998; GINÉS & GINÉS, 2009). En aquesta àrea, els camps de lapiaz constitueixen paratges gairebé intransitables degut a que el desenvolupament d'un impressionant paisatge de pinacles rocosos o *spitzkarren* és la característica dominant (Figura 8). Algunes localitats destacables són, per exemple, la zona entre el santuari de Lluc i la possessió de Menut (dins un ambient d'alzinar clarejat) o d'altres indrets com Mortitx o sa Calobra (en condicions més aviat desforestades). Les localitats esmentades es localitzen sempre per davall dels 700 m snm, desenvolupant-se preferentment en els conglomerats i calcàries grolleres del Miocè inferior.



Figura 9: Espectaculars canals verticals de dissolució en les calcàries juràssiques del massís d'Es Castellots (Escorca). L'altitud d'aquesta localitat és d'uns 500 m snm.

Figure 9: Spectacular vertical runnels in Jurassic limestones from Es Castellots massif (Escorca). Elevation of this locality is around 500 m a.s.l.

Les morfologies de dissolució que configuren aquests camps de lapiaz consisteixen en grans pinacles rocosos piramidals –freqüentment de més de 100 m² de superfície i més de 5 m d'alçada– separats per esclatxes profundes, o *grikes*, les parets de les quals estan esculpides per abundants canals verticals (Figura 9). Els flancs dels pinacles estan modelats per grans canals esglaonats, com els descrits a l'apartat anterior. En detall, les crestes dels pinacles (i les crestes rocoses en general) exhibeixen un extensiu modelat a petita escala on predominen els *rillenkarren* ben esmolats, que contribueixen a crear ambients extremadament agrests i inhòspits. L'eficiència hidrològica dels camps de lapiaz d'aquestes característiques és notable, ja que les precipitacions són infiltrades gairebé totalment mitjançant fissures eixamplades per dissolució (*grikes* o *kluftkarren*). El paratge conegut com Sa Mitjania –també al municipi d'Escorca– és un exemple típic de territori amb una escorrentia superficial minimitzada per mor del desenvolupament del lapiaz, que està representat per grans pinacles modelats per formes menors de dissolució i separats entre sí per dolines, esclatxes o *grikes*, i fins i tot avencs profunds (GINÉS, 1990b). Un recent treball sobre la morfometria dels pinacles de Sa Mitjania (GINÉS

et al., 2010) ha permès descriure amb criteris estadístics les seves característiques i ha fet palesa l'existència de grans pinacles, o *penyals*, que assolixen superfícies superiors als 300 m² i altures per sobre dels 10 m.

D'altra banda, les morfologies individuals que conformen les extensions de pinacles de la Serra de Tramuntana mostren evidències clares de dissolució subedàfica (Figura 10), la qual va tenir lloc durant els estadis inicials de l'evolució d'aquests camps de lapiaz (GINÉS, 1990a, 1995, 1998; GINÉS & GINÉS, 2009). Aquesta herència subedàfica –corresponent al que també es denomina com a lapiaz subcutani o criptolapiaz– és ben evident en observar l'aparença arrodonida de les crestes que formen els pinacles emergents i, fins i tot, l'aspecte rodonenc i suavitzat de la majoria dels *rinnenkarren*. El modelat subcutani recent és encara observable al fons de les esclletxes que separen els pinacles. Aquestes herències subedàfiques resulten progressivament emmascarades, i en alguns casos s'esvaeixen gairebé del tot, en sobreimposar-se d'altres formes de dissolució pròpies de superfícies rocoses nues (*rainpits*, *kamenitzas*, *rillenkarren*, *rinnenkarren*...) tal i com ha estat descrit a la localitat de Son Marc –entre Lluc i Pollença– per part de SMART & WHITAKER (1996).



Figura 10: Formes de lapiaz remarcablement arrodonides i suaus (*rundkarren*) observables en roques del Miocè inferior a Ses Basses de Mortitx (Escorca).

Figure 10: Clearly smoothed and rounded karren features (*rundkarren*) observable in Lower Miocene rocks at Ses Basses de Mortitx (Escorca).

ALTRES FORMES MENORS DE LAPIAZ

Les formes no lineals de lapiaz estan representades per una àmplia varietat de tipologies, la distribució de les quals presenta patrons ben diferents als descrits fins ara. Per exemple, mentre la distribució geogràfica dels cocons de dissolució (*kamenitzas*) es caracteritza per la seva ubiqüitat en els afloraments rocosos relativament plans, els pouets o *rainpits* tenen una presència restringida als punts més àrids de la Serra de Tramuntana (GINÉS, 1999a; GINÉS & LUNDBERG, 2009). Concretament, els pouets centimètrics de dissolució són abundants a la perifèria de la serra (GINÉS & GINÉS, 2009), és a dir a les àrees situades a baixes altituds (<200 m snm; precipitacions anuals <700 mm) i, en particular, als seus extrems SW i NE, com és el cas del famós paratge turístic de Formentor.

Una altra microforma de lapiaz relacionada en certa mesura amb localitats àrides són els microcanals (*rillensteine* o *microrills*). Aquests canals molt fins, d'ordre mil·limètric, s'observen abundantment als extrems més secs de la serra, sovint relacionats amb l'esprai marí projectat durant les grans tempestes. No obstant això, els microcanals de dissolució (GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2009) també estan presents en condicions de major humitat (camps de lapiaz situats entre 500 i 800 m snm), emperò associats amb aportaments hídrics en forma de rosada. A altituds majors, la forta colonització per líquens pot impedir la generació de microformes de lapiaz com són els microcanals (*rillensteine*), o fins i tot estries de major mida com el *rillenkarren* (GINÉS, 1999a). Als cims més elevats, les superfícies rocoses molt inclinades o subverticals apareixen esculpides per formes transversals al flux de l'aigua (*transversal cackling patterns*), que consisteixen en patrons ondulants que resembren els *ripples*. Aquestes darreres morfologies es localitzen per damunt dels 1.000 m, amb precipitacions mitjanes anuals que superen els 1.000 mm i inclouen nevades ocasionals.

Un aspecte interessant està relacionat amb la rugositat de les superfícies de roca, un tema que fou investigat en detall per CROWTHER (1996, 1997). Aquest autor mesurà –amb una resolució aproximada d'1 mm– el que anomenava *Mean Gradient Change* (canvi mitjà del gradient) de les superfícies rocoses, trobant els valors menors de rugositat (MGC = 6°) en les mor-

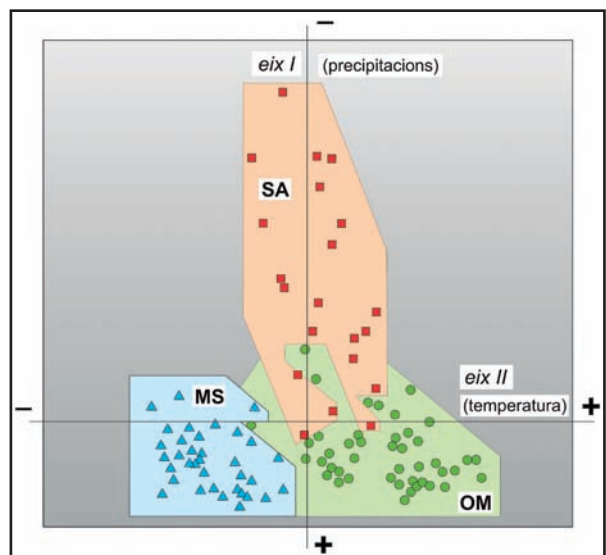


Figura 11: Resultats de l'anàlisi geoecològic factorial de les agrupacions de lapiaz de la Serra de Tramuntana, realitzat utilitzant 20 descriptors morfològics dels tipus de lapiaz, així com les espècies vegetals característiques, a 100 localitats mostrejades.

Les agrupacions que s'han pogut distingir són: **OM**: lapiaz mediterrani de mitjana muntanya; **MS**: lapiaz de la zona de cims; **SA**: lapiaz d'ambients semiàrids.

Figure 11: Results of the geo-ecological factorial analysis of karren assemblages, performed using 20 morphological karren-descriptors as well as the characteristic plant species from 100 sampled sites.

The distinguished assemblages are: **OM**: optimum Mediterranean mid-mountain karren; **MS**: mountain summits karren; **SA**: semi-arid karren.

Figura 12: Agrupació de formes de lapiaz pròpia dels cims més elevats de les muntanyes mallorquines (>800 m snm). En localitats com el Puig de Massanella (Escorca) les morfologies predominants corresponen a un tipus d'estries de lapiaz (*decantation flutes*) més amples que el *rillenkarren*, així com a esclletes aixamplades per dissolució (*kluftkarren*).



Figure 12: Typical karren assemblage of the highest summits of Mallorcan mountains (>800 m a.s.l.). At localities such as Puig de Massanella (Escorca) the predominant forms are a type of solution flute wider than *rillenkarren* (similar in some cases to *decantation flutes*) as well as *kluftkarren*.

fologies suaus com els esglaons plans (*trittkarren*) que apareixen dins dels grans *rinnenkarren*. Per altra banda, la major rugositat es dona en les formes de *rillenkarren* i *rinnenkarren*, amb valors de MGC de 8,8° i 11° respectivament; aquests valors elevats són atribuïts al flux turbulent propi dels canals i estries de dissolució, en comparació amb el flux laminar que té lloc als pendents més planers. Finalment, superfícies fortament corroïdes i caracteritzades per una microtopografia molt aspra poden ser observades a les parts més àrides de la serra, juntament amb abundants pouets (*rainpits*). En alguns indrets, aquestes superfícies de forta aspror apareixen a la zona supralitoral, associades a l'esprai marí. No hi ha moltes dades disponibles sobre la rugositat en aquests ambients costaners específics, de notable aridesa, però CROWTHER (1996) fa referència a valors alts de MGC (entre 15° i 25°) en el lapiaz supralitoral de la costa oriental de l'illa.

Les agrupacions de formes i el seu significat geocològic

L'observació dels paisatges càrstics de l'àrea estudiada permet reconèixer diverses agrupacions particulars de formes de lapiaz, la distribució de les quals exhibeix marcades regularitats (GINÉS, 1990a). Per exemple, ja ha estat assenyalat a l'abundant bibliografia existent que les morfologies de dissolució dels cims més alts de la serra són bastant diferents d'aquelles que es donen a elevacions menors, on s'assoleixen fins i tot condicions climàtiques semiàrides. En aquest sentit, qualsevol recorregut al llarg de la serra ens mostra que els camps de lapiaz millor desenvolupats es troben, en el cas de Mallorca, en unes condicions ambientals espe-

cífiques: precipitacions >800 mm/any, altitud compresa entre 200 i 700 m snm, així com d'altres factors com per exemple la presència de litologies adequades.

Una primera aproximació dirigida a definir les agrupacions de formes de lapiaz observables a la Serra de Tramuntana fou establerta per GINÉS (1996a, 1999a). L'esmentat autor va mostrejar 100 localitats, al llarg de tota la serra, utilitzant un mètode semiquantitatiu que té en consideració tant l'abundància de 20 tipus elementals de lapiaz com les espècies vegetals característiques trobades a cada localitat. Els descriptors de vegetació es varen basar en la presència/absència d'algunes espècies, considerades com a bons indicadors de la variabilitat ambiental. Les dades foren tractades mitjançant anàlisi factorial de components principals (Figura 11), i els resultats obtinguts donen suport a la distinció de les tres agrupacions principals de formes de lapiaz que es descriuen a continuació:

- 1- *Lapiaz d'ambient semiàrid*, caracteritzat per la presència de pouets de dissolució (*rainpits*), microcanals (*rillensteine*) i superfícies corroïdes irregularment; correspon a localitats que es troben als vessants exposats al sud, tot al voltant de la perifèria de la serra (normalment <200 m snm), on les precipitacions no assoleixen els 800 mm/any i les associacions de plantes xèriques són dominants.
- 2- *Lapiaz mediterrani de mitjana muntanya*, que destaca per les llargues estries i els abundants canals de dissolució (*rillenkarren* i *rinnenkarren*), juntament amb d'altres tipologies com són els *trittkarren*, *regenrinnenkarren*, etc; totes elles integrades en un espectacular lapiaz de pinacles o *spitzkarren* (Figura 7). Aquesta agrupació se situa a localitats de mitjana muntanya (200 a 800 m snm) amb precipitacions que oscil·len al voltant dels 800 a 1.000 mm/any, principalment en exposicions al sud i associada en bastants casos a boscos clarejats d'alzines.

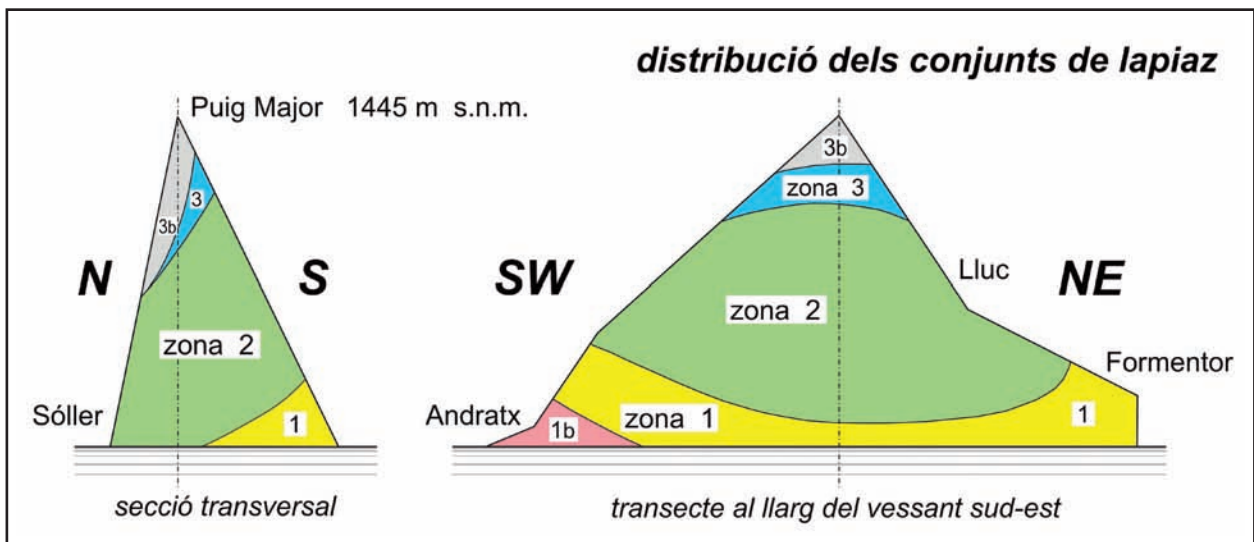


Figura 13: Distribució de les agrupacions de formes de lapiaz, representada sobre dos perfils idealitzats de la Serra de Tramuntana. 1: lapiaz semiàrid. 2: lapiaz mediterrani de mitjana muntanya. 3: lapiaz dels cims de les muntanyes. 1b: lapiaz biocàrstic semiàrid. 3b: lapiaz biocàrstic de muntanya humida.

Figure 13: Distribution of the existing karren assemblages, shown on two idealized profiles of Serra de Tramuntana. 1: semi-arid karren. 2: optimum Mediterranean mid-mountain karren. 3: mountain summits karren. 1b: semi-arid biokarstic karren. 3b: wet mountain biokarstic karren.

3- *Lapiaz de la zona culminal*, ben representat als cims de la serra (>800 m snm en exposicions nord, i >1.100 m en vessants orientades al sud), on les precipitacions assoleixen valors superiors als 1.000 mm/any incloent-hi algunes nevades hivernals. Aquesta agrupació està definida per la dominància d'estries de decantació (més amples que el *rillenkarren* típic), esclatxes eixamplades per dissolució (*kluftkarren*), formes transversal ondulants (*cockling patterns*), juntament amb uns pocs canals i exemplars de *mäanderkarren* (Figura 12). Des del punt de vista de la vegetació, aquesta agrupació de formes apareix lligada a una peculiar formació arbustiva: el que s'anomena "pis culminal baleàric".

Les agrupacions enumerades més a dalt es complementen amb dues associacions relacionades amb la variabilitat climàtica a petita escala lligada, per exemple, a diferències de temperatura i humitat entre vessants solejats i ombrejats, o a la disponibilitat de superfícies rocoses que puguin ser colonitzades pels líquens. Per tant, cal distingir dues agrupacions addicionals de formes de lapiaz caracteritzades per la meteorització biocàrstica:

- 1b- *Lapiaz biocàrstic semiàrid*, present a localitats amb precipitacions anuals inferiors als 800 mm, on mostra formes de dissolució pobrament desenvolupades i superfícies de roca colonitzades de manera extensiva per líquens xèrics, tal i com succeeix a l'àrea d'Andratx en l'extrem SW de la serra.
- 3b- *Lapiaz biocàrstic de muntanya humida*, restringit als vessants humits i ombrejats, exposats al nord, dels cims més alts de la serra (precipitacions >800 mm/any), indrets on té lloc una intensa colonització de líquens.

La distribució espacial d'aquestes cinc agrupacions de formes de lapiaz està representada a la Figura 13 utilitzant dues seccions idealitzades de la Serra de Tramuntana. Aquest diagrama ens mostra com la localització dels camps de lapiaz més espectaculars (2) correspon a les zones de la serra d'altitud mitjana; també sembla evident que els gradients climàtics relacionats amb el relleu topogràfic estan controlant la distribució de les altres agrupacions de formes de lapiaz, tant al voltant de la perifèria de l'àrea (1, 1b) com als cims més elevats de la cadena muntanyosa (3, 3b).

Evolució dels camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana

En descriure les diferents formes de dissolució representades a la Serra de Tramuntana, s'ha emfatitzat diverses vegades l'origen subedàfic de la major part dels camps de lapiaz. Aquest fet és inqüestionable en la pràctica totalitat de les situacions ambientals que es poden distingir a la serra; essent evident l'existència d'un primer estadi morfogenètic caracteritzat per un important desenvolupament de les formes de lapiaz subcutani, que s'haurien generat sota una pretèrita coberta vegetal adaptada a les condicions climàtiques regionals i locals (GINÉS, 1998, 1999a; GINÉS & GINÉS, 2009). Una fase subsegüent consistiria en l'exhumació progressiva de les morfologies de criptolapiaz, generades prèviament, com a resultat d'un balanç negatiu entre la generació i la pèrdua de sòl (GINÉS, 1995); aquest segon estadi inclou la sobreimposició d'una gran varietat de formes de dissolució desenvolupades sobre la roca nua (*rillenkarren*, *rainpits*, *kamenitzas*...).

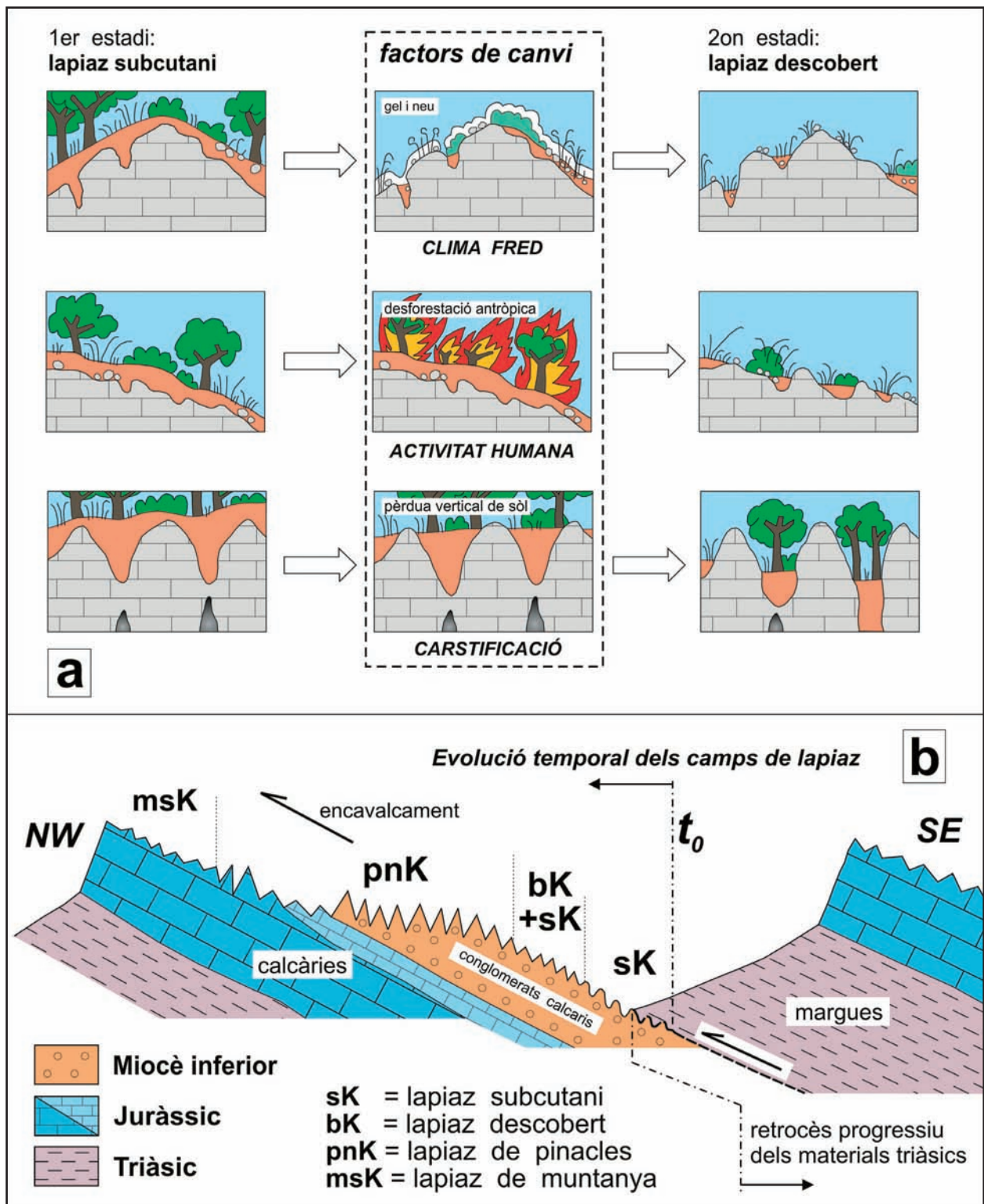


Figura 14: Patrons observats en l'evolució dels camps de lapiaz de la Serra de Tramuntana.

a: model evolutiu, en dos estadis, del desenvolupament dels camps de lapiaz i possibles factors responsables dels processos de desforestació i pèrdua de sòl.

b: distribució de les formes de lapiaz en relació amb l'erosió dels materials no carstificables del Triàssic, disposats per sobre de les calcàries en els fronts de les principals làmines encavalcants.

Figure 14: Patterns observed in the evolution of Serra de Tramuntana karrenfields.

a: two-stage model of karren development and possible factors responsible for deforestation and soil loss processes.

b: karren features distribution related to the retreat of Triassic non-karstifiable materials from above the limestone, occurring at the front of main thrust sheets.

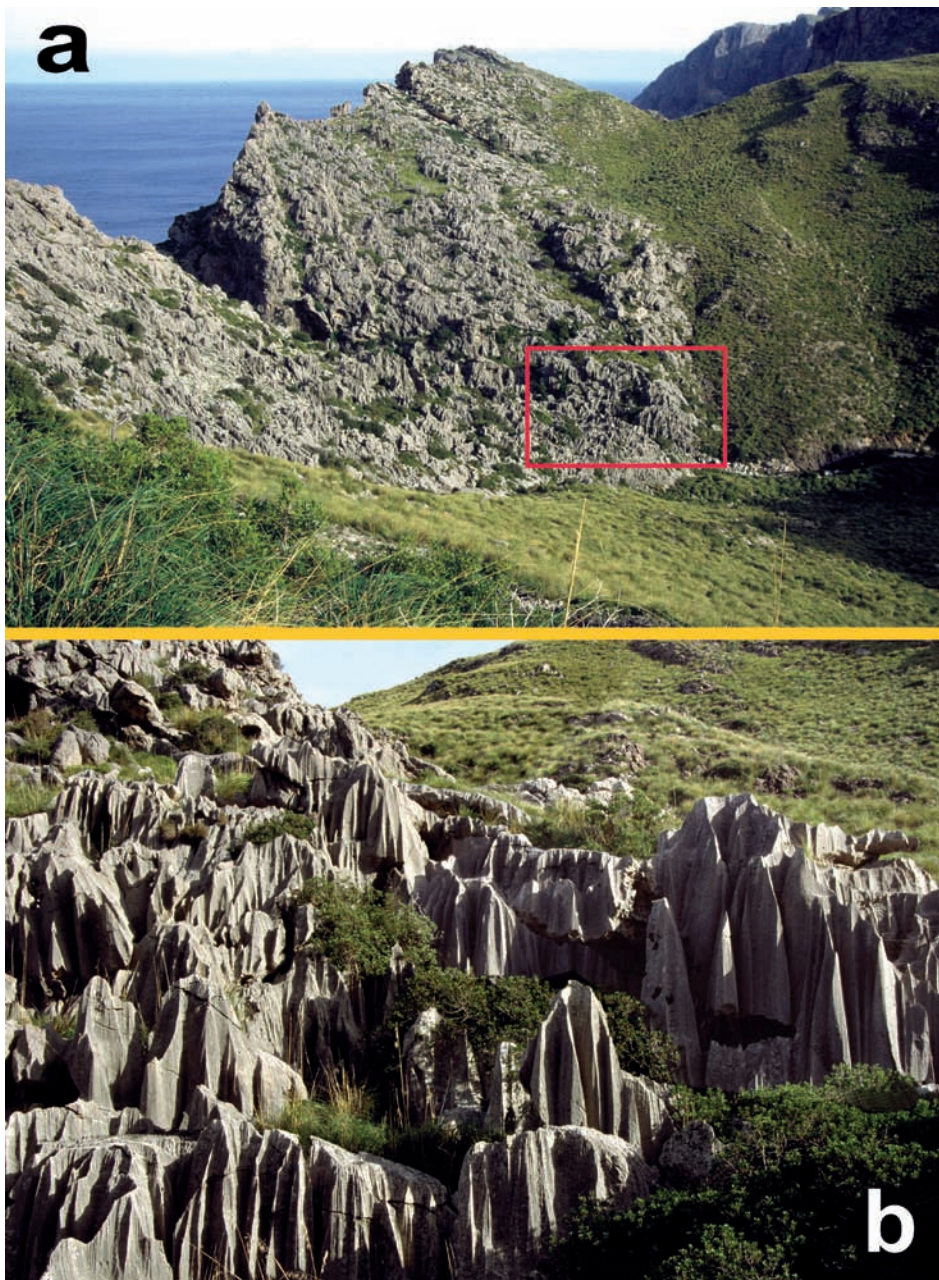


Figura 15: Evolució dels camps de lapiaz associats als fronts de les estructures de làmines en-cavalcants. Ambdues imatges corresponen a la Coma de ses Truges (Escorca).

a: pinacles desenvolupats en roques del Miocè Inferior (costat esquerre de la foto) que emergeixen progressivament a mesura que augmenta la distància en relació al contacte amb els materials margosos suprajacents del Triàsic (vessants amb carritxeres al costat dret de la foto).

b: detall del paisatge de pinacles (*spitzkarren*), corresponent al quadrat vermell de la foto superior.

Figure 15: *Karrenfield* evolution associated with the fronts of thrust sheet structures. Both images are from Coma de ses Truges (Escorca).

a: pinnacle features in Lower Miocene rocks (left side of the photo) progressively emerging with increasing distance from the contact with overlying Triassic marly materials (grassy slopes at the right side of the image).

b: detail of the resulting *spitzkarren* landscape (red square in the upper photo).

SMART & WHITAKER (1996) empraren aquest tipus d'aproximació en estudiar les agrupacions de lapiaz existents a diferents elevacions sobre el fons de la vall de Son Marc, a prop de Pollença. En aquesta localitat, el desenvolupament de l'exocarst està caracteritzat pel rebaixament diferencial de les superfícies rocoses cobertes de sòl, el qual té lloc preferentment al llarg de diaclasis subverticals que separen les crestes rocoses allargades que emergeixen per sobre dels materials edàfics. Les pèrdues de sòl lligades a la incisió dels petits cursos hídrics superficials ocasionen l'exhumació gradual de les superfícies rocoses, amb la formació d'incipients estries (*rillenkarren*) i cocons de dissolució (*kamenitzas*). Posteriorment, els canals de major mida (*rinnenkarren*) es van desenvolupant de manera progressiva als flancs rocosos inclinats o subverticals, al mateix temps que es crea un relleu ben diferenciat entre les crestes rocoses i les es-cletxes (*grikes*) on s'acumulen els materials edàfics.

En relació amb aquest model evolutiu dels camps de lapiaz, que contempla dos estadis consecutius (dissolució subcutània inicial seguida per la sobreimposició de formes de lapiaz descobert), el problema principal consisteix en deduir els factors responsables del balanç negatiu del sistema edàfic, el qual ocasiona l'exhumació continuada de les formes de criptolapiaz prèviament generades. GINÉS (1995) proposà tres causes distintes –però no excloents entre elles– que poden produir camps de lapiaz complexos, els quals comencen la seva gènesi a partir de morfologies de lapiaz subcutani o criptolapiaz, que evolucionen gradualment cap a les grans extensions de roca nua presents avui en dia a la Serra de Tramuntana (Figura 14a). Els mecanismes proposats són:

- Els períodes freds del Pleistocè podrien haver propiciat la degradació de les comunitats vegetals existents, al temps que resultava també severament da-

nyada la cobertura edàfica. El reemplaçament dels boscos per comunitats arbustives i herbàcies varen estimular la degradació natural del perfil dels sòls, en particular a les parts més elevades de la serra.

- L'activitat humana durant els darrers cinc mil·lennis ha contribuït sens dubte a la regressió dels boscos d'alzines i de pins a l'illa. La pràctica tradicional de prendre foc als arbustos, per tal de renovar les pastures per a la ramaderia extensiva, ha estat una causa històrica molt important pel que fa a la reducció de la coberta vegetal en el carst de Mallorca.
- Els espectaculars paisatges de pinacles de la part central de la Serra de Tramuntana, es poden interpretar com a resultat d'un mecanisme de "subsidiència" de la coberta edàfica i del mantell forestal en el seu conjunt, sense que aquest procés es pugui qualificar d'autèntica desforestació. Més aviat es tractaria d'una tendència general de subsidiència del bosc promoguda pel mateix procés de carstificació, el qual produiria importants pèrdues verticals de sòl a través del propi massís càrstic. D'aquesta manera, el descens simultani del sòl i de la coberta vegetal hauria estat el causant de la progressiva elevació dels pinacles de lapiaz per damunt del nivell ocupat per l'estrat arbori. En relació amb aquest darrer punt cal assenyalar que els abundants residus insolubles, que es deriven de la meteorització dels materials margosos i argilosos del Triàsic superior, juguen un important paper subministrant material de partida per a l'evolució subedàfica dels camps de lapiaz durant el primer estadi de la seva formació (Figura 15). El retrocés de les capes del Triàsic superior –que freqüentment encavalquen les calcàries del Juràssic i/o del Miocè inferior– permet l'exhumació progressiva de les formes subcutànies de dissolució i la sobreimposició de morfologies característiques del lapiaz descobert. El final d'aquesta seqüència evolutiva correspon als camps de lapiaz de pinacles que se situen a les àrees més allunyades de la coberta Triàsica, els quals romanen exposats des de fa més temps a les condicions de dissolució superficial subaèria (Figura 14b).

Conclusions

Les Illes Balears constitueixen un arxipèlag ben representatiu dels bioclims mediterranis, on abunden les litologies carbonàtiques amb tot el ventall de formes de superfície pròpies del modelat càrstic: morfologies de lapiaz, dolines i depressions en general, canyons fluvio-càrstics, etc.

Més concretament, l'exocarst és un element primordial del paisatge en el cas de l'illa de Mallorca, que inclou una important alineació muntanyosa de mitjana altitud – la Serra de Tramuntana– realment notable pels seus espectaculars paisatges càrstics. Les calcàries del Juràssic i del Miocè inferior, plegades durant l'orogènia alpina, han experimentat un intens modelat exocàrstic que ha donat lloc a extensos camps de lapiaz (els *esquetjars* o *rellars*) caracteritzats per una gran riquesa en micro i mesoformes de dissolució. La distribució i morfometria dels dife-

rents tipus de lapiaz està controlada pels gradients climàtics que existeixen a la serra, els quals estan lligats al seu torn amb l'altitud, ja que les roques calcàries es disposen des del nivell marí fins a 1.445 m d'alçària. La incidència del biocarst és remarcable, sobretot en algunes situacions ecològiques específiques: la perifèria semiàrida de la serra i, particularment, els vessants exposats al nord de les muntanyes més elevades. Els camps de lapiaz actuals han evolucionat a partir de morfologies originades sota coberta edàfica, essent més tard exhumats mitjançant diversos processos de desforestació i pèrdua de sòl, fins a originar els espectaculars paisatges de pinacles de lapiaz característics de la part central de la serralada.

La Serra de Tramuntana és una excel·lent localitat per a la investigació del lapiaz de les latituds mitjaneres, gràcies a la gran varietat de condicions ambientals que es donen, així com a l'important –encara que relativament recent– impacte humà a la nostra illa.

Bibliografia

- BÄR, W.F. (1989): Atlas Internacional del Karst. Hoja 5: Lluc / Sierra Norte (Mallorca). *Endins*, 14-15: 27-42. Palma.
- BÄR, W.F.; FUCHS, F. & NAGEL, G. (1986): Lluc / Sierra Norte (Mallorca) - Karst einer mediterranen Insel mit alpidischer Struktur (UIS International Atlas of Karst Phenomena, sheet 5). *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. 59: 27-48. Berlin.
- BÖGLI, A. (1976): Die wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen. In: Gams, I. (ed.) *Karst processes and relevant landforms*. International Speleological Union, Symposium on karst denudation. 141-149. Ljubljana.
- BÖGLI, A. (1980): *Karst hydrology and physical speleology*. Springer-Verlag. 284 pp. Berlin.
- BORDOY, M. & GINÉS, A. (1990): Observaciones morfométricas sobre la profundidad de estrías de lapiaz (Rillenkarrén) en Mallorca. *Endins*, 16: 21-25. Palma.
- BUEN, O. de (1905): *Excursiones por Mallorca. Indicaciones generales*. Imprenta de Pedro Toll. 39 pàgs. València.
- CROWTHER, J. (1996): Roughness (mm-scale) of limestone surfaces: examples from coastal and sub-aerial karren features in Mallorca. In: FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (eds.) *Karren Landforms*. Universitat de les Illes Balears. 149-159. Palma.
- CROWTHER, J. (1997): Surface roughness and the evolution of karren forms at Lluc, Serra de Tramuntana, Mallorca. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 41 (3): 393-407. Berlin.
- CROWTHER, J. (1998): New methodologies for investigating rillenkarrén cross-sections: a case study at Lluc, Mallorca. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 333-344. London.
- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársicos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33 (818): 154-156. Barcelona.
- FALLOT, P. (1922): *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Impr. Béranger. 480 pàgs. París.
- FIOL, L.; FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (1992): El rillenkarrén: un tipus particular de biocarst? Primeres dades. *Endins*, 17-18: 43-49. Palma.
- FIOL, L.; FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (1996): Effects of biokarstic processes on the development of solutional rillenkarrén in limestone rocks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 447-452. London.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca / Lithology and tectonics of the Majorcan karst. 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: 27-43. Palma.

- FRAGA, P.; ESTAÚN, I. & CARDONA, E. eds. (2010): *Basses temporals mediterrànies. LIFE BASSES: gestió i conservació a Menorca*. Institut Menorquí d'Estudis, Col·lecció Recerca, 15. 679 pàgs. Maó.
- GARCÍA-SENZ, J.M. (1985): *Estudio geomorfológico del karst del Migjorn menorquín*. Tesi de Llicenciatura. Departament de Geodinàmica Externa i Hidrogeologia. Universitat Autònoma de Barcelona. 51 pàgs. Inèdit.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geològica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Col. Memorias. 129 pp. Madrid.
- GINÉS, A. (1990a): Utilización de las morfologías de lapiaz como geoindicadores ecológicos en la Serra de Tramuntana (Mallorca). *Endins*, 16: 27-39. Palma.
- GINÉS, A. (1993): IX. Morfologies exocàrstiques. In: ALCOVER, J.A.; BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. C.S.I.C. - Editorial Moll. 153-160. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. (1995): Deforestation and karren development in Mallorca, Spain. In: BÁRÁNY-KEVEI, I. (ed.) *Environmental effects on karst terrains*. Special issue of Acta Geographica Szegediensis. Homage to László Jakucs. 25-32. Szeged, Hongria.
- GINÉS, A. (1996a): An environmental approach to the typology of karren landform assemblages in a Mediterranean mid-mountain karst: the Serra de Tramuntana, Mallorca, Spain. In: FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (eds.) *Karren Landforms*. Universitat de les Illes Balears. 163-176. Palma.
- GINÉS, A. (1996b): Quantitative data as a base for the morphometrical definition of rillenkarren features found on limestones. In: FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (eds.) *Karren Landforms*. Universitat de les Illes Balears. 177-191. Palma.
- GINÉS, A. (1998): L'exocarst 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.
- GINÉS, A. (1999a): *Morfología kárstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Una aproximación ecológica*. Unpublished Ph D Thesis. Departament de Biologia Ambiental, Universitat de les Illes Balears. 581 pp + 70 làms. Palma.
- GINÉS, A. (1999b): Agriculture, grazing and land use changes at the Serra de Tramuntana karstic mountains. *Intern. Journal Speleol.*, 28 B (1/4): 5-14. Bologna.
- GINÉS, A. (2001): *Fenòmens càrstics i delimitació de biòtops singulars a l'illa de Sa Dragonera*. Memòria del projecte d'investigació, Parc Natural de Sa Dragonera. 27 pàgs + 60 fotos. Inèdit.
- GINÉS, A. (2009): Karrenfield landscapes and karren landforms. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 13-24. Ljubljana, Eslovènia.
- 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.
- GINÉS, A. & LUNDBERG, J. (2009): Rainpits: an outline of their characteristics and genesis. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 169-183. Ljubljana, Eslovènia.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. & MIRALLES, P.M. (2010): Anàlisi morfològica del karst de pinacles mediterrani de sa Mitjania (Escorca, Mallorca). *Endins*, 34: 109-124. Palma.
- GINÉS, J. (1990b): El modelat càrstic de sa Mitjania (Escorca, Mallorca). *Endins*, 16: 17-20. Palma.
- GINÉS, J. & FORNÓS, J.J. (2004): 16. Caracterització del karst del Migjorn: la seva contribució al modelat del territori. In: FORNÓS, J.J.; OBRADOR, A. & ROSSELLÓ, V.M. (eds.) *Història natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 11: 259-274. 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 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*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 375-390. Ljubljana, Eslovènia.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2009): Microrills. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 73-84. Ljubljana, Eslovènia.
- GUIJARRO, J.A. (1995): Aspectes bioclimàtics del karst de Mallorca / Bioclimatic aspects of karst in Mallorca. 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: 17-26. Palma.
- HUTCHINSON, D.W. (1996): Rinnens, rinnenkarren and mäanderkarren: form, classification and relationships. In: FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (eds.) *Karren Landforms*. Universitat de les Illes Balears. 209-223. Palma.
- LOZANO, R. (1884): *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca*. Excma. Diputación Provincial de Baleares. Imprenta de la Casa de Misericordia. 68 pp. Palma.
- LUNDBERG, J. & GINÉS, A. (2009): Rillenkarren. In: GINÉS, A.; KNEZ, M.; SLABE, T. & DREYBRODT, W. (eds.) *Karst rock features. Karren sculpturing*. Zalozba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9: 185-210. Ljubljana, Eslovènia.
- MARTEL, E.A. (1903): Les cavernes de Majorque. *Spelunca*, 5 (32): 1-32. París.
- MENSCHING, H. (1955): Karst und Terra-Rossa auf Mallorca. *Erdkunde*, 9: 188-196. Bonn.
- MONTORIOL-POUS, J. & ASSENS-CAPARRÓS, J. (1957): Estudio geomorfológico e hidrogeológico del karst de la península de s'Albufereta (Fornells, Menorca). *Rass. Esp. Italiana*, 9 (1): 3-48. Como, Itàlia.
- MOTTERSHEAD, D.N. (1996): A study of solution flutes (Rillenkarren) at Lluc, Mallorca. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl. 103: 215-241. Berlin.
- PRATS, J.A. (2004): Al nord, es Amunts: geografia física. In: MARÍ, M. (ed.) *Es Amunts d'Eivissa: vida, cultura i paisatge*. Grup d'Estudis de la Naturalesa - GOB Eivissa: 25-35. Eivissa.
- RIBA, O.; de BOLÒS, O.; PANAREDA, J.M.; NUET, J.M. & GOSÀLBEZ, J. (1976): *Geografia Física dels Països Catalans*. KETRES editora. 226 pàgs. Barcelona.
- ROSSELLÓ-VERGER, V.M. (1964): *Mallorca, El Sur y Sureste*. Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación de Palma de Mallorca. Gráficas Miramar. 553 pàgs. Palma de Mallorca.
- 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.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1953): Resultados de una campaña geoespeleológica en la isla de Ibiza (Baleares). *Speleon*, 4 (3-4): 219-256. Oviedo.
- VILÀ-VALENTÍ, J. (1961): El polje de Santa Inés o Corona (Ibiza). *Speleon*, 12 (1-2): 55-65. Oviedo.
- WINKLER, A. (1926): Morphologisch-Geologische Beobachtungen auf Mallorca. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 2: 171-183. Leipzig, Alemania.

EL KARREN LITORAL A LES ILLES BALEARS

Lluís GÓMEZ-PUJOL^{1,2,3}, Joan J. FORNÓS³ i Francesc POMAR³

Abstract

Coastal exokarstic landforms are quite common features at the Balearic Islands, owing to the presence of extensive coastal limestone outcrops as well as to the suitable hydrodynamic and bioclimatic environment that promotes the development of karst processes. Pinnacles, basin pools, pits and notches, among others, can be seen, especially in the south and southeastern coast of Mallorca, the southern coast of Menorca and all around Formentera. Otherwise the presence of coastal karren in northern Mallorca, Menorca and Eivissa is less prominent due to lithology. Coastal karren at Balearic Islands are quite remarkable because of their morphological variety and occurrence on different rock types, but also as a subject of study on the effect of hydrodynamic gradients and the precipitation and temperature settings or on the biological influence in karst processes. Coastal karren together with plunging cliffs and Quaternary aeolianites exploited as rock quarries are the foremost representative feature of Balearic Islands coastline.

Resum

Les formes exocàrstiques típiques dels ambients costaners estan molt ben representades a les Illes Balears, a causa del predomini de les roques calcàries al llarg de la seva línia de costa i també arran de les condicions hidrodinàmiques i bioclimàtiques que han contribuït a la seva carstificació. Pinacles, cocons, microalvells i entalladures, entre d'altres, són presents especialment al Llevant i Migjorn de Mallorca, al Migjorn de Menorca i a Formentera. La seva presència és menys abassegadora per qüestions litològiques al nord de Mallorca i Menorca i en el retall de les costes eivissenques. El desenvolupament d'aquest particular micromodelat sobre rocams de diferents propietats i edats, exposicions a l'onatge o zones amb diferent pluviositat i temperatura, ofereix la possibilitat d'estudiar els gradients hidrodinàmics i el control litològic, a més a més de la influència biològica, sobre la configuració i tipologia dels conjunts de karren litoral. Juntament amb els penya-segats estructurals i les dunes plio-quadernàries adossades a la línia de costa i la seva explotació en forma de pedreres de marès, el karren litoral és un dels trets més representatius i característics del litoral de les Balears.

Resumen

Las formas exokársticas típicas del medio costero están bien representadas en las Islas Baleares como consecuencia del predominio de los roquedos calcáreos a lo largo de su línea de costa, así como de las condiciones hidrodinámicas y bioclimáticas que han contribuido a su karstificación. Pináculos, pozas, microalveólos y entalladuras, entre otros, aparecen especialmente en el S y SE de Mallorca, el S de Menorca y el conjunto de Formentera. Su presencia en las costas norte de Mallorca y Menorca por cuestiones de litología es de menor envergadura y aparecen también a retazos en la costa de Eivissa. El desarrollo de este micromodelado particular sobre roquedos de diferentes propiedades y edades, exposición al oleaje y zonas con diferente pluviosidad y temperatura, ofrece la posibilidad de estudiar los gradientes hidrodinámicos y el control litológico, así como la influencia biológica, sobre la organización y tipología de conjuntos de karren litoral. Junto con los acantilados estructurales, las dunas cuaternarias adosadas a la línea de costa y su explotación como canteras, el karren litoral es uno de los elementos más representativos y característicos del litoral de las Baleares.

Introducció

El micromodelat de les costes rocoses carbonatades resulta de la interacció entre diferents processos i agents, motiu pel qual les formes que s'hi observen no sempre tenen una naturalesa estrictament càrstica en

l'accepció clàssica d'aquest mot (JENNINGS, 1985). Així doncs, sota l'epígraf de karren litoral, karren costaner o a tot estirar karren marí, s'acostuma a agrupar el conjunt de microformes d'alteració (de l'ordre mil·limètric al mètric) que apareixen de la zona interlitoral a la supralitoral de les costes rocoses, i que es perllonguen fins a l'àrea de declivi dels processos marins enfront dels pròpiament terrestres i en les quals la dissolució juga un paper important. Queden, doncs, fora d'aquesta definició, entre d'altres, formes com les marmites, les plataformes litorals o les construccions organògenes.

- 1 IMEDEA (CSIC-UIB), Institut Mediterrani d'Estudis Avançats, Miquel Marqués 21, 07190 Esporles
- 2 ICTS SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System, Parc Bit, Edifici Naorte, 07012 Palma
- 3 Karst & Littoral Geomorphology Research Group, Universitat de les Illes Balears, Cra. Valldemossa km 7.5, 07012 Palma

Totes elles, tan estretament lligades als ambients que es consideren. No obstant això, treballs recents (FIOL *et al.*, 1996; MOSES, 2003; VILES, 1995) posen de manifest la importància dels agents biològics, des de cianobacteris a gastròpodes, en els processos d'alteració del rocam calcari, tot parlant de biocarst o de processos biocàrstics o fitocarst (VILES, 1988a). Aquesta situació és particularment important a les costes carbonatades on la superfície presenta un grau intens de colonització i on l'aportació d'aigua, tant per la pluja com per les onades, no pot ser menystinguda.

Les costes rocoses són característiques, per no dir dominants, del perímetre litoral de les Illes Balears. Estan associades a canvis bruscs de la batimetria i poques vegades la isòbata de -20 m es troba a distàncies majors de 500 m respecte de la línia de costa. La forma dels penya-segats està relacionada amb la disposició i característiques de les unitats morfoestructurals de cada illa, condicionades per l'estructuració neògena distensiva en forma de grans blocs aixecats i enfonsats (horsts i grabens). Els penya-segats aplomats són típics dels vessants marítims dels horsts, mentre que els grabens donen redós a albuferes i sistemes platjadauna (GÓMEZ-PUJOL *et al.*, 2007). Els relleus tabulars, adossats als principals horsts i grabens, estan delimitats per falles lístriques d'edat Miocè superior–Quaternari (GELABERT, 1998) que es tradueixen a la línia de costa en penya-segats verticals d'altures mitjanes i baixes. Així doncs, a mode d'instantània, les costes rocoses de les Balears presenten perfils aplomats o composts tallats en materials del Paleozoic fins al Miocè superior (SERVERA, 1999; ROSSELLÓ, 2004; BALAGUER,

2007). L'alçària dels penya-segats varia, localment, de 3 a 30 m, i es perllonga mar endins entre 3 i 5 m. Als afloraments plegats, les plataformes litorals i el karren litoral apareixen a mode de pegats quan l'estructura i la litologia ho permeten (Fig. 1). Quan hi afloren les roques carbonatades del Miocè superior, els penya-segats presenten un perfil esglaonat relacionat, d'una banda, amb la disposició tabular i geometria dels estrats de les unitats del Miocè superior, així com de les seves propietats geomecàniques (POMAR & WARD, 1999; POMAR *et al.*, 2003) i, d'altra banda, amb les formes heretades d'antics nivells marins del Plistocè (BUTZER, 1962). El tram final d'aquests penya-segats, a tocar de la ribera, cau en vertical amb façanes de 3 a 30 m. Per la seva banda, les plataformes litorals, tot i que amb una distribució discontinua, són més freqüents als afloraments de materials postorogènics que no pas als plegats. De la mateixa manera, els conjunts o dispositius de karren litoral, són força comuns en els afloraments carbonatats del Miocè superior, així com a les eolianites quaternàries que s'hi adossen (Fig. 1).

En aquestes pàgines es procurarà aportar informacions sobre les característiques i l'origen del micromodelat de les costes rocoses calcàries de les Balears, després d'una breu revisió bibliogràfica dels coneixements disponibles i d'una descripció dels principals grups de formes que integren aquest tipus de modelat: pinacles, cocons o microalvàols entre d'altres... Juntament amb els comentaris referents a cada un, s'inclouran descripcions més detallades dels exemples de formes més representatius i dels cicles evolutius que contribueixen a explicar la seva configuració.

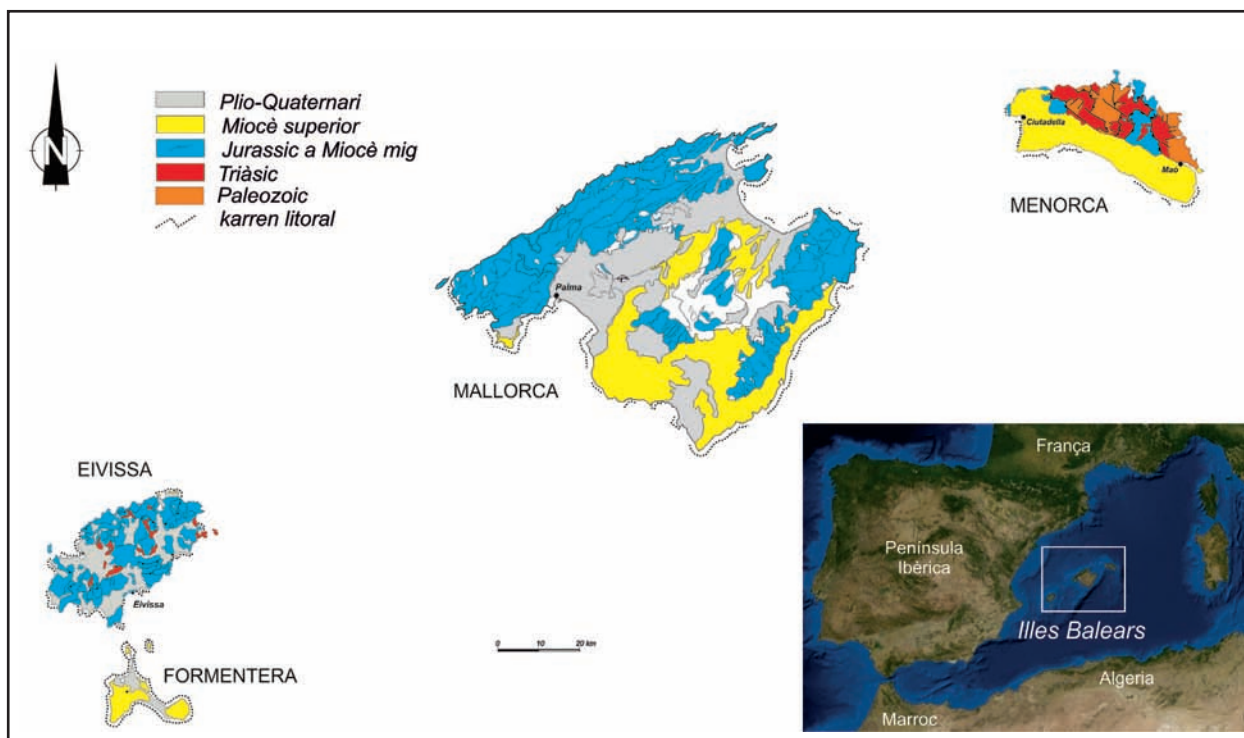


Figura 1: Croquis geològic i localització dels sectors de la costa amb abundants formes de karren litoral a les Illes Balears.

Figure 1: Location inset and geological sketch of Balearic Islands. Dotted line indicates coastline with conspicuous coastal karren features.

Estat actual dels coneixements

L'estudi del micromodelat de les costes calcàries, tot i que no compta amb una tradició consolidada, no és pobre en contribucions. Des dels treballs de WENTWORTH (1939), un dels primers científics que aborden aquestes formes del relleu costaner, l'aproximació a l'estudi del karren litoral ha canviat significativament en els seus continguts i objectius (LUNDBERG, 2009). Així, n'hi ha que centren els seus objectius en la descripció de les formes i la seva organització espacial (EMERY, 1946; CORBEL, 1952; GUILCHER, 1953; DALONGEVILLE, 1977; MAZZANTI & PAREA, 1979; SANJAUME, 1985), mentre que d'altres dediquen els seus esforços a identificar i entendre els processos i els agents que operen a les costes carbonatades (FOLK *et al.*, 1973;

SCHNEIDER, 1976; TRUDGILL, 1976a i 1979; VILES *et al.*, 2000; LUNDBERG & LAURITZEN, 2002; MOSES, 2003; GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2009a; MYLROIE & MYLROIE, 2009).

A les Illes Balears, i en especial a Mallorca, el primer treball que considera el karren litoral és el de WALTER-LEVY *et al.* (1958). El seguirien observacions breus de BUTZER (1962), BUTZER & CUERDA (1962) i GINÉS (2000) en el marc dels seus treballs d'estratigrafia i geocronologia quaternària. El primer article que aborda, en exclusiva, aquest tipus de formes és el de ROSSELLÓ (1979), qui intenta avaluar la tipologia i l'organització de les formes, a la vegada que assaja de calcular-ne una taxa de denudació d'acord amb els treballs previs dels quaternaristes. Posteriorment, apareixen altres treballs que posen l'èmfasi en la relació entre les formes del karren litoral i els processos bioerosius (KELLETTAT, 1980,

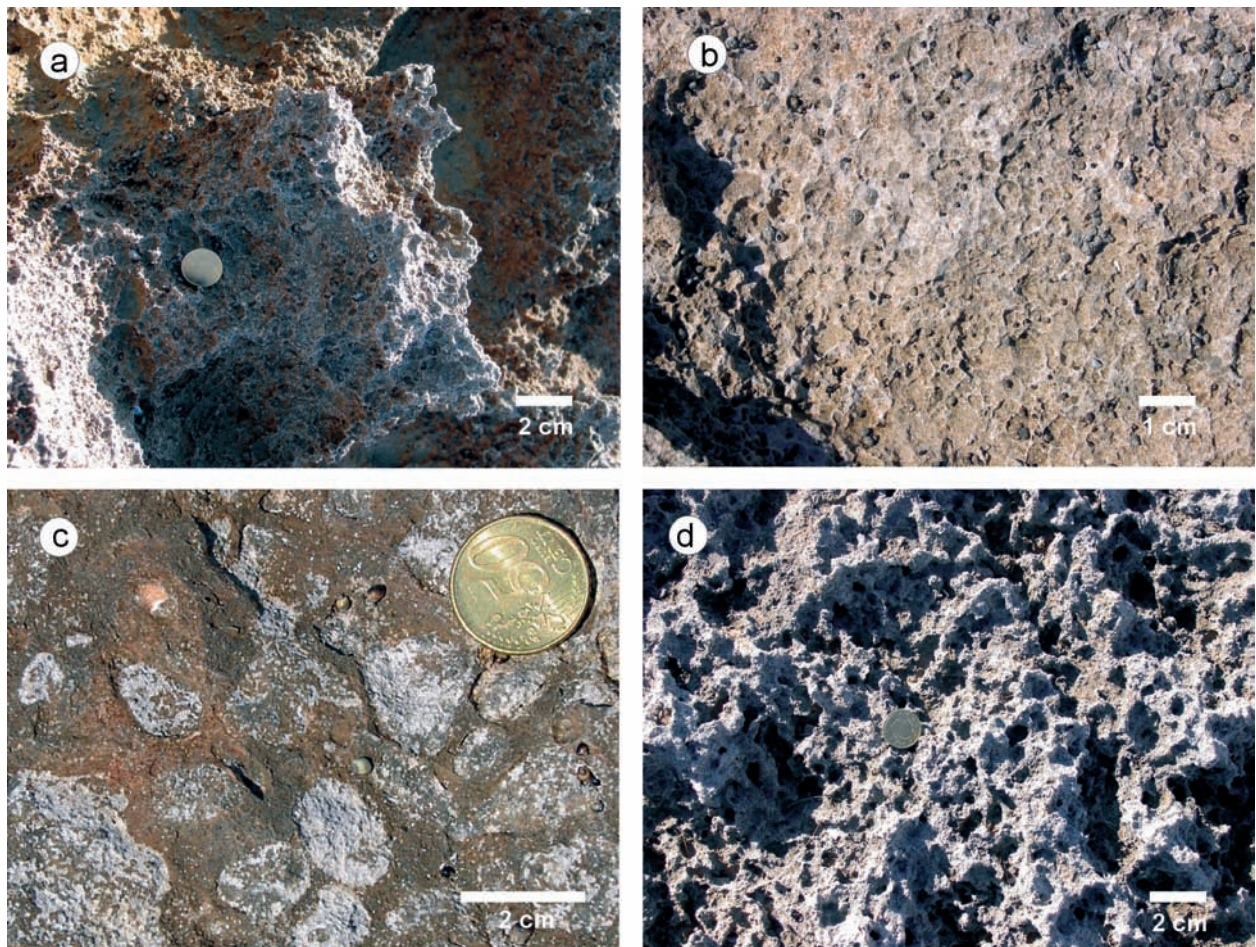


Figura 2: Alvéols i microalvéols. a i b) Superposició de microalvéols a sobre i dins les concavitats d'alvéols sobre les eolianites quaternàries de Cala Blava (Llucmajor, Mallorca) i Son Bauló (Santa Margalida, Mallorca). Molts dels microalvéols apareixen ocupats per exemplars de *Melaraphe neritoides* i *M. punctata*. c) Alvéols i microalvéols poc desenvolupats a les eolianites quaternàries de Cap Salines (Ses Salines, Mallorca). Es pot apreciar com a l'interior dels alvéols la colonització per microflora és menor que a l'exterior, a la vegada que també es pot observar una microrugositat del seu fons que coincideix amb l'acció brostejadora dels individus de *Melaraphe neritoides* que apareixen a la fotografia. d) Alvéols relacionats amb la textura i fàcies de les calcàries algals –rodolits– del Miocè superior de la Punta de n'Amer (Sant Llorenç, Mallorca).

Figure 2: Pits and micropits. a and b) Coalescent micropits hosting individuals of *Melaraphe neritoides* and *M. punctata* developed on Quaternary aeolianites at Cala Blava (Llucmajor, Mallorca) and Son Bauló (Santa Margalida). c) Pits and micropits at Cap Salines (Ses Salines, Mallorca). Notice that biofilm colonization is more intensive at the interior of pits than outside. At the same time there are visual evidences of the effect of *M. neritoides* grazing activity. d) Pits related to the texture and algal nature (rodoliths) of Upper Miocene outcrops at Punta de n'Amer (Sant Llorenç, Mallorca).

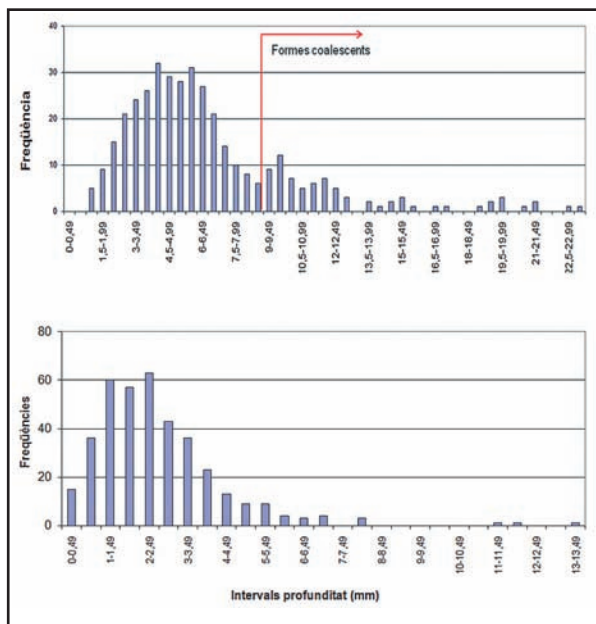


Figura 3: Paràmetres morfomètrics dels microalvèols de Punta des Faralló (Mallorca)

Figure 3: Micropits width and depth distributions at Punta des Faralló (Mallorca)

1985). MOSES & SMITH (1994) caracteritzen l'abast espacial del processos inorgànics –alteració per sals i dissolució– que actuen a les costes del Migjorn de Mallorca a partir d'observacions de microscopi electrònic de rastreig i la difracció de raigs X. De 1998 ençà, hi ha un augment dels treballs que es dediquen a la descripció morfològica i a la identificació del paper dels agents i els processos, tot integrant les dues tradicions, que configuren el karren litoral de Mallorca (GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2001, 2002 i 2009a; GÓMEZ-PUJOL, 2006) per passar, amb posterioritat, a contrastar els models a les costes menorquines (GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2004a, b i c). Val a destacar que les contribucions més recents han posat l'èmfasi en l'estudi detallat dels paràmetres morfomètrics i els agents i processos involucrats en el desenvolupament de formes com els microalvèols o els microrills (GÓMEZ-PUJOL & FORNÓS, 2009b).

Formes i criteris de classificació

No resulta gens senzill agrupar les formes desenvolupades sobre el substrat carbonatat de les costes rocoses, ja que les formes i combinacions d'aquestes obrin un ventall tan ample de possibilitats que fan que les classificacions siguin molt diverses. BÖGLI (1980) defensa una classificació dominada per un criteri genètic per tal de simplificar les classes o tipologies morfològiques. No obstant això, els claroscurs que encara existeixen sobre els processos que intervenen en el desenvolupament de les microformes d'alteració en el litoral calcari aconsellen un criteri descriptiu de caràcter mixt. Així doncs, a continuació se segueix l'esquema de

FORD & WILLIAMS (1989) en el qual la classificació de les formes descansa en els aspectes de forma, tot i que incorpora subdivisions arran dels factors genètics. Val a dir que les classificacions esmentades tracten exclusivament de les morfologies de karren desenvolupades als ambients no litorals, encara que són d'utilitat per a la sistematització de les formes que ens ocupen ara. Les grans classes que en resulten són: formes negatives i formes positives, tot diferenciant aquelles de planta arrodonida, formes lineals controlades per fractures, formes lineals controlades hidrodinàmicament i un darrer grup de formes complexes o poligenètiques. Pel que fa a la terminologia catalana s'han adoptat les recomanacions de RIBA (1997), mentre que per als altres idiomes s'indica la terminologia present a GINÉS (1999) i a la bibliografia citada al text.

FORMES NEGATIVES DE PLANTA ARRODONIDA

Alvèols, microalvèols – *cockling pits, pits, micropits* (ang.); *alvéoles, micro-alvéoles, vermiculacions* (fr.); *alveólos, microperforaciones, microcáries* (cast.).

Les formes que concorren sota l'epígraf d'alvèols són l'exemple més clar d'una forma convergent. Es tracta de petites depressions de planta arrodonida o el·líptica poc profundes (Fig. 2). Els diàmetres superiors al centímetre són rars i les profunditats no són majors que la meitat del diàmetre (Fig. 3). S'anomenen microalvèols aquelles formes que tinguin un diàmetre inferior al centímetre i alvèols aquelles que el superin. Es poden disposar alineats, seguint diàclasi, en coalescència o de forma aïllada, tant sobre superfícies planes com sobre superfícies verticals. L'absència d'una orientació preferent d'aquestes formes, la manca d'un control gravitatori dominant, juntament amb el recobriments de la superfície de la roca per líquens i/o cianòfits, posa de manifest la importància dels agents biològics en la gènesi d'aquestes formes. FOLK *et al.* (1973) classifiquen aquest seguit de formes com a "fitocarst" en el sentit que són els líquens i els cianòfits, que tenen la roca com a hàbitat, els responsables de la gènesi i evolució d'aquestes formes. En la mateixa línia apunten els estudis de DANIN *et al.* (1982) i els treballs, específicament desenvolupats a un gradient litoral, de JONES (1989) i VILES (1988b).

Pel que fa als processos que contribueixen a l'evolució dels alvèols i microalvèols, en destaca l'acció dels filaments dels líquens (MOSES & SMITH, 1993; CHEN *et al.*, 2000) o l'atac químic derivat de l'acció metabòlica tant dels cianobacteris com dels líquens (FIOL *et al.*, 1996; GEHRMANN *et al.*, 1992; PEYROT-CLAUSADE *et al.*, 1995; POMAR *et al.*, 1975).

Cocons – *solution pans, basin pools* (ang.); *vasques, mares* (fr.); *cupetas, pozas, tinajitas* (cast.).

Els cocons són depressions de planta el·líptica, poc profundes i de fons pla, les dimensions de les quals oscil·len des de l'ordre centimètric al mètric (Fig. 4). Les seves parets són abruptes i mantenen un angle proper als 90° amb la base. Les parets laterals dels cocons solen presentar extraploms i entalladures de pocs centímetres de profunditat. Es desenvolupen sobre diferents litologies carbonatades i són presents a superfícies

planes o subhorizontals, tant a ambients micromareals com macromareals, sempre i quan hi predominin, a la zona, els processos d'alteració química. Pel que fa a les seves dimensions, la llargària, per norma general, és major que la profunditat. Les relacions entre aquests dos paràmetres varien en funció del substrat.

Els mecanismes genètics implicats en la gènesi dels cocons són bàsicament bioquímics i el gros de la seva formació s'atribueix als processos de dissolució (TRUDGILL, 1987). Les primeres referències respecte del quimisme de les aigües dels cocons es troben als

treballs de FELDMAN & DAVY DE VIRVILLE (1933). Aquests autors, en el marc d'un estudi de la flora de les costes rocoses, analitzen durant un cicle de 24 hores el pH de l'aigua embassada als cocons i detecten oscil·lacions de 8,1 a 10 unitats de pH. Fins aleshores, des d'un punt de vista geomòrfic, el problema de la gènesi dels cocons resideix en la sobresaturació en carbonat càlcic (CaCO_3) de l'aigua de la mar (TRUDGILL, 1976a). Per tant, es proposava l'aigua d'escolament com la responsable dels processos de dissolució que afectaven els cocons (WENTWORTH, 1944). No seria fins als estu-

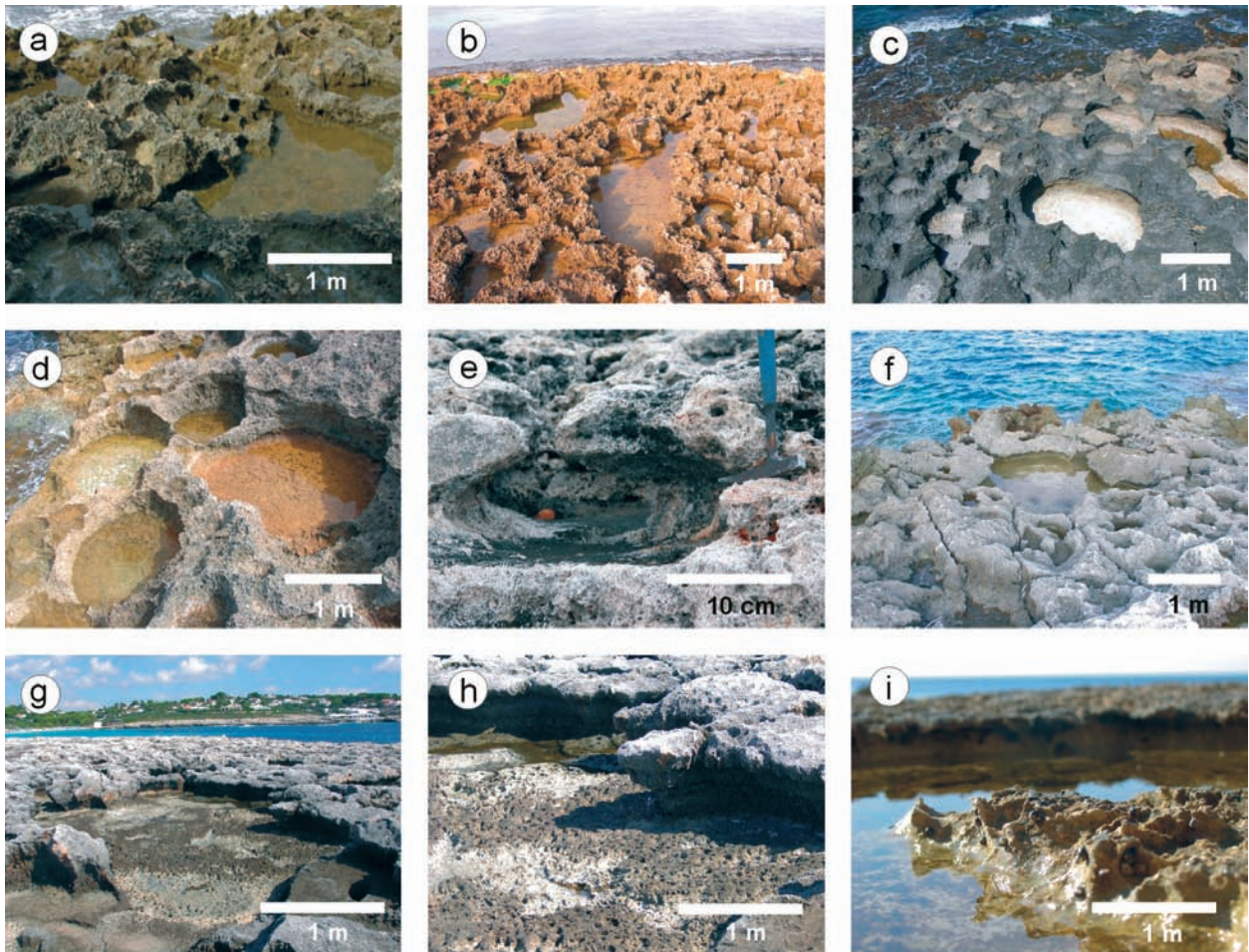


Figura 4: Cocons. a) Cocons interconnectats arran de la intersecció de dues fractures a la contrada de ses Penyes Roges (Calvià, Mallorca) desenvolupats sobre calcàries del Miocè superior. b) Conjunt heteromètric de cocons, els de major desenvolupament –de 5 a 7 m de llargària– ho fan seguint una alineació de fracturació dominant de direcció NE, Cala Blava (Llucmajor, Mallorca). c) Cocons de planta arrodonida sobre un pegat d'eolianites carbonatades a la Cala d'en Guixar (Calvià, Mallorca). d) Cocons aïllats i de planta arrodonida que comparteixen les parets a les eolianites de Tacàritx (Aldúcia, Mallorca). e) Detall de les parets laterals dels cocons amb entalladures accentuades que són evidència del domini de processos de dissolució sobre fàcies de rodòfits del Miocè superior a s'Algar (Menorca). f and g) Cocó de grans dimensions (9 m de llargària), de planta irregular i fons pla, format per la coalescència de varies formes a Cala Sant Esteve (Sant Lluís, Menorca). h) Detall de la imatge anterior on es pot apreciar els microal·vèols que apareixen al fons de la depressió i evidències, a les parets laterals de dos nivells, de dissolució que marquen el reculament de la paret vertical. i) Detall d'una cresta –antiga paret lateral entre dos cocons– al bell mig d'una forma de dimensions modestes sobre les calcàries del Miocè superior a s'Alavern (Llucmajor, Mallorca).

Figure 4: Basin pools. a) Coalescence of two basin pools due to the enlargement of two joins at Upper Miocene calcareous outcrops from ses Penyes Rotges (Calvià, Mallorca). b) Assemblage of elongated basin pools of different sizes –from 5 to 7 m in width– that follow a dominant NE orientation (Llucmajor, Mallorca). c) Circular plan form basin pools sharing walls on Quaternary aeolianites at Cala d'en Guixar (Calvià, Mallorca). d) Isolated circular plan form basin pools sharing walls on Quaternary aeolianites at Tacàritx (Aldúcia, Mallorca). e) Detail on basin pools walls and their notch profile related to solution processes on Upper Miocene rock outcrops at s'Algar (Menorca). f and g) Large basin pools (> 9 m) developed by coalescence of individualized forms at Cala Sant Esteve (Sant Lluís, Menorca). h) Evidences of multiple levels of basin pool evolution resulting in different notch forms along the basin pool wall. i) Detail of a remnant wall in the middle of a coalescent basin pool at Upper Miocene rock outcrops from s'Alavern (Llucmajor, Mallorca).



Figura 5: Conductes de subsòl al sector més terrestre del perfil de costa, (a) just acabats de desenterrar a les contrades de Punta Prima (Sant Lluís, Menorca) i (b) més evolucionats a Cala Murada (Manacor, Mallorca). El rocam d'ambdues localitats són calcàries algals del Miocè superior.



Figure 5: Soil dissolution tubes or tubules at the landward sectors of the coastal profile. Some of them (a) are recently exhumed at Punta Prima (Sant Lluís, Menorca), other as those in Cala Murada (Manacor, Mallorca) appear completely free of soil and with an external fretted surface. Both study sites are characterized by the outcrop of Upper Miocene calcarenites.

dis d'EMERY (1946), quan s'abordaria el problema des d'una perspectiva analítica. Emery estudià els paràmetres de temperatura ambiental, temperatura de l'aigua, pH i alcalinitat de les depressions sobre substrats calcaris reomplertes d'aigua marina de la costa meridional de Califòrnia (La Jolla). Els seus resultats posaven de manifest l'existència de canvis de pH i d'alcalinitat durant el vespre. SCHNEIDER (1976) desenvolupà el seguiment més complet de paràmetres físics i químics de l'aigua retinguda als cocons a la costa croata. Les corbes d'intensitat de llum, temperatura, concentració d'oxigen, alcalinitat específica, pH, oxigen dissolt, contingut en clorurs, contingut en calci i la relació calci-clorur (Ca/Cl), permeten plantejar aquells mecanismes pels quals s'assimila el bicarbonat, tot descartant com a procés, en l'evolució dels cocons, la dissolució inorgànica. Durant el dia, la flora que entapissa la roca consumeix el CO_2 de l'aigua mitjançant l'acció fotosintètica. En el moment que no disposa de llum suficient atura aquest procés i es produeix un increment del contingut en CO_2 a l'aigua, de manera que es dissocia el carbonat càlcic i el volum d'aigua deixa d'estar sobresaturat, fet pel qual disminueix el pH i s'incrementa el potencial de dissolució. D'altra banda, TRUDGILL (1985) destaca el paper de la dissolució diferencial en funció de la mineralogia dels carbonats, ja que mentre l'aigua marina està sobresaturada en carbonat càlcic, no ho està en magnèsic. DEBRAT (1974) i MILLER & MASON (1994) també duen a terme seguiments de la química de l'aigua dels cocons i, juntament amb altres experiències de laboratori (GUILCHER & PONT, 1957; DALONGEVILLE *et al.*, 1994; TRUDGILL, 1979), apunten en la línia dels treballs d'Schneider, tot posant èmfasi en el control de la microflora que habita a la roca en els processos de dissolució.

Ara bé, la dissolució no és l'únic mecanisme que intervé en el desenvolupament dels cocons. KELLETTAT (1997), DALONGEVILLE & LE CHAMPION (1982), TORUNSKI (1979), TRUDGILL *et al.* (1987) i el mateix SCHNEIDER (1976) destaquen l'acció erosiva física i química dels gastròpodes i, en alguns casos, dels equi-

nodermes en l'evolució lateral d'aquestes formes. Tampoc no es pot deixar de banda l'alteració mecànica per l'impacte de l'onatge o de l'alteració per sals, tot i que amb un paper secundari.

Conductes de subsòl – soil dissolution tubes, tubules, shafts (ang.); criptolapiaz (cast.).

Els conductes tubulars són formes de planta arrodonida, de profunditat força més gran que no el radi i que evolucionen en sentit gravitatori aprofitant les línies de debilitat de la roca. Les relacions entre els seus eixos són d'1 a 1 per a les dimensions en planta i d'1 a 2 respecte l'eix major i la profunditat. Les dimensions dels conductes varien de mínims de 4x4x9 cm fins a màxims de 26x26x50 cm. La forma vertical del conducte pot ésser sinuosa i, en molts casos, apareix amb sòls originals o d'erosió al seu interior. També es pot donar el cas de trobar-hi una gradació que va des de material al·lòcton (restes de *Posidonia oceanica*, bioclasts) a una potència considerable de llims vermells. Les parets són suaus, amb evidents signes d'una dissolució homogènia facilitada per la cobertura edàfica (Fig. 5). FORD & WILLIAMS (1989) i GINÉS (1999) identifiquen aquest tipus de forma com el resultat de l'aflorament de formes subedàfiques arran de l'erosió del sòl. A les localitats estudiades (GÓMEZ-PUJOL, 2006) aquestes formes apareixen als sectors més terrestres de la franja costanera, tot sovint isolades o entre els cocons i a superfícies planes. És freqüent trobar exemples d'aquesta forma l'exposició de les quals és recent o bé que estan parcialment desenterrades i encara es pot apreciar el sòl original al seu interior.

FORMES LINEALS CONTROLADES PER FRACTURES

Microfissures – microfissures (ang.), microfisuras (cast.)

Les microfissures són formes lineals rectilínies, la direcció de les quals està governada per l'estratifica-

ció o les diàclasis del substrat. Són molt poc profundes (< 1cm) i la longitud pot ésser d'alguns centímetres. Són bàsicament formes de dissolució que aprofiten els plans de debilitat de la roca per desenvolupar-se. L'aigua que circula per les microfissures prové, bé de la pluja, bé de l'onatge (Fig. 6). Les microfissures, com bona part de les formes lineals, són presents al sector més terrestre del domini del ruixim (*spray*).

Esquerdes – *splitkarren, vein-guided solution fissures* (ang.)

Les esquerdes són depressions estretes, poc profundes i molt allargades que segueixen la direcció de les

diàclasis. Aquestes morfologies oscil·len des de pocs centímetres fins a un parell de metres, tot i que la seva amplada i fondària no supera l'ordre centimètric. Quan sobre un substrat s'hi donen varies famílies de diàclasi, les esquerdes poden formar canals, aparentment, meandriformes (Fig. 6). A la dissolució preferent del pla de debilitat, també cal afegir-hi altres processos d'alteració, de caràcter biocàrstic, que contribueixen a l'evolució d'aquestes formes lineals. Les esquerdes destaquen sobre aquelles superfícies lleugerament inclinades cap a la mar i allà on els sistemes de cocons no estan ben desenvolupats.

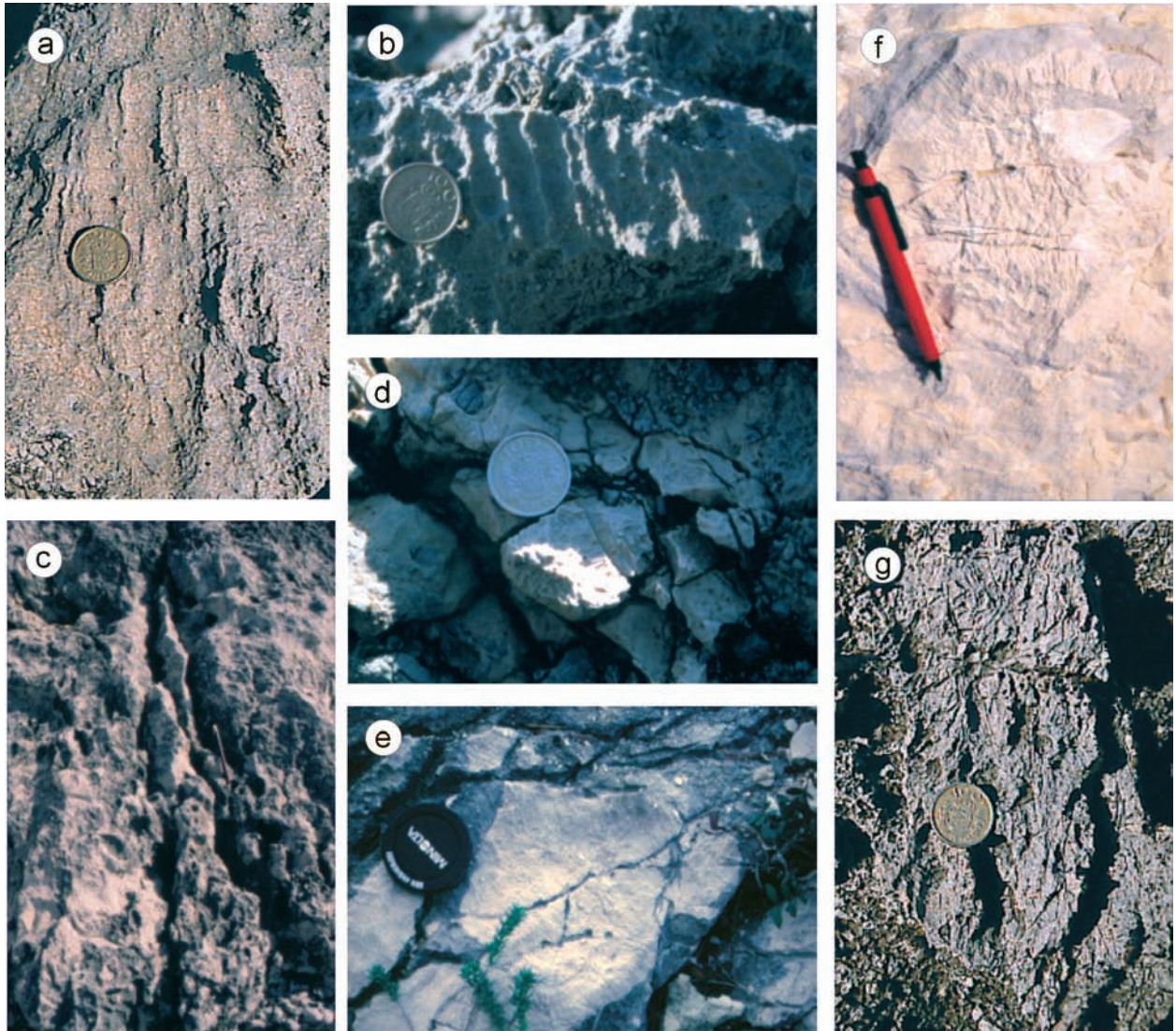


Figura 6: Formes lineals. a i b) Estries desenvolupades sobre calcarenites del Miocè superior (Cala Murada, Mallorca) i bretxes juràsiques (Cala d'en Guixar, Calvià, Mallorca), respectivament. c) Esquerdes amb longitud d'ordre mètric i amplada d'ordre cm, desenvolupades seguint la fracturació a la Punta des Sivinar (Santanyi, Mallorca). d) Microsolcs trenats presents sobre els clasts d'una bretxa. El clast és d'una textura més fina que no la matriu a Cala d'en Guixar (Calvià, Mallorca). e) Microsolcs desenvolupats sobre una superfície plana, que comencen a ésser desmantellats per petits microalvèols. La textura de la roca és de tipus mudstone. Cala Murada (Manacor, Mallorca). f i g) Microfissures sobre calcàries mesozoïques i bretxes juràsiques a la Punta des Faralló (Cala Rajada, Capdepera, Mallorca) i a Cala d'en Guixar (Calvià, Mallorca), respectivament.

Figure 6: Lineal forms. a and b) rillenkarren developed respectively on Upper Miocene calcarenites (Cala Murada, Mallorca) and Jurassic breccias (Cala d'en Guixar, Mallorca). c) Splitkarren with lengths larger than 2 m and widths of few cm controlled by fractures at Punta des Sivinar (Santanyi, Mallorca). d and e) Microrills developed on fine texture rocks at Cala d'en Guixar (Calvià Mallorca) and Cala Murada (Manacor, Mallorca). f and g) Microfissures on mesozoic limestones (Punta des Faralló, Capdepera, Mallorca) and on Jurassic breccia at Cala d'en Guixar (Calvià, Mallorca).

FORMES LINEALS CONTROLADES PER HIDRODINAMISME

Microsolcs – microrills, rillenstein (ang.)

Els microsolcs són formes lineals l'amplada dels quals sol ésser d'1 mm i molt poc profunds. Així com les microfissures tenen un fons angulós i abrupte, els microsolcs el presenten més suau i arrodonit. Són sinuosos i, fins i tot, trenats sobre superfícies subhorizontals que esdevenen rectes amb l'increment del pendent (Fig. 6). Es localitzen únicament a la zona afectada pel ruixim de l'onatge i sobre superfícies de textura molt fina i homogènia. FORD & WILLIAMS (1989) atribueixen la gènesi d'aquesta morfologia als fluxos d'aigua per capil·laritat i destaquen el paper que puguin tenir les rosades o les pel·lícules primes d'aigua com a agents d'alteració. A ambients litorals, aquesta particular morfologia també ha estat identificada per FORD & LUNDBERG (1987) al supralitoral calcari de l'illa de Vancouver (Canadà) i, per la seva banda, GINÉS (1993) també ha identificat aquestes formes a les costes de l'arxipèlag de Cabrera.

Estries – rillenkarren, solution flutes (ang.), cannelures (fr.); estrías de lapiaz (cast.)

Les estries són canals de fons arrodonit i parets fines organitzades de forma paral·lela que es disposen des de la cresta d'una roca llisa i disminueixen la seva profunditat fins a desaparèixer pendent avall (FORD & LUNDBERG, 1987). Les estries es caracteritzen per mantenir una amplada més o menys constant a cada localitat (entre 1,2 i 2,1 cm a la Serra de Tramuntana de Mallorca), mentre que la longitud varia en funció d'un gradient relacionat amb les temperatures i la pluviometria (GINÉS, 1999). Els processos que intervenen en la seva formació són, bàsicament, la dissolució provocada per l'aigua de precipitació i l'acció derivada del metabolisme de líquens i cianòfits que entapissen la roca (FIOL *et al.*, 1996). No hi ha gaire informació sobre el desenvolupament d'aquesta forma en els conjunts de karren litoral, llevat dels estudis de MILLER & MASON (1994) al sud de Sudàfrica, on s'hi desenvolupen sobre dipòsits de platja i eolianites quaternàries (Fig. 6).

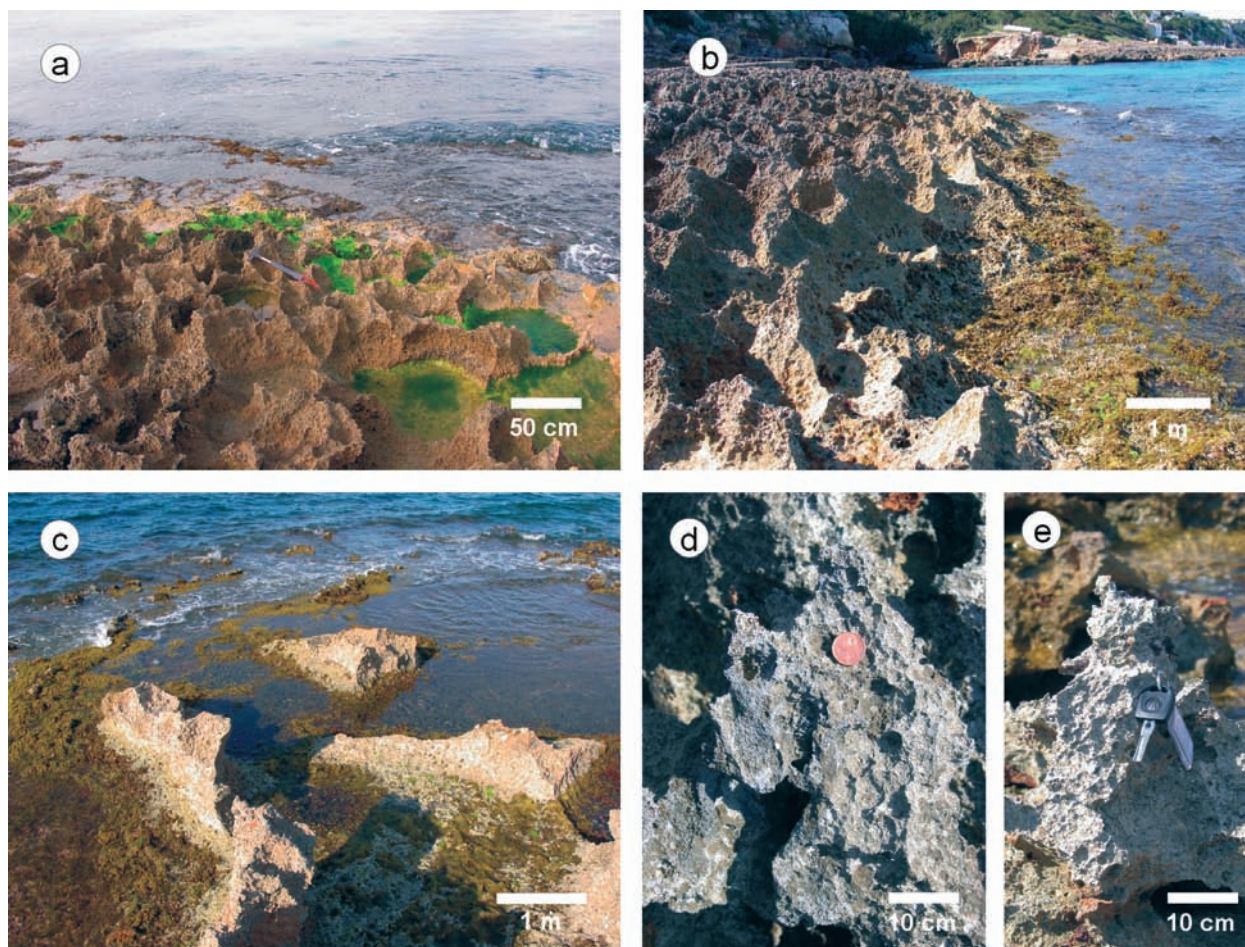


Figura 7: Pinacles. a) Pinacles aïllats just a tocar de la plataforma litoral i d'altres que encara estan units a les seves bases a Cala Agulla (Capdepera, Mallorca). b) El desenvolupament dels pinacles, en aquest cas sobre eolianites quaternàries, dona lloc a topònims com la Punta de ses Punxes (Cala Blava, Lluçmajor, Mallorca). c) Pinacles aïllats a la Punta de Tacàritx (Alcúdia, Mallorca). d i e) Detall dels microalvèols superposats a la forma piramidal dels pinacles al Far de Ciutadella i Punta Prima (Menorca). Observi's la manca d'orientació preferent dels microalvèols.

Figure 7: Pinnacles. a) Isolated pinnacles preceding the shore platform. Most of their basis remain connected by a flat chain, Cala Agulla (Capdepera, Mallorca). b) The abundance of features as pinnacles result in site names as Punta de ses Punxes –Spines cape– at Cala Blava (Lluçmajor, Mallorca). c) Isolated pinnacles at Punta de Tacàritx (Álcudia, Mallorca). d and e) Detail on the pits and micropits superposed to the pinnacle gross morphology (Far de Ciutadella i Punta Prima, Menorca). Notice that micropits do not follow any preferent orientation.

Canals de decantació – *solution runnels, wandkarren, wall karren* (ang.),

Aquesta és una morfologia poc comuna en el karren litoral. Es tracta de canals amb una amplada que supera el cm, paral·lels entre ells. Es disposen sobre l'extraplom de cocons que han aprofitat l'estructura de la roca per desenvolupar-se, de manera que actuen com a col·lectors de l'aigua cap a l'interior dels cocons.

FORMES POSITIVES REMANENTS

Pinacles - *spitzkarren, pinnacles* (angl., fr.), *aguja* (cast.)

Els pinacles són cossos de roca de forma piramidal aïllats els uns dels altres. Les dimensions són força variables i depenen de factors molt locals (LEY, 1979). Els pinacles apareixen a la transició entre la zona d'estopeig de l'onatge i el domini dels esquits. En general, els pinacles tenen una aparença molt esponjosa perquè estan completament entapissats per microalvèols sense cap tipus d'orientació preferent (Fig. 7). D'altra banda, les seves arestes són molt abruptes. Els pinacles s'entenen com el relleu residual d'una superfície prèvia que ha estat desmantellada per l'alteració física i química durant la formació dels cocons (MILLER & MASON, 1994; SUNAMURA, 1992). De fet, és molt comú observar a l'interior dels cocons restes dels nodes que comunica-

ven un grup de cocons coalescents i que, amb el temps, han quedat aïllats deixant un testimoni en forma de piràmide, de pinacle. TRUDGILL (1979), FOLK *et al.* (1973) i JONES (1989) atribueixen la gènesi dels pinacles a l'erosió diferencial i a l'alteració biològica, especialment pel que fa al microrelleu superposat a la forma piramidal. MOSES (2003) hi lliga l'alteració per sals.

L'organització de les formes

El karren litoral presenta una organització i una gradació interna molt acusada. Comptat i debatut, la gradació de les formes, la fauna i la flora és una de les característiques més destriables de les costes rocoses (SPENCER, 1988), que està associada al grau d'humidificació derivat de l'onatge i a la forma del perfil de costa (PALMER *et al.*, 2003). En aquest sentit, la Taula I sintetitza la presència de les formes inventariades a cada perfil en termes d'abundància relativa, a la vegada que s'intenta correlacionar la seva distribució amb les zonacions biològiques i hidrodinàmiques del litoral. Els termes relatius amb què s'ha dividit cada un dels perfils, quan s'hi aborda en conjunt, aboca un gradient on formes com marmites i alvèols lligats a l'activitat biològica dels bogamarins són característiques del domini de la

Zonació morfològica	Plataforma litoral	Zona α	Zona β	Zona δ	zona Ω	
Planta arrodonida	Cocons	r	+	+++	+++	+
	Alvèols	+	+++	++	+	+
	Microalvèols	-	+++	+++	++	+
	Taffoni	-	-	-	-	+
	Nius d'abella	-	-	-	-	+
	Marmites	++	+	r	r	r
	Conductes subsòl	-	-	-	+	++
Planta lineal control fractures	Microfissures	-	-	r	+	+
	Esquerdes	+	+	+	++	+
Planta lineal control hidrodinamisme	Microsolcs	-	-	-	+	++
	Estries	-	-	r	r	r
	Canals decantació	-	-	r	r	-
Poligèniques	Pinacles	-	+++	+	-	-
	Notch	+	-	-	-	-
	Plataforma	++	-	-	-	-
	Trottoir	+++	+	-	-	-
	Bufadors	+	+	r	-	-
Zonació hidrodinàmica	onatge	rompuda onatge	esquixos	ruixim		
Zonació biològica	plataforma	zona a	zona b	zona c		

Taula I: Abundància relativa de les formes que integren el karren litoral i altres d'associades a les Illes Balears en funció de la zonació morfològica (+++ molt abundants, ++ abundants, + presents, r rares, - absent).

Table I: Summary of relative abundance of coastal karren features and associated forms at Balearic Islands according to the morphological zonation (+++ very abundant, ++ abundant, + present, r rare, - absent).

plataforma litoral, mentre que els alvèols són molt importants a la zona α i disminueixen el seu pes relatiu, així com avança el sector terrestre. És una tendència lleugerament inversa a la dels cocons, o a la dels conductes de subsòl i les microfissures. Els primers són molt abundants als sectors intermedis del perfil, mentre que els altres dos són abundants als sectors més terrestres. Els pinacles queden, també, ben sectorialitzats a l'espai que delimiten, per una banda, la plataforma litoral i, per l'altra, la presència abundant de cocons. Així doncs, si s'integra la zonació morfològica, la hidrodinàmica i la biològica es pot definir una seqüència general pel que toca a l'organització de les formes del karren litoral de les Illes Balears en què queden ben definits cinc mòduls (Fig. 8).

El primer dels mòduls lliga el domini de l'onatge amb les comunitats biològiques de plataforma litoral. És el mòdul que queda definit per les plataformes litorals i les concrecions orgàniques que duen associades. En aquest segment del perfil de costa, que roman quasi sempre per sota del nivell marí, és freqüent trobar-hi algunes formes molt característiques d'origen biològic. Es tracta de les cavitats alveolars que deixen els bogamarins i que mantenen una relació geomètrica amb la mida d'aquests individus. La resta de plataforma està entapissada per pradells d'algues verdes (majoritàriament *Cystoceria* sp.), així com també per concrecions d'algues calcàries i vermètids. Aquesta coberta actua com a agent de protecció i evita, en bona part, l'erosió mecànica de la plataforma, desplaçant l'onatge i la seva acció cap a l'interior del perfil. Només quan el perfil subhoritzontal de la plataforma comença a esdevenir vertical, ens trobam amb una entalladura (*notch*), o amb un esglaó a partir del qual comença la zona emergida de la costa rocosa. A grans trets, en ambdós casos, es tracta de superfícies amb abundants microalvèols, completament recoberts de cianobacteris i, a les zones més properes al nivell marí, d'algues calcòfiles i bioherms de bivalves (*Mytilus edulis*). Juntament amb els microalvèols descrits a l'inventari, és fàcil trobar formes alveolars creades per gastròpodes com les pegellides (*Patella* sp.) i els polioplacòfors (*Chiton* sp.).

El segon dels mòduls, la zona α , coincideix amb

l'abast de la rompuda de l'onatge sobre el perfil de costa. Aquest abraça des de la part superior del *notch* o de l'esglaó, fins allà on arriben els esquits amb major intensitat. Hi són presents, amb caràcter dominant, els pinacles amb tot el reguitzell de microalvèols superposats. Les dimensions dels pinacles oscil·len dels 20 cm a quasi bé 1 m en alçària. Les formes són variades, en funció del nombre de diàclasis i les seves direccions i la intensitat dels microalvèols que se superposen a la forma piramidal base. El color de la superfície de la roca és fosc arran de la intensa colonització per cianòfits i líquens (*Rivularia* sp., *Pynerocollema* sp.). Hi comencen a aparèixer els primers individus de *Melaraphe neritoides* o *Melaraphe punctata*. Les pegellides (*Patella rustica* i *P. caerulea*) són relativament abundants a les superfícies horitzontals entre pinacles, o bé a les parets verticals que s'aixequen just després de la plataforma litoral. El patró també és semblant per a *Monodonta turbinata*. Les esquerdes i fractures eixamplades –*splitkarren*–, que apareixen a la zona α , acostumen a estar intensament colonitzades per crustacis filtradors (*Chthamalus depressus* i *Chthamalus stellatus*), especialment quan l'aigua s'hi escola i hi corre. La superfície de la roca és rugosa i durant els episodis secs queda coberta d'eflorescències salines.

Dellà dels pinacles completament aïllats, i quan es comença a donar la transició entre els esquits intensos a l'impacte de les gotes d'aigua, hi dominen les formes de planta arrodonida. En aquest mòdul (zona β), els pinacles es mantenen units a la seva base per petits cordons, conformant petites conques que recorden, tot i que en un altre factor d'escala, els relleus de *cockpit* tropicals. En aquesta zona els cocons mostren un alt grau de connexió, del 70% al 90% dels casos, i la majoria presenten sobreploms. A la zona β les relacions entre els eixos que defineixen la planta dels cocons són d'1,5 a 2. En funció de la litologia s'aprecia un augment de les dimensions mitjanes de llargària dels cocons (Fig. 9). Les dimensions dels cocons sobre roques molt resistents, i amb una intensa fracturació (i.e. rocams del Juràssic i del Cretaci), són menors que les de les localitats amb un aflorament de calcarenites del Miocè superior,

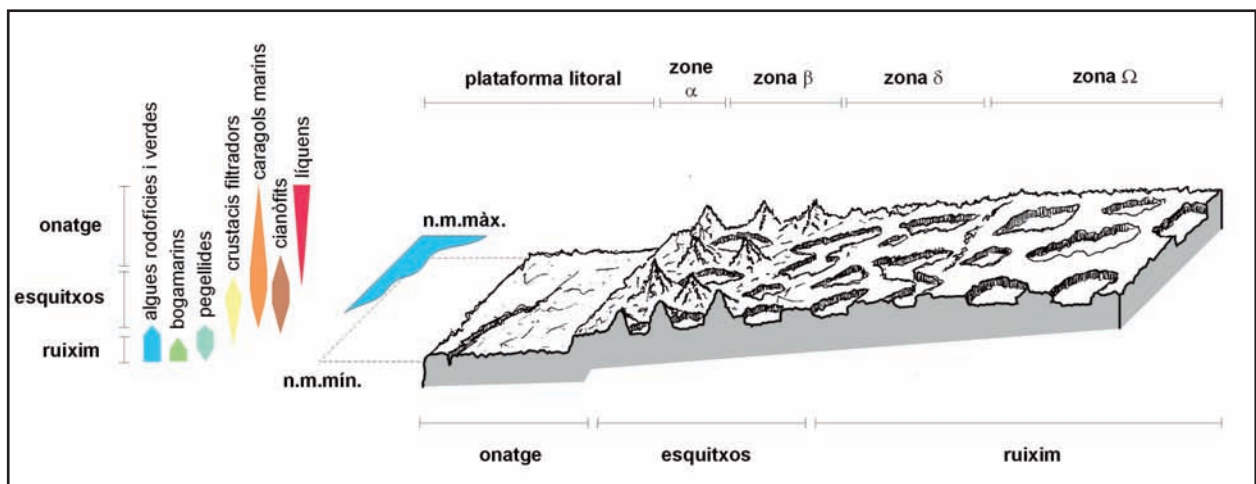
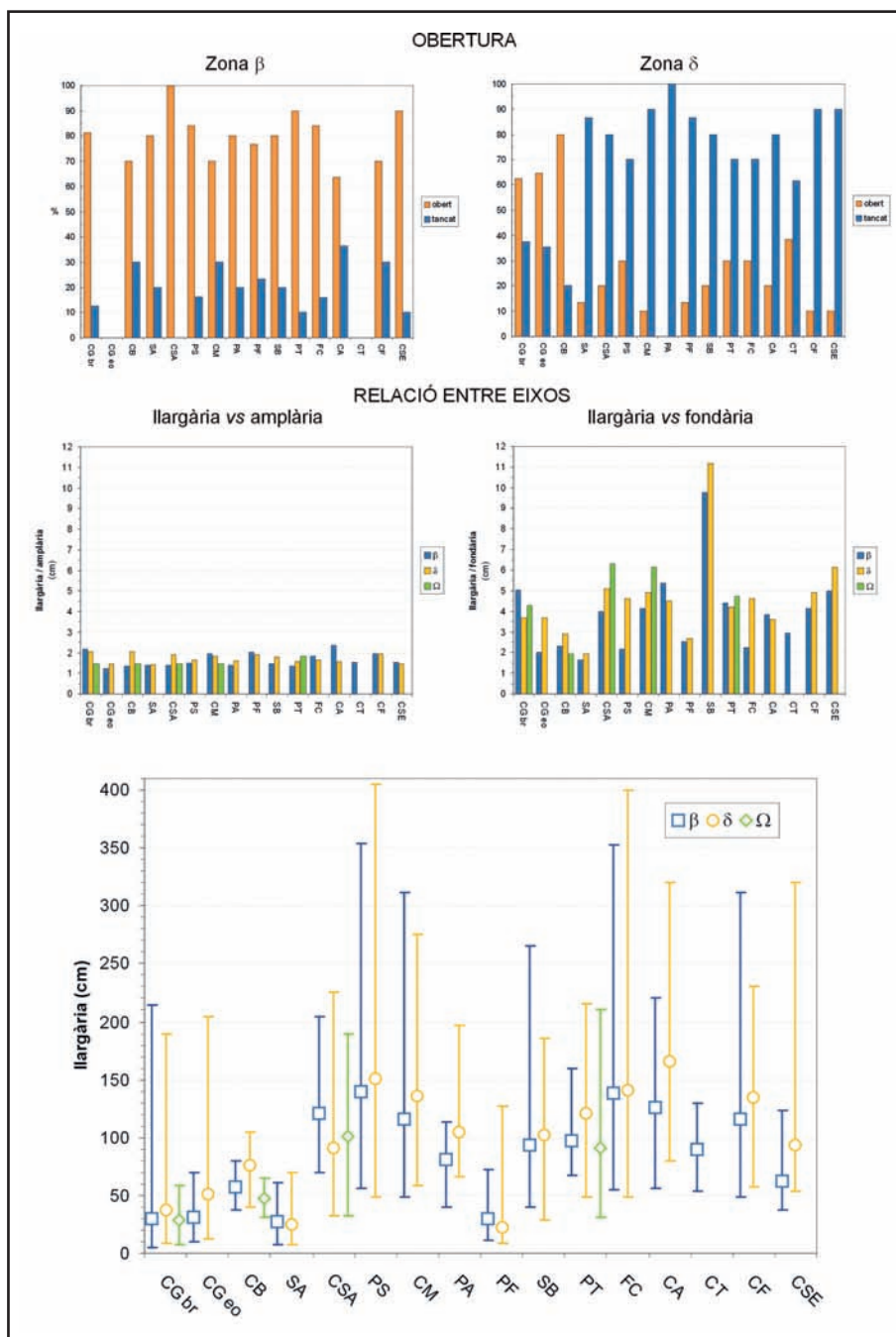


Figure 8: Organització de les formes del karren litoral a les Balears.

Figure 8: Morphological, biological and hydrodynamic zonation at coastal karren systems in Balearic Islands.

Figura 9: Paràmetres morfomètrics i atributs de forma dels cocons atenent a la zonació geomòrfica i al control litològic.

Figure 9: Basin pool morphometrical and shape parameters according to the morphological zonation and the rock control.



o d'eolianites quaternàries. És a dir, són més llargs que amples, l'eix major és quasi dues vegades l'eix menor (Fig. 9). Pel que fa a les relacions entre llargària i fondària, les relacions entre eixos abracen mínims de 2 a 1 i arriben a màxims de 5 a 1, tot i que hi ha casos que arriben a proporcions de 9 unitats de llargària per 1 de fondària. Tot plegat no ve sinó a destacar el fet que es tracta de depressions somes.

Ja dins els dominis del ruixim (zona δ), quan l'aportació de l'aigua de mar ve en forma d'aerosol, els cocons continuen essent les formes més característiques. Aquest cop, però, es troben aïllats els uns dels altres (entre el 35% i el 100% de les observacions) i en pocs casos presenten sobreploms (Fig. 9). Respecte del mòdul anterior, les dimensions mitjanes dels cocons són lleu-

gerament superiors. Aquesta és una característica que es dona en tots els tipus de litologies i a gairebé totes les localitats estudiades (GÓMEZ-PUJOL, 2006). No hi ha diferència pel que fa a les relacions entre llargària i amplària respecte de la zona β. Ben al contrari del que passa amb les proporcions entre llargària i profunditat, que se situen en quocients de 4 o 6 a 1. En altres paraules, els cocons del mòdul δ són més llargs, igual d'amples, i menys profunds que els dels sectors del perfil que el precedeixen (Fig. 9). Les superfícies entre cocons estan microalveolitzades, tot i que, com passa amb la cobertura de cianòfits, la densitat de microalvèols disminueix terra endins. Comencen a aparèixer alguns líquens crustacis a la superfície de la roca i el gastròpode *Melaraphe neritoides* assolix densitats de 200 a 600 ind·m⁻²,

encara que sobre les eolianites quaternàries pot arribar a 1.700 ind·m⁻². En aquesta zona del perfil, s'hi poden localitzar microsols quan apareixen pegats de roca de textura fina i homogènia, així com conductes de subsòl desenterrats i lleugerament remanegats.

Rere el domini del ruixim, allà on l'acció dels processos marins és més confosa (zona Ω), encara s'hi troben alguns cocons. Això sí, apareixen aïllats (com a mínim un 85% dels casos) i tenen un aspecte més suau, amb parets i fons arrodonits. Una densitat de cocons menor permet apreciar sobre les superfícies subhorizontals un seguit de formes lineals controlades per la fracturació. Dins aquestes esquerdes o a les parets dels cocons, hi trobam poblacions considerables de *Melaraphe neritoides*, de 271 a 897 ind·m⁻². La superfície entre cocons és menys rugosa que en el mòdul anterior i arriben a donar-se aparences suaus o arrodonides quan els líquens hi són presents (especialment *Verrucaria* sp.). Els microsols continuen apareixent de forma intermitent, quan la textura de la roca ho permet. En funció de la forma i exposició del perfil, l'erosió dels sòls permet avaluar, en aquesta zona, la transició dels conductes de subsòl a formes del karren litoral. Amb l'aparició dels primers *Limonium* sp. es deixa enrere el domini marí per passar al pròpiament terrestre.

Processos, zonació i evolució del karren litoral

Les evidències de formes "clàssiques" de dissolució al rocam carbonatat dels litorals de les Balears es restringeixen a les superfícies d'aparença suau i als conductes de subsòl. Aquestes formes estan relacionades amb la dissolució estrictament química que es produeix per sota de la cobertura edàfica (GINÉS, 1999). Arran de l'erosió del sòl, aquestes formes queden exposades a l'acció dels agents d'alteració subaèria que, a poc a poc, accentuen la rugositat de la superfície (p.e. desenvolupament de microrills, microalvèols). A partir del moment en què la superfície de la roca s'ha exhumat, llavors s'inicia la colonització per líquens, fongs i cianòfits, que arriben a entapissar la roca i a protegir-la de l'acció física de les gotes d'aigua de pluja, o dels esquits

i el ruixim de les onades. A la vegada, la textura rugosa dels líquens crustacis afavoreix una major retenció de les pel·lícules d'aigua, que contribueixen d'una manera homogènia i gradual a l'alteració química de la roca. El biofilm també desenvolupa la seva pròpia acció fisicoquímica (CHEN *et al.*, 2000; VILES, 1987).

Els cocons també es consideren com a formes típiques de dissolució (TRUDGILL, 1987), tot i que cal ferne alguns matisos. Encara que aquestes depressions poden, en algunes ocasions, estar reomplertes d'aigua de precipitació o bé d'escolament, amb prou agressivitat química per iniciar la dissolució del rocam carbonatat, aquesta no és la situació més habitual. En la majoria de les ocasions, els cocons recullen aigua marina que per composició està sobresaturada de carbonat càlcic. Per tant, no és possible que es produeixi la dissolució, en termes clàssics, de la roca. SCHNEIDER (1976) i TRUDGILL (1979) posen de manifest que durant el vespre, amb la foscor, l'aigua marina retinguda als cocons experimenta un procés de desaturació respecte del carbonat càlcic. L'activitat fisiològica del biofilm que habita sobre i dins la roca, n'és la responsable. Durant el dia, el biofilm consumeix CO₂ arran de la seva activitat fotosintètica fins que disminueix la intensitat de la llum, fins al punt que no hi ha els nivells suficients per realitzar la fotosíntesi; llavors, el contingut en CO₂ de l'aigua retinguda al cocó augmenta, de manera que l'aigua deixa d'estar sobresaturada de CaCO₃ i n'augmenta la capacitat agressiva. Així doncs, la dissolució inorgànica –entesa com la solució dels carbonats estrictament per la reacció amb aigua dolça– s'ha de descartar com a mecanisme genètic dels cocons litorals. El procés de dissolució és bioinduït, té una marcada component biològica, i també és el responsable de la formació de microalvèols, alvèols i pinacles, tot i que no es pot menysprear l'acció de l'alteració per sals (MOSES, 2003; MOSES & SMITH, 1994) i el propi atac bioquímic dels cianòfits (JONES, 1989). A les zones properes al mar on s'han registrat les majors densitats i accions erosives associades als macroorganismes brostejadors, l'acció bioerosiva i bio-corrosiva juga un paper prou important que, juntament amb l'acció física de les onades, contribueix a l'erosió del rocam.

Així doncs, un mínim de quatre vectors d'alteració i/o d'erosió poden diferenciar-se sobre els sistemes del karren litoral, en funció de la distribució de les formes (a meso, micro i nanoescala) i el control de l'estructura, la

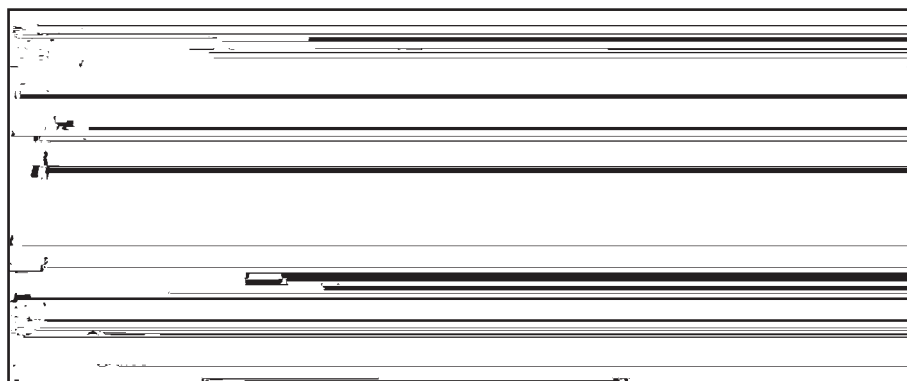


Figure 10: Abast espacial dels processos actius als perfils amb karren litoral de Balears. DIN: Dissolució inorgànica, MB: alteració biològica o induïda pels organismes, MS: Alteració per sals, BE: Bioerosió.

Figure 10: Spatial domain of the different processes operating in coastal karren at Balearic Islands: DIN: inorganic solution; MB: bioweathering or weathering induced by organisms; MS: salt weathering; BE: bioerosion.

història geològica i el gradient hidrodinàmic (Fig. 10). El primer vector es correspon a la dissolució entesa com a procés estrictament inorgànic. Aquesta component disminueix de terra cap a mar i té la seva expressió més important en els conductes de subsòl exhumats i en algunes depressions de subsòl que un cop retreballades passaran a funcionar com a cocons. La dissolució inorgànica és especialment important a la zona Ω i en menor mesura a la zona δ . L'alteració biològica o la dissolució

bioinduïda és el segon vector i el procés d'alteració més important en el karren litoral, bé pel control de l'agressivitat de l'aigua retinguda als cocons, bé per l'atac químic directe sobre la roca de cianòfits i organismes brostejadors. Aquest vector és especialment important a les zones morfològiques α i β . A la zona δ disminueix. En aquesta mateixa línia, el tercer vector considera l'acció bioerosiva desenvolupada pels organismes brostejadors que, en termes absoluts, és transcendental a la

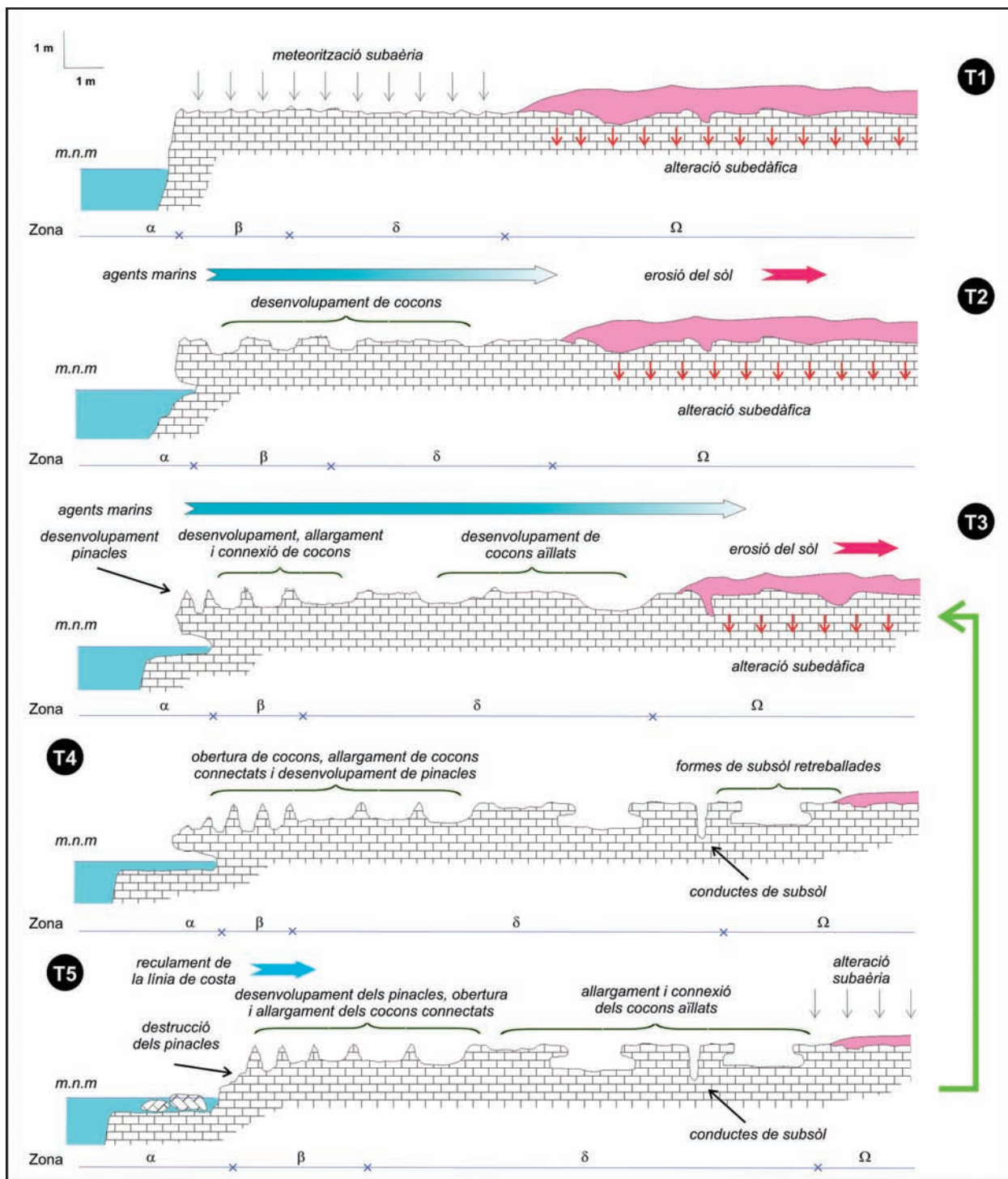


Figure 11: Model evolutiu proposat pel karren litoral a les Illes Balears.

Figure 11: Evolution model for coastal karren landforms in Balearic Islands.

plataforma litoral i a la zona α , i disminueix progressivament terra endins. Finalment, el quart vector, l'alteració per sals, juntament amb l'acció mecànica de l'aigua són importants a la zona α i disminueixen progressivament d'acord amb l'extensió dels dominis hidrodinàmics dels esquits i del ruixim.

A partir del conjunt de localitats estudiades, de les observacions a diferents escales i de la consideració dels controls sobre les formes, es pot establir una distribució general dels processos sobre el perfil i un model evolutiu per al karren litoral de Balears.

El primer estadi del model evolutiu es correspondria amb un escenari on la superfície de la roca no es veuria afectada pels agents i processos marins. A partir de la presència de paleoformes de subsòl entre els cocons als perfils actuals, s'infereix el retrocés d'una cobertura edàfica que augmentaria la superfície de rocam exposada a l'acció dels agents marins i l'alteració subaèria a l'estadi primigeni (Fig. 11 T1).

El segon estadi el representaria el desenvolupament dels cocons, aprofitant les debilitats litològiques i estructurals de la roca, a partir de l'acció conjunta de la dissolució inorgànica i la bioinduïda per la microflora que colonitzaria la roca. Els processos marins guanyen protagonisme i, aprofitant les línies de debilitat de la roca, amb la contribució de la bioerosió, es començaria a llavorar un *notch* a la façana del penya-segat. (Fig. 11 T2).

El tercer estadi ja implicaria una organització completa del perfil de karren litoral. El sòl segueix retrocedint i deixa nous espais per a la colonització biològica i el remanegament de les formes de subsòl que poden retenir l'aigua aportada pels esquits i el ruixim. A la vegada, s'eixamplarien els antics cocons, tornarien més profunds i, en alguns casos, arribarien a compartir envans arran del seu eixamplament. Els més propers a la vorera de mar patirien l'estopeig de les onades durant les tempestes i podrien arribar a trencar-se les seves parets més primes. En funció de la densitat de la fracturació i les propietats de les roques, alguns envans dels cocons són més resistents, no es desmantellen amb l'atac de l'onatge i romanen com a cossos piramidals que suposen l'inici de la presència dels pinacles al perfil (Fig. 11 T3). Les superfícies més properes al mar presenten una colonització més important de cianòfits que alteren la roca augmentant-ne la microrugositat que, juntament amb la meteorització per sals, donarien als pinacles una aparença esponjosa. Es començaria a desenvolupar una plataforma litoral sobre la qual s'hi instal·laria una comunitat de macroalgues i algues coral·lines que entapissarien la seva superfície. Els bogamarins brostejarien aquesta comunitat per sobre i perforarien la roca per instal·lar-s'hi i romandre protegits de les onades.

El quart estadi (Fig. 11 T4) correspondria amb l'eixamplament dels cocons de la zona β fins al punt de convertir-se en pinacles aïllats. Aquells cocons que inicialment estaven aïllats i tancats, ara comparteixen envans i els més propers al mar són desventrats. La coalescència és dominant i les plantes el·líptiques inicials esdevenen més complexes. Terra endins els cocons isolats s'eixamplen. El sòl retrocedeix fins a permetre la interferència entre les formes de subsòl i les marines. Els antics pinacles han estat parcialment desmantellats i ara apareixen com a irregularitats en la topogra-

fia. La plataforma litoral s'eixampla a favor de la mossa del *notch*, perquè la comunitat d'algues i la pàtina de concrecions calcàries que l'entapissa, a la vegada que redueix l'energia de les onades, les desplaça cap a l'interior del perfil.

El cinquè estadi (Fig. 11 T5) coincideix amb el trencament del *notch* i la caiguda del seu sostre. Aquest fet implica, d'alguna manera, l'augment de l'amplària de la plataforma i el desplaçament de la influència dels agents marins terra endins. A partir d'aquest punt, l'evolució del karren litoral segueix una estructura cíclica en què es reprenen situacions com les descrites per a l'estadi segon o tercer. No és gens senzill considerar quina és la posició temporal de l'estadi primer. Per a la costa meridional de Mallorca, FORNÓS *et al.* (2005) daten la formació del penya-segat, arran d'una falla normal, entre el Plistocè mitjà i el superior (275 a 40 ka). El nivell marí ha estat força mudadís fins a 6.000 anys enrere (TUCCIMEI *et al.*, 2006). Si per als afloraments corresponents a les eolianites quaternàries, la fita dels 6.000 anys serviria per recolzar l'estadi inicial per a les localitats llavorades a les calcàries del Miocè o als afloraments plegats mesozoics, la presència de marmites, cocons i *notchs* fossilitzats en dificultaria acotar l'inici del desenvolupament del sistema, perquè entre d'altres raons TUCCIMEI *et al.* (2006) descriuen posicions del nivell marí similars a l'actual per a diferents estadis isotòpics.

Algunes observacions a mode de conclusió

A mode de conclusió, cal destacar dos aspectes del model proposat arran de la combinació de la zonació morfològica i els controls sobre el karren litoral a diferents escales:

El primer aspecte és el fet que els pinacles i el seu desenvolupament no són una forma o un element, *sensu stricto*, del karren litoral perquè resulten del desmantellament dels cocons. De fet, són l'única forma de relleu positiva de les descrites a l'inventari de formes associades al microrelleu dels litorals calcaris.

El segon dels aspectes per considerar està relacionat amb el paper de la biologia en l'evolució i organització del karren litoral. De fet, tot i els controls relatius a la història geològica, al control estructural i a la forma del perfil, el karren litoral s'organitza d'acord amb la combinació d'un gradient biològic i un d'hidrodinàmic, per tant en funció d'una zonació ecològica. L'ecosistema o els ecosistemes presents al llarg del perfil controlen, arran de la seva etologia, el desenvolupament de les formes d'alteració del rocam a diferents escales i ordres de magnitud, bé com a agents en el canvi del quimisme de l'aigua dels cocons que en permet l'eixamplament per dissolució, bé per l'erosió dels grans i el ciment de la roca, o per la fatiga a què està sotmesa la roca arran de la perforació de cavitats i galeries que ofereixen una superfície major d'atac a processos, com l'acció mecànica de les onades o l'alteració per sals; així com també a l'acció de la dissolució química. Així doncs, el karren litoral no es pot

entendre com un tipus de modelat exocàrstic “clàssic”, perquè la dissolució, tot i ser el procés dominant sobre el rocam carbonatat, es pot considerar en la seva major part bioinduïda. Per tant, el karren litoral cal que sigui considerat com un exemple complex de biocarst d'acord amb la definició de VILES (1984).

Agraïments

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

- BALAGUER, P. (2007): Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (ed.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 201-230.
- BÖGLI, A. (1980): *Karst hydrology and physical speleology*. Berlin. Springer.
- BUTZER, K.W. & CUERDA, J. (1962): Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of Geology*, 70: 398-416.
- CORBEL, J. (1952): Les lapiaz marins. *Revue Géographique de Lyon*, 37: 379-380.
- CHEN, J.; BLUME, H.P. & BEYER, L. (2000): Weathering of rocks induced by lichen colonization, a review. *Catena*, 39: 121-146.
- DALONGEVILLE, M. (1977). Formes littorales de corrosion dans les roches carbonatées au Liban. Etude morphologique. *Méditerranée*, 3: 21-33.
- DALONGEVILLE, R. & LE CAMPION, TH. (1982): Aperçu sur l'érosion littorale en roches carbonatées. L'exemple de la Méditerranée. *Bull. Lab. Rhod. de Géom.*, 11-12: 3-12.
- DALONGEVILLE, R.; LE CAMPION, TH. & FONTAINE, M.F. (1994): Bilan bioconstruction-biodestruction dans les roches carbonatées en mer Méditerranée: étude expérimentale et implications géomorphologiques. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 38: 457-474.
- DANIN, A. (1983): Weathering of limestone in Jerusalem by cyanobacteria. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 27: 413-421.
- DEBRAT, J.M. (1974): Etude d'un karst calcaire littoral méditerranéen. Exemple du littoral de Nice a Menton. *Méditerranée*, 2: 63-85.
- EMERY, K.O. (1946). Marine solution basins. *Journal of Geology*, 54: 209-228.
- FELDMANN, J. & DAVY DE VIRVILLE, A. (1933): Les conditions physiques et la végétation des flaques littorales de la côte des Albères. *Rev. Gén. de Botanique*, 45: 621-654.
- FIOL, L.; FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (1996): Effect of biokarstic processes on the development of solutional rillenkarren in limestone rocks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21: 447-452.
- FOLK, R.L.; ROBERTS, H.H. & MOORE, C.H. (1973): Black phytokarst from Hell, Cayman Islands, British West Indies. *Geological Society of America Bulletin*, 84: 2351-2360.
- FORD, D.C. & LUNDBERG, J.C. (1987): A review of dissolutional rills in limestone and other soluble rocks. *Catena Supplement*, 8: 119-140.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (1989): *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman. London.
- FORNÓS, J.J., BALAGUER, P., GELABERT, B. & GÓMEZ-PUJOL, L. (2005): Pleistocene formation, evolution, retreat rates and processes in carbonate coastal cliff (Mallorca Is., Western Mediterranean). *Journal of Coastal Research. Special Issue.*, 49: 15-21.
- GEHRMANN, C.K.; KRUMBEIN, W.E. & PETERSEN, K. (1992): Endolithic lichens and the corrosion of carbonate rocks, a study of biopitting. *International Journal of Mycology and Lichenology*, 5: 37-48.
- GELABERT, B. (1998): *La Estructura Geológica de la Mitad Occidental de la Isla de Mallorca*. ITGE. Madrid.
- GINÉS, A. (1993): Morfologies exocàrstiques. In ALCOVER, J.A., BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J.J. (eds.): *Història natural de l'arxipèlag de Cabrera*: 153-160. CSIC, Societat d'Història Natural, Moll. Palma.
- GINÉS, A. (1999): *Morfología kàrstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Una aproximación ecológica*. Tesi Doctoral. Departament de Biologia. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesi doctoral. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.
- GÓMEZ-PUJOL, L. (2006): *Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca*. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2001): Les microformes de meteorització del litoral calcari de Mallorca: aproximació a la seva sistematització. *Endins*, 24: 169-185.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2004a): Forma, procesos y zonación en el lapiaz –karren- litoral del sur de Menorca, 1: aproximación morfométrica. In BENITO, G. & Díez HERRERO, A. (eds): *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*: 347-355. Sociedad Española de Geomorfología – Centro superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2004b): Forma, procesos y zonación en el lapiaz –karren- litoral del sur de Menorca, 2: observaciones mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). In BENITO, G. & Díez HERRERO, A. (eds): *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*: 357-364. Sociedad Española de Geomorfología – Centro superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2009a): Coastal Karren in the Balearic Islands. In GINÉS, A., KNEZ, M., SLABE, T., DREYBRODT, W. (eds.): *Karst rock features – Karren sculpturing*: 487-502. ZRC Publishing. Ljubljana.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & FORNÓS, J.J. (2009b): Microrills. In GINÉS, A., KNEZ, M., SLABE, T., DREYBRODT, W. (eds.): *Karst rock features – Karren sculpturing*: 73-84. ZRC Publishing. Ljubljana.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; BALAGUER, P. & FORNÓS, J.J. (2007): El litoral de Mallorca. síntesis geomórfica. In FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GÓMEZ-PUJOL, L. (eds.): *Geomorfologia Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*: 17-37. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; BALAGUER, P.; BALDO, M.; FORNÓS, J.J.; PONS, G.X. & VILLANUEVA, G. (2002a): Patrones y tasas de erosión de *Melalapha neritoides* (Linneo, 1875) en el litoral rocoso de Mallorca: resultados preliminares. In PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; VEGAS, J. & MACHADO, M. (eds): *Aportaciones a la Geomorfología de España en el Inicio del Tercer Milenio*: 351-354. ITGME. Madrid.
- GUILCHER, A. (1953): Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire. *Annales de Géographie*, 331: 161-179.
- GUILCHER, A. & PONT, P. (1957) Étude expérimentale de la corrosion littorale des calcaires. *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, 265-266: 48-62.

- JENNINGS, J.N. (1985): *Karst geomorphology*. Blackwell. Oxford.
- JONES, B. (1989): The role of microorganisms in phytokarst development on dolostones and limestones, Grand Cayman, British West Indies. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26: 2204-2213.
- KELLETAT, D.H. (1980): Formenschatz und prozessgefüge des "Biokarstes" and der küste von Nordost-Mallorca (Cala Guya). *Berliner Geographische Studien*, 7: 99-113.
- KELLETAT, D.H. (1985): Bio-destruktive und bio-konstruktive formelemente an den spanischen mittelmeeerküsten. *Geökodynamic*, 6: 1-20.
- KELLETAT, D.H. (1997): Mediterranean coastal biogeomorphology: processes, forms and sea levels indicators. *Bulletin de l'Institute Océanographique de Monaco*, 18: 209-225.
- LEY, R.G. (1979): The development of marine karren along the Bristol channels coastline. *Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd.*, 32: 75-89.
- LUNDBERG, J. (2009): Coastal Karren. In GINÉS, A., KNEZ, M., SLABE, T., DREYBRODT, W. (eds.): *Karst rock features - Karren sculpturing*: 249-266. ZRC Publishing. Ljubljana.
- LUNDBERG, J. & LAURITZEN, S.E. (2002): The search for an arctic coastal karren model in Norway and Spitzbergen. In K. HEWITTT ET AL. (eds.), *Landscapes of Transition*, 185-203. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- MAZZANTI, R. & PAREA, G.C. (1979). Erosione della "panchina" sui litorali di Livorno e di Rosignano. *Bolletino Società Geologica Italiana*, 96: 457-489.
- MILLER, W.R. & MASON, T.R. (1994): Erosional features of coastal beachrock and aeolianite outcrops in Natal and Zululand, South Africa. *Journal of Coastal Research*, 10: 374-394.
- MOSES, C.A. (2003): Observations on coastal biokarst, Hells Gate, Lord Howe Island, Australia.. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 47: 83-100.
- MOSES, C.A. & SMITH, B.J. (1993): A note on the role of the lichen *Collema Auriforma* in solution basin development on a carboniferous limestone substrate. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 363-368.
- MOSES, C.A. & SMITH, B.J. (1994): Limestone weathering in the supra-tidal zones: an example from Mallorca. In ROBINSON, D.A. & WILLIAMS, R.B.G. (eds.), *Rock weathering and landform evolution*: 433-451. Wiley.
- MYLROIE, J.E. & MYLROIE, J.R. (2009): Coastal eogenetic karren of San Salvador island. In GINÉS, A., KNEZ, M., SLABE, T., DREYBRODT, W. (eds.): *Karst rock features - Karren sculpturing*: 475-486. ZRC Publishing. Ljubljana.
- PALMER, M.; FORNÓS, J.J.; BALAGUER, P.; GÓMEZ-PUJOL, L.; PONS, G. X. & VILLANUEVA, G. (2003): Spatial and seasonal variability of the macro-invertebrate community of a rocky coast in Mallorca (Balearic Islands): implications for bioerosion. *Hydrobiologia*, 501: 13-21.
- PEYROT-CLAUDE, M.; LE CAMPION-ALSUMARD, T.; HARMELIN-VIVIEN, M.; ROMANO, J.D.; CHAZOTTES, V.; PARI, N. & LE CAMPION, J. (1995): La bioérosion dans le cycle des carbonates: essais de quantification des processus en Polynésie française. *Bulletin Société Géologique de France*, 166: 85-94.
- POMAR, L. & WARD, W.C. (1999): Reservoir-scale heterogeneity in depositional packages and diagenetic patterns on a reef-rimmed platform, Upper Miocene, Mallorca, Spain. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 83: 1579-1773.
- POMAR, L.; ESTEBAN, M.; LLIMONA, X. & FONTARNAU, R. (1975): Acción de líquenes, algas y hongos en la telodiagénesis de las rocas carbonatadas de la zona litoral preliitoral Catalana. *Instituto de Investigaciones Geológicas de Barcelona*, 30: 83-117.
- POMAR, L.; OBRADOR, A. & WESTPHAL, H. (2002): Sub-wavebase cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49: 139-169.
- RIBA, O. (Dir). (1997): *Diccionari de Geologia*. Enciclopèdia Catalana, Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- ROSSELLÓ, V.M. (1979): Algunas formas kársticas litorales de Mallorca. In BARCELÓ, B. (ed.), *Actas del VI Coloquio de Geografía*: 115-121. AGE. Palma de Mallorca.
- ROSSELLÓ, V.M. (2004): El litoral i les cales. In FORNÓS, J.J., OBRADOR, A. & ROSSELLÓ, V.M. (eds.): *Història Natural del Migjorn de Menorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 16: 177-200.
- SANJAUME, E. (1985): *Las Costas Valencianas. Sedimentología y Morfología*. Universitat de València. València. 505 pp.
- SCHNEIDER, J. (1976): Biological and inorganic factors in the destruction of limestone coasts. *Contribution to Sedimentology*, 6: 1-112.
- SERVERA, J. (1999): Principals trets fisiogràfics i climàtics de les Pitiüses. *Territoris*, 2: 9-37.
- SPENCER, T. (1988): Limestone coastal geomorphology: the biological contribution. *Progress in Physical Geography*, 12: 66-101.
- SUNAMURA, T. (1992): *Geomorphology of Rocky Coasts*. Wiley. Chichester.
- TORUNSKI, H. (1979): Biological erosion and its significance for the morphogenesis of limestone coasts and for nearshore sedimentation (Northern Adriatic). *Senckenbergiana Maritima*, 11: 193-265.
- TRUDGILL, S.T. (1976a): The marine erosion of limestone on Aldabra atoll, Indian Ocean. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Suppl. Bd.*, 26: 164-200.
- TRUDGILL, S.T. (1979): Spitzkarren on calcarenites, Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Suppl. Bd.*, 32: 67-74.
- TRUDGILL, S.T. (1985): *Limestone Geomorphology*. Longman. London.
- TRUDGILL, S.T. (1987): Bioerosion on intertidal limestone, Co. Clare, Eire — 3: zonation, process and form. *Marine Geology*, 74: 85-89.
- TRUDGILL, S.T.; SMART, P.L.; FRIEDERICH, H. & CRABTREE, R.W. (1987): Bioerosion of intertidal limestone, Co. Clare, Eire — 1: *Paracentrotus lividus*. *Marine Geology*, 74: 85-98.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J. J. & TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 (1): 1-21.
- VILES, H.A. (1984): Biokarst: review and prospect. *Progress in Physical Geography*, 8: 523-542.
- VILES, H.A. (1988a): Cyanobacterial and other biological influence on terrestrial limestone weathering on Aldabra: implications for landform development. *Biological Society of Washington Bulletin*, 8: 5-13.
- VILES, H.A. (1988b): Organisms and karst geomorphology. In VILES, H.A. (ed.), *Biogeomorphology*: 319-350. Basil Blackman. Oxford.
- VILES, H.A. (1995): Ecological perspectives on rock surface weathering: towards a conceptual model. *Geomorphology*, 13: 21-35.
- VILES, H.A.; SPENCER, T.; TELEKI, K. & COX, C. (2000): Observations on 16 years of microfloral recolonization from limestone surfaces, Aldabra Atoll, Indian Ocean: Implications for biological weathering. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 1355-1370.
- WALTER-LEVY, L.; FRÉCAUT, R. & STRAUSS, R. (1958): Contribution à l'étude de la zone littorale des îles Baléares. Biologie et chimie des algues calcaires. Formes du relief qui leur sont liées. *Revue algologique*, 3: 202-228.
- WENTWORTH, C.K. (1939): Marine bench-forming processes II, solution benching. *Journal of Geomorphology*, 2: 3-25.

CLASSIFICACIÓ MORFOGENÈTICA DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES ILLES BALEARS

per Joaquín GINÉS ^{1,2} i Angel GINÉS ^{1,2}

Abstract

A typological classification of the caves and shafts in the Balearic Islands is presented in this paper, with the aim of update the knowledge on the morphogenetics of endokarst in the archipelago and incorporating the explorations and discoveries carried out during the last decades. After a brief overview about the classificatory attempts of subterranean cavities in our islands, a systematization on the basis of hydrogeological and speleogenetic criteria is proposed, establishing four main categories as follows: 1) vertical shafts in the vadose zone, 2) caves of the vadose zone, 3) inland phreatic caves, and 4) caves of the littoral fringe. Within these categories, up to ten cavity types corresponding to well-differentiated genetic modalities are distinguished, together with five additional subtypes that designate specific morphological singularities branching from a given typology. The geographical distribution of the diverse cave types in the different karst regions of the archipelago is analyzed, being worth to mention the richness and variety of subterranean forms in the mountain karst of Serra de Tramuntana, in Mallorca island, as well as the abundant and variegated littoral caves occurring in the Upper Miocene postorogenic carbonates of Mallorca, Menorca and Formentera islands. The hypogene speleogenetic processes recently documented in the karst areas of southern Mallorca contribute to supply new insights on the high diversity of subterranean environments represented in the Balearic archipelago.

Resum

Es presenta una classificació tipològica de les cavitats del conjunt de les Illes Balears, amb la intenció de posar al dia els coneixements sobre la morfogènesi de l'endocarst de l'arxipèlag, incorporant les exploracions i descobriments efectuats durant les darreres dècades. Després de fer una breu revisió dels intents classificatoris de les coves i avencs de les nostres illes, es proposa una sistematització basada en criteris hidrogeològics i espeleogenètics, en la qual s'estableixen les quatre grans categories següents: 1) avencs de la zona vadosa, 2) coves de la zona vadosa, 3) coves freàtiques no litorals, i 4) coves de la franja litoral. Dins d'aquestes categories es distingeixen deu tipus de cavitats, corresponents a modalitats genètiques diferenciades, així com cinc subtipus addicionals que agrupen singularitats morfològiques específiques dins d'una determinada tipologia. S'analitza la distribució geogràfica dels diferents tipus de cavitats en les diverses regions de l'arxipèlag, destacant per la varietat i riquesa de formes el carst de muntanya de la Serra de Tramuntana mallorquina, així com els carsts costaners desenvolupats als materials calcaris postorogènics del Miocè superior de les illes de Mallorca, Menorca i Formentera. La documentació de processos d'espeleogènesi hipogènica en les àrees càrstiques del sud de Mallorca, ha suposat unes troballes recents que incrementen la varietat d'ambients subterranis representats a les Balears.

Resumen

Se presenta una clasificación tipológica de las cavidades del conjunto de las islas Baleares, con la intención de poner al día el conocimiento sobre la morfogénesis del endokarst del archipiélago en base a las exploraciones y descubrimientos efectuados en los últimos decenios. Tras hacer una breve revisión de los intentos clasificatorios de las cuevas y simas de nuestras islas, se propone una sistematización basada en criterios hidrogeológicos y espeleogenéticos, en la que se establecen las cuatro grandes categorías siguientes: 1) simas de la zona vadosa, 2) cuevas de la zona vadosa, 3) cuevas freáticas no litorales, y 4) cuevas de la franja litoral. Dentro de estas categorías se distinguen diez tipos de cavidades, correspondientes a modalidades genéticas diferenciadas, así como cinco subtipos adicionales que agrupan singularidades morfológicas específicas dentro de una determinada tipología. Se analiza la distribución geográfica de los diferentes tipos de cavidades en las diversas regiones del archipiélago, destacando por la variedad y riqueza de formas el karst de montaña de la Serra de Tramuntana mallorquina, así como los karsts costeros desarrollados en los materiales calcáreos post-orogénicos del Mioceno superior de las islas de Mallorca, Menorca y Formentera. La reciente documentación de procesos de espeleogénesis hipogénica en las áreas kársticas del sur de Mallorca, ha supuesto unos hallazgos novedosos que incrementan la variedad de ambientes subterráneos representados en las Baleares.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

2 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció

La sistematització de les cavitats balears des del punt de vista de la seva morfogènesi compta amb ben poques aproximacions que s'ocupin del conjunt de l'arxipèlag. En aquest sentit, la major part de les aportacions efectuades sobre aquesta matèria han estat centrades en l'endocarst de Mallorca, que és amb molt d'avantatge el més conegut i ben documentat del nostre entorn geogràfic.

Per tal d'eixamplar la perspectiva sobre aquest vessant específic de l'estudi del carst balear, el present treball intentarà establir una categorització de les coves i avencs de l'arxipèlag, sobre la base de la recent proposta que varem elaborar per a l'illa de Mallorca (GINÉS & GINÉS, 2009). Dins d'aquesta línia, la classificació tipològica exposada ara es basarà en els criteris hidrogeològics i espeleogenètics que s'enunciaven a l'esmentat treball, encara que convenientment actualitzats amb les dades corresponents a les diferents illes i les descobertes recents que han tingut lloc en cadascuna d'elles.

Tanmateix, és necessari insistir en un fet inqüestionable: la classificació de fenòmens naturals complexos exigeix sempre esforços importants de simplificació en procedir a encasellar, en classes ben individualitzades, elements que participen de trets característics de varies de les categories que es defineixen. Aquesta circumstància és particularment notòria en la mesura que la pròpia evolució morfològica de l'endocarst implica l'actuació d'una àmplia gamma de processos –esfondraments generalitzats, deposició d'espeleotemes i altres tipus de sediments– que tendeixen a homogeneïtzar l'aparença de les cavitats, amb independència dels processos inicials involucrats en la seva gènesi. En aquest sentit, i per tal de no repetir arguments ja exposats àmpliament en aquestes mateixes planes, remetem al lector als apartats introductoris de GINÉS (1995), GINÉS *et al.* (2008) i GINÉS & GINÉS (2009), on es poden consultar les idees bàsiques referents a l'entroncament de la classificació utilitzada amb les teories espeleogenètiques admeses avui en dia.

Les classificacions de les cavitats balears

Els intents de sistematitzar les característiques de l'endocarst balear es desenvolupen de mode paral·lel a l'eclosió de les activitats espeleològiques dels grups illencs, que té lloc durant el darrer terç del segle XX. Cal tenir present que, fins aleshores, el coneixement de les coves i avencs de les Balears es limitava a ben poques localitats, explorades bàsicament per investigadors forans i molt en particular procedents de l'àmbit de l'espeleologia catalana (GINÉS & GINÉS, 2004).

Dins d'aquest context, l'any 1974 es publiquen dos assajos pioners tendents a la classificació de les ca-

vitats de l'illa de Mallorca, que veuen la llum al primer número d'ENDINS. El primer d'ells (ENCINAS *et al.*, 1974) ofereix una categorització de caire genètic, molt particular, que no va tenir gaire repercussió ni donà lloc a evolucions posteriors. El segon assaig, elaborat per GINÉS & GINÉS (1974) distingia 10 tipologies d'avencs i coves en base a criteris morfogenètics i topogràfics, analitzant la distribució de les diferents tipologies en les distintes regions naturals de l'illa. Aquesta classificació fou usada i actualitzada en una publicació posterior (GINÉS & GINÉS, 1987), en la qual s'insisteix en els trets característics –des del punt de vista espeleològic– de les diverses regions càrstiques de Mallorca.

Sense moure'ns de la major de les Illes Balears, GINÉS (1995) proposà alguns anys després una nova classificació, basada principalment en els processos espeleogenètics responsables de la formació de les cavitats mallorquines. Aquest treball serà revisat i actualitzat amb posterioritat, incorporant les recents descobertes espeleològiques (GINÉS & GINÉS, 2009) i establint una categorització de caràcter morfogenètic i hidrogeològic que de fet –i amb molt lleugeres variacions– serà la que s'utilitzarà en aquestes pàgines, per bé que complementada amb dades referides al conjunt de l'arxipèlag.

Pel que fa a les Pitiüses, la monografia de TRIAS (1983) suposa un intent de classificació tipològica de les cavitats d'aquest subarxipèlag. A més de reconèixer diferents tipus d'avencs en l'illa d'Eivissa, així com abundants coves on predominen els processos d'esfondrament, aquest autor insisteix en l'especificitat de l'endocarst de Formentera. En aquesta petita illa destaca la presència d'un particular tipus de cavitat, que TRIAS (1983) anomena *cova de cingle*, el qual es caracteritza pel seu desenvolupament més o manco paral·lel als penya-segats costaners i una escassa penetració cap a l'interior de l'illa.

En el cas de Menorca, la publicació d'una extensa monografia sobre el Migjorn d'aquesta illa inclou dos treballs (GINÉS & FORNÓS, 2004; TRIAS, 2004) que s'ocupen del carst d'aquesta regió, constituïda per materials calcaris del Miocè superior, i dels tipus de cavitats representats en ella. Ambdues publicacions palesen els trets diferencials del sector central del Migjorn, on predomina l'espeleogènesi associada als barrancs fluvio-càrstics, en contraposició als sectors occidental i oriental caracteritzats per la presència de coves litorals desenvolupades en els dipòsits carbonatats de la unitat d'esculls.

Finalment, cal ressenyar algunes publicacions que s'apropen a la classificació de les cavitats del conjunt del nostre arxipèlag. En primer lloc, encara que amb un caràcter molt simplificat i elemental, GINÉS & GINÉS (1989) exposen els gran trets diferencials de les regions càrstiques de les Illes Balears, distingint tan sols entre cavitats verticals, formes horitzontals de drenatge i coves de desenvolupament clàstic o d'esfondrament. En segon lloc, en un treball recent sobre l'espeleogènesi en els dipòsits postorogènics del Miocè superior de Mallorca, s'analitzen també els tipus de cavitats presents en les diferents illes i l'estreta dependència existent entre els fenòmens endocàrstics i la litoestratigrafia d'aquests materials carbonatats (GINÉS *et al.*, 2008).

Classificació morfogenètica proposada

En base als esmentats anteriors, ha estat elaborada una classificació dels avencs i coves de les Illes Balears, que es basa substancialment en la sistematització proposada a GINÉS & GINÉS (2009). Aquesta classificació distingeix quatre grans categories morfogenètiques, que s'articulen al voltant del context hidrogeològic on s'han generat i evolucionat les cavitats subterrànies. Les categories que han estat diferenciades són:

- avencs de la zona vadosa
- coves de la zona vadosa
- coves freàtiques no litorals
- coves de la franja litoral

Dins d'aquestes grans categories es distingeixen un total de 10 tipus diferents de cavitats, que corresponen a modalitats genètiques a bastament individualitzades

dins de cadascuna d'elles. Així mateix, dins d'alguns dels tipus de cavitats considerats es diferencien fins a 5 subtipus addicionals, consistents en conjunts de formes subterrànies que mostren un cert grau de singularitat dintre d'una determinada tipologia; aquesta diferenciació en subtipus de cavitats obeeix en general a peculiaritats de la seva gènesi, que es tradueixen en trets morfològics relativament específics.

En total s'estableixen 15 modalitats morfogenètiques que apareixen recollides a la Taula I, on també es reflecteix la seva distribució geogràfica en les distintes regions càrstiques de l'arxipèlag balear tal com apareixen delimitades a GINÉS & GINÉS (1989). Val a dir que les illes menors, com és el cas de la Dragonera o el subarxipèlag de Cabrera, no han estat contemplades com a regions càrstiques independents, sinó que es consideren incloses respectivament en la Serra de Tramuntana i les Serres de Llevant de l'illa de Mallorca. A més, s'ha aprofitat la Taula I per incloure-hi una valoració quantitativa sobre el grau de representació

context morfo-hidrogeològic	tipus i subtipus de cavitats	MALLORCA				MENORCA			EIVISSA	FORMENTERA
		Mesozoic plegat		Miocè superior		Mesozoic	Miocè superior		Mesozoic plegat	Miocè superior
		Serra de Tramuntana	Serres de Llevant	Miòcè del Migjorn	Marina de Llucmajor	Tramuntana	Migjorn extrems E-W	Migjorn zona central		
Avencs de la zona vadosa	avencs de dissolució	●	○			○		○		
	pous d'alimentació nival	○								
	avencs d'origen mecànic	●	○			○		○		
Coves de la zona vadosa	coves estructurals	●								
	coves d'esfondrament	●	○	○	○	○	○	○		
	sales de col·lapse de volta baixa	●	○	○		○		○		
	dissolució de guixos subjacents	○								
Coves freàtiques no litorals	galeries de drenatge	●	○					●		
	xarxes laberíntiques	○	○	○						
	coves hipogèniques		○		○					
Coves de la franja litoral	coves de la zona de mescla costanera	○	○	●	○		●	○	○	
	xarxes freàtiques amb control estructural		○	○					○	
	coves marginals litorals							○	●	
	xarxes freàtiques litorals amb influències hipogèniques				●					
	captures càrstico-marines	●	●	●	○	○	●	○	○	

● abundància ○ presència

Taula I: Classificació morfogenètica de les coves i avencs de les Illes Balears. S'indica l'abundància relativa de les distintes tipologies en les principals regions càrstiques de l'arxipèlag (consulteu les explicacions addicionals incloses al text).

Table I: Morphogenetic classification of caves and shafts in the Balearic Islands. The relative abundance of the different typologies in the main karst regions of the archipelago is also shown in the table (see additional explanations in the text).

de les distintes tipologies en les regions càrstiques de les illes; en aquest sentit, per a cada tipus de cavitats s'expressa la seva *abundància* significativa o tan sols la seva *presència* ocasional.

A continuació es descriuran els contextos hidrogeològics i morfològics de les quatre grans categories establertes, així com els diversos tipus i subtipus que s'hi distingeixen. Per tal de complementar la classificació proposada, a la Figura 1 es representen els perfils idealitzats de les diferents illes i les tipologies de cavitats que hi són presents. L'illa d'Eivissa i la regió de la Tramuntana de Menorca no compten amb representació gràfica a l'esmentada figura, donat la relativa pobresa del seu endocarst; en el cas d'Eivissa, resulta més o manco vàlida la representació corresponent a les muntanyes de Mallorca, encara que salvant les distàncies que imposen les diferències d'escala entre ambdues illes.

Els avencs de la zona vadosa

El major nombre de cavitats explorables s'ubica en la zona vadosa del carst –o zona d'infiltració–, la qual està presidida, des del punt de vista hidrogeològic, per una ràpida circulació vertical de les precipitacions meteorològiques a través de la part superior dels massissos calcaris. Les cavitats més característiques d'aquesta zona són els avencs, els quals constitueixen una primera categoria morfogènica que agrupa formes subterrànies generades i evolucionades íntegrament en la zona vadosa del carst, i que estan relacionades amb la infiltració de les precipitacions i el seu recorregut fins a assolir el nivell freàtic (Figura 1). En la majoria dels casos es tracta d'avencs excavats en els materials plegats que integren les àrees muntanyoses de les illes; abunda sobretot en les calcàries mesozoiques, encara que també hi ha avencs importants desenvolupats en els conglomerats del Miocè inferior. Dins d'aquesta primera categoria es diferencien dues tipologies de cavitats verticals (Taula 1) que es descriuen tot seguit, així com un subtipus addicional d'una d'elles.

AVENCs DE DISSOLUCIÓ

Sens dubte és un dels tipus de cavitats més abundants a les elevacions muntanyoses de la Serra de Tramuntana de Mallorca, trobant-se també representats en major o menor mesura a gairebé totes les regions naturals de l'arxipèlag. Aquesta tipologia agrupa un ampli ventall de formes de tendència vertical, originades per dissolució en condicions vadoses a conseqüència del drenatge en profunditat de les precipitacions. En la present classe entrarien des dels petits avencs epicàrstics, existents als camps de lapiaz, fins a les nombroses cavitats verticals de majors dimensions (Figura 2), assimilables als *gouffres d'absortion* de GÈZE (1953); els avencs de dissolució vadosa apareixen generalment referits a la bibliografia internacional amb termes diversos com: *vadose shafts*,

solutional shafts o *vadose pits* (FORD & WILLIAMS, 2007; HESS, 2005). Els millors exponentes d'aquest tipus d'avencs se situen a les muntanyes mallorquines i estan integrats per un o més buits verticals, sovint fusiformes (MAUCCI, 1952) i assentats sobre fractures, que se succeeixen en profunditat i arriben a assolir fondàries superiors als 300 m, com és el cas de l'Avenc del Puig Caragoler, al municipi d'Escorca (PLOMER & GINÉS, 2008). Alguns avencs inclouen impressionants pous de més de 100 m de fondària, com l'Avenc des Travessets, a Artà (Figura 3), o l'Avenc d'Escorca i l'Avenc de s'Aigo (GRUP ESPELEOLÒGIC EST, 1982, 1986), ambdós al municipi d'Escorca. Els avencs d'aquest tipus també estan representats a les muntanyes d'Eivissa i a l'illa de Menorca, encara que en general es tracta de escasses cavitats de dimensions molt modestes.

Pous d'alimentació nival. Dins la tipologia que ha estat descrita al paràgraf precedent, és possible diferenciar un subtipus de cavitats que evidencien una important alimentació nival present i/o pretèrita (GINÉS & GINÉS, 1974, 1987), i per tant estan representades únicament a les muntanyes més elevades de Mallorca. Aquests pous d'alimentació nival són de fet avencs de dissolució que presenten fondàries reduïdes i estan dotats d'àmplies boques, on s'acumulen les precipitacions de neu i s'infiltra lentament les aigües resultants de la seva fusió. Moltes cavitats dels massís del Massanella, a Escorca, són prou il·lustratives d'aquest subtipus (GINÉS *et al.*, 1980, 1982), així com un bon nombre d'avencs localitzats a les cotes superiors de la Serra de Tramuntana (GINÉS & GINÉS, 2009).

AVENCs D'ORIGEN MECÀNIC

Aquest tipus d'avencs són cavitats de planta rectilínia que arriben de vegades a profunditats notables. La seva presència està relacionada amb els processos de distensió que es produeixen als relleus enèrgics de les muntanyes illenques i, en particular, a les proximitats de grans penya-segats. Així es formen importants esclatxes, molt properes i paral·leles als espadats rocósos, que es correspondrien amb les *fentes de décollement* de RENAULT (1967) o els *gouffres tectoniques* de GÈZE (1953). Els avencs d'aquestes característiques estan presents sobretot a les zones muntanyoses de les diferents illes, vinculats generalment a l'existència d'espadats notables ja siguin interiors o costaners. Els exemples més destacables, pel que fa a les seves dimensions, se situen a la Serra de Tramuntana de Mallorca, com és el cas de l'Avenc de ses Papallones, a Bunyola (TRIAS, 1979a), o el Crull de Can Termes, al terme d'Escorca (ENCINAS, 1995), que supera els 200 m de fondària. En algunes ocasions, com succeeix a la Mola del Ram (entre els municipis mallorquins de Puigpunyent i Esporles), es tracta d'importants fractures verticals gairebé no retocades pels processos de carstificació, les quals no estan lligades directament a la presència de grans espadats sinó a la distensió generalitzada del massís calcari (GINÉS & GINÉS, 2009).

Les coves de la zona vadosa

Una gran part de les cavitats accessibles a l'espeleòleg són coves horitzontals que han experimentat una dilatada evolució en condicions vadoses, amb independència de la seva possible excavació inicial en un context hidrogeològic diferent. D'aquesta manera, la segona categoria de formes subterrànies que es distingeix ara, agrupa les coves de tendència subhoritzontal que tenen en comú dues característiques definidores: es troben avui en dia situades a la zona vadosa dels mas-

sissos càrstics (Figura 1) i, a més a més, les morfologies actualment observables fan molt difícil establir com eren els buits primigenis que originaren les cavitats. En molts de casos, la gènesi d'aquestes coves pot correspondre a una excavació en règim freàtic dels buits inicials; es tractaria del que BÖGLI (1980) denomina *secondary vadose caves*, en contraposició als avencs abans descrits, el caràcter vadós dels quals és clarament primari. Es distingeixen dos tipus principals de coves que reuneixen aquests trets, essent factible individualitzar altres dos subtipus addicionals dintre del que es denomina amb el terme general de coves d'esfondrament (Taula I).

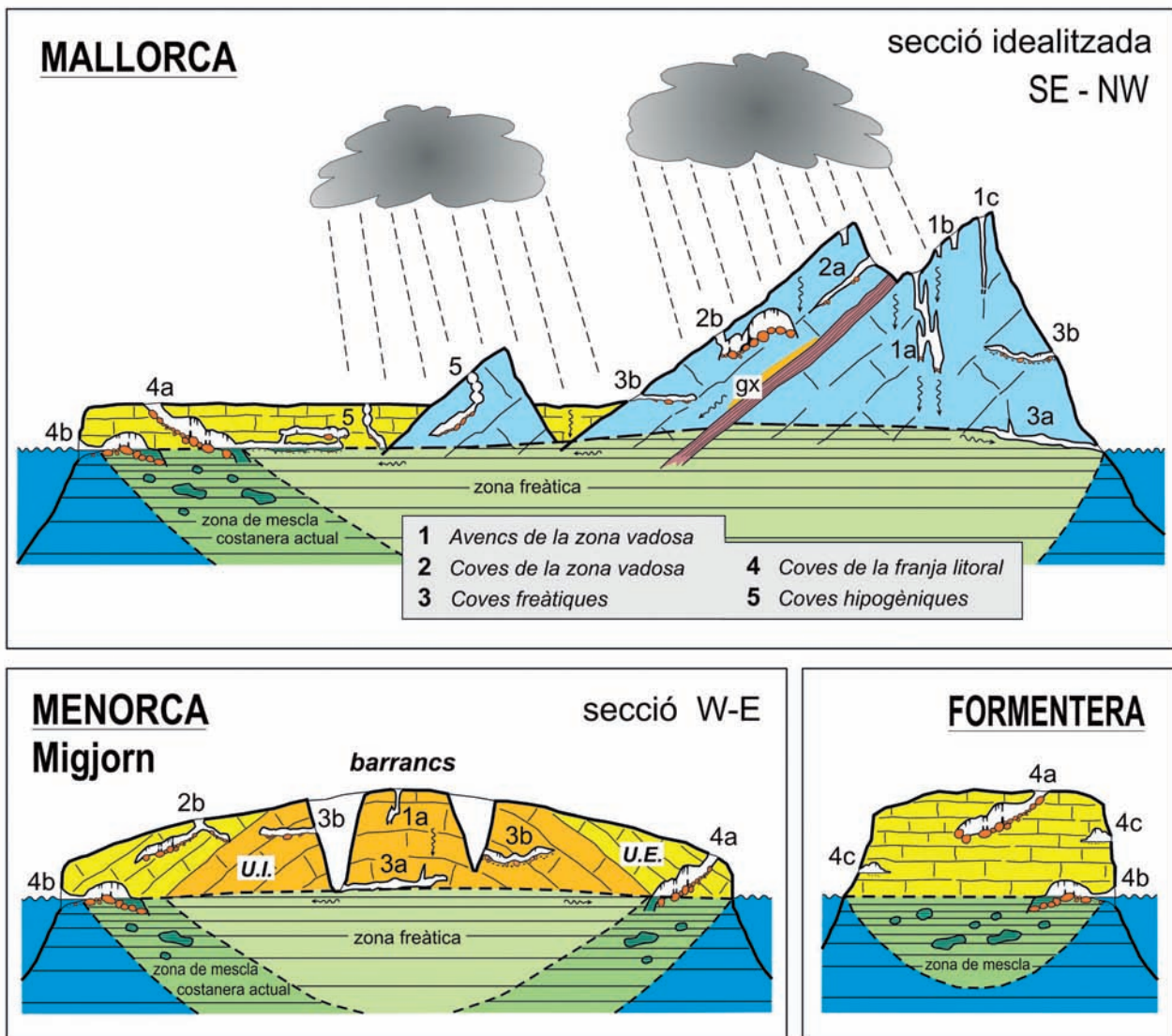


Figura 1: Representacions esquemàtiques dels tipus de cavitats presents a les Illes Balears, realitzades al llarg d'uns perfils ideals de les illes de Mallorca, Menorca i Formentera (consulteu les explicacions addicionals incloses al text).
1a: avenc de dissolució vadosa; **1b:** avencs vadosos d'alimentació nival; **1c:** avenc d'origen mecànic; **2a:** cova estructural; **2b:** cova d'esfondrament; **gx:** guixos triàsics subjacents; **3a:** coves freàtiques amb activitat hidrològica; **3b:** coves freàtiques antigues; **4a:** coves de la zona de mescla costanera, morfològicament molt evolucionades; **4b:** coves càrstico-marines; **4c:** coves marginals litorals; **5:** coves hipogèniques.
 En el Miocè superior de Menorca, s'han diferenciat les unitats inferiors (**U.I.**) de les unitats superiors esculloses (**U.E.**) molt més permeables.

Figure 1: Schematic representations of the cave typologies present in the Balearic archipelago, outlined on ideal cross-sections of Mallorca, Menorca and Formentera (see additional explanations in the text).
1a: vadose dissolution shaft; **1b:** snow-fed vadose shafts; **1c:** mechanical shaft; **2a:** structurally controlled cave; **2b:** breakdown or collapse cave; **gx:** subjacent Triassic gypsum; **3a:** phreatic caves, still presenting hydrological activity; **3b:** ancient phreatic caves; **4a:** coastal mixing-zone caves, very evolved morphologically; **4b:** marine-karstic caves; **4c:** flank margin caves; **5:** hypogenic caves.
 In the Upper Miocene of Menorca, the lower units (**U.I.**) and the more permeable upper reefal units (**U.E.**) have been differentiated.



Figura 2: Pou inicial de l'Avenc dels Portuguesos (Escorca) que es localitza a la zona de Mortitx, sens dubte un dels paratges càrstics més rellevants de la Serra de Tramuntana mallorquina. Es tracta d'un típic avenc de dissolució de la zona vadosa, relacionat amb el drenatge vertical de les precipitacions (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 2: Entrance pit of Avenc dels Portuguesos (Escorca) located at Mortitx area, undoubtedly one of the most outstanding karst landscapes from Serra de Tramuntana mountains, in Mallorca Island. It is a typical vadose solutional shaft, related to the vertical drainage of meteoric precipitations (Photo: Gabriel Santandreu).

COVES ESTRUCTURALS

En primer lloc, dins la categoria de coves situades a la zona vadosa s'inclou un tipus que designem com a coves estructurals. Es tracta de cavitats localitzades als materials plegats de la Serra de Tramuntana mallorquina, que consisteixen en una o varies àmplies sales disposades amb una tònica general descendent, aprofitant discontinuïtats subhorizontals com són algunes falles o, més freqüentment, plans d'encavalcament. Aquestes coves han estat sovint retocades per esfondraments de les voltes, així com emmascarades per abundants dipòsits estalagmítics. Localitats com la Cova de ses Meravelles (Bunyola), la Cova Morella i la Cova del Boc (ambdues a Pollença) i la Cova de la Tossa Alta (Escorca) són molt bons exemples d'aquest tipus de cavitat.

COVES D'ESFONDRAMENT

La segona tipologia de cavitats vadoses està representada per les coves d'esfondrament, la morfologia de

les quals està del tot condicionada per l'existència de grans acumulacions de blocs rocosos despresos de les parets i voltes. Aquests mecanismes morfogenètics apareixen designats a la bibliografia internacional amb expressions molt generals com *breakdown* o *collapse processes* (KLIMCHOUK *et al.*, 2000; FORD & WILLIAMS, 2007; PALMER, 2007), o termes més específics com *incasion* (BÖGLI, 1980); a la literatura espeleològica en llengües hispanes ha estat freqüent l'ús del terme –no gaire afortunat ni precís– de *procesos clàstics* (MONTORIOL-POUS, 1951). En les coves balears resulta del tot habitual que aquests fenòmens assolixin una magnitud destacable, de manera que arriben gairebé a esborrar per complet els indicis relatius a les primeres fases de l'excavació de les cavitats (GINÉS & GINÉS, 1987; GINÉS, 1995); per a la majoria d'elles no es pot descartar un origen freàtic, encara que el seu aspecte actual no aporti cap evidència en aquest sentit. En general, les coves corresponents a aquesta tipologia tenen caràcter subhoritzontal i de vegades un volum certament important; la decoració estalagmítica sol estar present, emmascarant les acumulacions de blocs rocosos. Malgrat que estan representades pràcticament a totes les regions càrstiques de l'arxipèlag, els exemples més il·lustratius es donen a les calcàries mesozoiques plegades de la Serra de Tramuntana mallorquina, amb localitats ben representatives com les Coves de Campanet (LLOPIS-LLADÓ & THOMAS-CASAJUANA, 1948) o la Cova de sa Campana, al municipi d'Escorca, que conté alguna sala que ultrapassa els 100.000 m³ de volum (BARRERES *et al.*, 1976; MIR & TRIAS, 1973). Una menció particular mereixen algunes cavitats d'entrada vertical com l'Avenc de Son Pou (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1952a), al terme de Santa Maria del Camí, constituïdes per àmplies sales d'esfondrament accessibles mitjançant obertures naturals existents en el zenit de les seves voltes; aquestes formes subterrànies es correspondrien amb els *gouffres d'effondrement* de GÈZE (1953).

Fent al·lusió als mecanismes de reajustament mecànic de les voltes i parets, és convenient remarcar que gairebé totes les tipologies que es descriuran d'ara endavant es veuen afectades, en major o menor mesura, pels processos d'esfondrament o col·lapse (Figura 4). No obstant això, la pervivència de vestigis dels buits freàtics primigenis o el particular context hidrològic actual –per exemple, la relació genètica amb la zona de mescla litoral– permeten que determinades coves on predominen les morfologies d'esfondrament siguin adscrites a altres categories, ja que evidencien unes connotacions hidrogeològiques i/o hidrogeoquímiques molt més específiques.

Sales de col·lapse de volta baixa. Resulta fàcil de constatar el fet que bastants de les coves pertanyents a la tipologia de coves d'esfondrament presenten unes característiques ben diferenciades, les quals permeten agrupar-les en un subtipus que s'ha designat amb el nom de sales de col·lapse de volta baixa. Es tracta de sales d'àmplies dimensions en planta, però que mostren un volum proporcionalment moderat com a conseqüència de l'escassa alçada de les seves voltes. Les cavitats que reuneixen aquestes condicions estan representa-

des a gairebé totes les illes, malgrat que els exemples més abundants i significatius es localitzen a les diferents àrees muntanyoses de Mallorca, com és el cas de la Cova de Can Sion, a Pollença (ENCINAS, 1994), la Covota de la Penya Rotja, a Alcúdia (TRIAS, 1986a), o la Cova des Diners, a Manacor (TRIAS, 1979b); a l'illa d'Eivissa, la turística Cova de Can Marçà (a prop del Port de Sant Miquel) entraria així mateix dins la tipologia que ens ocupa. També trobem cavitats d'aquestes característiques en els dipòsits carbonatats del Miocè superior de la zona de Ca n'Olesa, als voltants de Portocristo (GINÉS *et al.*, 2007), així com en els materials anàlegs del Migjorn de Menorca on es localitza la Cova C-2, al nord de Ciutadella (TRIAS, 2004). Aquest subtipus de cova d'esfondrament es correspon amb algunes modalitats de les *collapse chambers*, tal i com foren definides per GINÉS (2000a), que consisteixen en grans sales generades pel col·lapse generalitzat d'àrees extenses del rocam calcari, amb un desplaçament vertical de la massa rocosa més aviat petit. Les cavitats originades, a més de presentar voltes d'alçades modestes i fins i tot bastant reduïdes, tendeixen en ocasions a verticalitzar-se cap a la seva perifèria arribant a fondàries notables, com succeeix a la Cova de Can Sion (Pollença), que ultrapassa el centenar de metres de fondària.

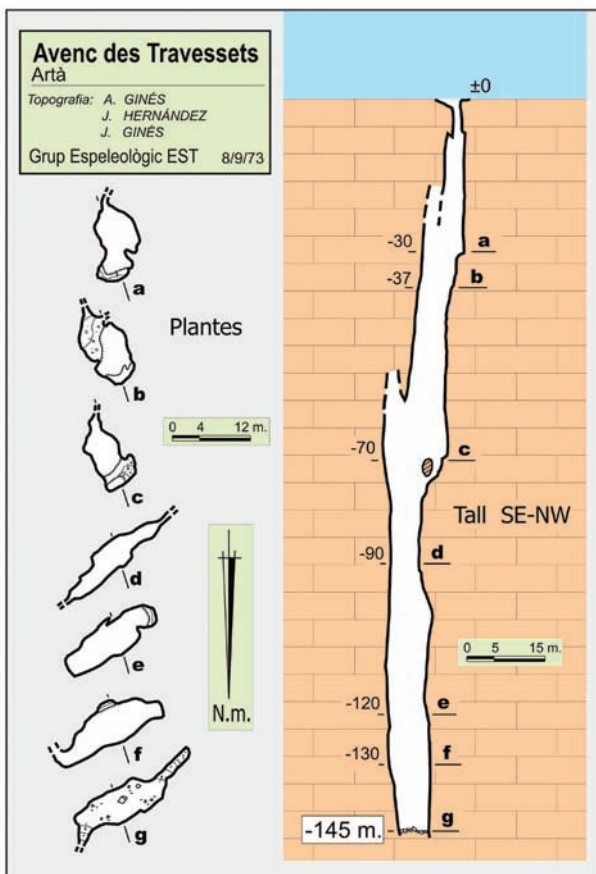


Figura 3: Els avencs de dissolució generats a la zona vadosa abundan a les elevacions muntanyoses de Mallorca, on assolixen de vegades profunditats importants.

Figure 3: The dissolution shafts originated in the vadose zone are abundant in the mountain areas of Mallorca, where they sometimes reach significant depths.

Dissolució de guixos subjacents. Algunes coves que exhibeixen morfologies dominants d'esfondrament o col·lapse poden estar relacionades amb reajustaments mecànics de la massa calcària, provocats per la dissolució de guixos subjacents. L'esmentada situació es produeix amb relativa freqüència a la Serra de na Burguesa (BOVER *et al.*, 2004), a cavall dels municipis mallorquins de Calvià i de Palma, essent les Coves del Pilar (Palma) la localitat on aquests fenòmens s'observen amb més claredat (VICENS *et al.*, 2005); aquí, els guixos del Triàsic apareixen en les galeries artificials inferiors, disposats en bancs massius d'uns pocs metres de potència. Convé remarcar que els processos responsables d'aquest subtipus de coves d'esfondrament ja havien estat proposats per CAÑIGUERAL (1949), per tal d'explicar la formació de determinades coves de la Serra de Tramuntana. Aquesta modalitat genètica no està documentada en cap altra regió càrstica de l'arxipèlag.

Les coves freàtiques no litorals

La tercera categoria morfogenètica, que ha estat diferenciada dins l'endocarst balear, reuneix determinades coves que denoten clarament una gènesi lligada a processos de dissolució en règim freàtic, malgrat que cal reconèixer el fet que aquestes cavitats no són en general massa freqüents en les diferents regions de l'arxipèlag. La categoria que ens ocupa ara està integrada per formes subterrànies excavades originàriament a la banda inferior dels massissos càrstics, és a dir a la zona freàtica, on tots els buits existents a la roca –porositat primària, fractures i conductes càrstics– es troben totalment negats d'aigua de manera permanent. En aquest horitzó hidrogeològic, també conegut com a zona saturada, el drenatge subterrani s'organitza en sentit horitzontal cap a les surgències, mitjançant les quals són evacuades les aigües que circulen per l'interior del sistema càrstic (Figura 1). No obstant això, en la majoria d'ocasions aquests fenòmens endocàrstics estan, ara per ara, desconnectats de les circulacions subterrànies actives, com a resultat de la història geomorfològica dels massissos calcaris als quals pertanyen. A més a més, en la mesura que sovint es tracta de formes senils i no funcionals des del punt de vista hidrològic, aquestes cavitats solen haver experimentat una intensa evolució morfològica després d'haver passat a formar part de la zona vadosa del carst (processos d'esfondrament i deposició d'espeleotemes, bàsicament). Es poden distingir tres tipus de coves freàtiques no litorals, tal i com apareix expressat a la Taula I.

GALERIES DE DRENATGE

En general estan constituïdes per galeries més aviat rectilínies i no gaire ramificades, on és possible observar freqüentment morfologies arrodonides produïdes per la dissolució en condicions freàtiques. Algunes de les localitats pertanyents a aquesta tipologia són encara actives, pel que fa a la seva funcionalitat hidrològica,

i estan recorregudes per corrents subterranis perennes (Figura 5). Alguns exemples d'aquestes característiques són abundants a la Serra de Tramuntana mallorquina, on destaquen la Cova dels Estudiants (ROMERO, 1975; BENYSEK, 1988) i la Font des Verger (RIPOLL & ROCA, 1974; CORRIGAN, 1998), localitzades al municipi de Sóller, les quals contenen sengles cursos subterranis actius i compten amb importants continuacions subaquàtiques. Altres cavitats actives destacables, situades a la mateixa regió de Mallorca, són la Cova des Torrent de Cúber, a Escorca, o la Cova de les Rodes (ENCINAS, 1972) i la Font de l'Algaret (GRUP NORD DE MALLORCA, 1973), ambdues situades al terme de Pollença.

En altres ocasions ens trobem amb formes subterrànies no funcionals, que en són testimoni de la complexa història geomorfològica dels relleus de la Serra de Tramuntana. Localitats com la Cova de Canet, a Esporles (PONS-MOYÀ *et al.*, 1979; ALCOVER *et al.*, 2001), o la Cova de Cal Pessó, a Pollença (MORRO & MORRO, 1972), constitueixen exemples ben eloqüents d'antics conductes freàtics de drenatge, hidrològicament inactius a hores d'ara.

A part de les localitats ja citades, que es circumscriuen sempre a les àrees muntanyoses, sobretot les septentrionals de l'illa de Mallorca, l'altra regió càrstica on també es troba representada aquesta tipologia és el Migjorn de Menorca. En el sector central d'aquesta extensa plataforma calcària abunden les formes de dre-

natge, excavades en relació amb l'aprofundiment dels importants barrancs que solquen aquesta part de l'illa (Figura 1); tal situació té a veure amb el fet que els materials postorogènics del Miocè superior, que afloren en el sector central del Migjorn, són les relativament poc permeables "unitats inferiors" (GINÉS & FORNÓS, 2004; GINÉS *et al.*, 2008), degut a la particular disposició estructural de la citada regió en forma d'anticlinal lax (GELABERT, 2003). En molts de casos, com succeeix a la Cova de ses Abelles (TRIAS, 2004), a Ferreries, es tracta de galeries no funcionals que apareixen penjades en les parets d'espectaculars canyons fluvio-càrstics com el Barranc d'Algendar (Figura 6). En aquest sector existeixen així mateix algunes cavitats importants hidrològicament actives com són la Cova d'en Curt, a Ferreries (TRIAS & GINÉS, 1989), i la Font de sa Vall, també anomenada Cova de s'Aigo de Son Boter, al municipi d'Es Migjorn Gran, la qual segons sembla ultrapassa els tres quilòmetres de recorregut (GINÉS & FORNÓS, 2004; TRIAS, 2004).

XARXES LABERÍNTIQUES

Aquest tipus de cavitats és generalment de dimensions modestes i està representat en totes les regions naturals de Mallorca, encara que amb molt escasses localitats; a les altres illes no es coneixen cavitats que



Figura 4: Les morfologies d'esfondrament o col·lapse estan presents a la gran majoria de les tipologies de les coves balears. A la imatge es pot observar una de les grans sales de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor), extensa cavitat de gènesi complexa localitzada al litoral meridional de Mallorca (Foto: Bogdan Onac).

Figure 4: Breakdown or collapse features are ubiquitous in the vast majority of cave typologies represented in the Balearic Islands. In this picture, one of the biggest chambers from Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) can be observed; it is a genetically complex large cave located in the southern coast of Mallorca (Photo: Bogdan Onac).

Figura 5: El tram final de la Cova de les Rodes (Pollença, Mallorca) es veu recorregut per un corrent hidric perenne que drena cap a la Cala Sant Vicenç. Les formes de drenatge de tendència subhoritzontal compten amb els seus millors exemples a la Serra de Tramuntana de Mallorca i al sector central del Migjorn de Menorca (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 5: The final passages in Cova de les Rodes (Pollença) are traversed by an underground stream flowing towards Cala Sant Vicenç coastal bight. The subhorizontal drainage conduits are well represented at Serra de Tramuntana, in Mallorca Island, as well as at the central sector of Migjorn region in Menorca (Photo: Gabriel Santandreu).



puguin ser adscrites a aquesta tipologia. Es tracta de fragments inactius de xarxes laberíntiques de conductes, excavats en el seu moment en la zona freàtica del sistema càrstic. La Cova de Son Burguet (Puigpunyent), o la Cova d'en Tocahores (Petra), són cavitats prou il·lustratives, si bé la localitat més remarcable pel seu desenvolupament proper al quilòmetre de galeries és sens dubte la Cova de sa Teulada, al municipi de Santa Margalida (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1952b). L'esmentada localitat, encara que geogràficament es troba allunyada de la regió del Migjorn de Mallorca, està enclavada en els mateixos materials calcaris postorogènics del Miocè superior que configuren el sud i llevant de l'illa; per aquest motiu, i encara que sigui d'una manera prou forçada, considerarem la Cova de sa Teulada com a pertanyent al Migjorn, tan sols en base als criteris d'afinitat litològica amb aquesta regió càrstica mallorquina.

Tant en la present tipologia –xarxes laberíntiques– com en l'anterior –galeries de drenatge–, la gènesi freàtica dels buits primigenis és força evident, tot i que les cavitats han experimentat de vegades una dilatada evolució en condicions vadoses. En ambdós casos, semblen correspondre a una gènesi freàtica poc profunda, relacionada amb la banda de fluctuació de les aigües subterrànies, o zona epifreàtica.

COVES HIPOGÈNIQUES

L'existència de cavitats de gènesi hipogènica és una idea d'introducció més aviat recent i, endemés, està dotada de significats diversos segons els autors que han encunyat i generalitzat l'ús d'aquest concepte (GINÉS & GINÉS, 2009). Per una banda inclouria les cavitats originades per una alimentació hídrica profunda (KLIMCHOUK, 2007; FORD & WILLIAMS (2007), mentre que altres autors es refereixen als buits originats per

processos de dissolució diferents dels mecanismes de carstificació convencionals com, per exemple, els lligats a aportacions de CO₂ d'origen profund o a l'oxidació de H₂S (PALMER, 2007). Resulta fàcil constatar que ambdues interpretacions se solapen àmpliament, com succeeix en el cas de les coves hidrotermals, les quals poden ser considerades hipogèniques en les dues accepcions del terme, és a dir tant des del punt de vista hidrogeològic com del geoquímic.

En els turons centrals de Mallorca es localitza una singular i interessant cavitat, la Cova Nova de Son Lluís (Porreres), la qual exhibeix algunes morfologies que apunten cap a una possible gènesi hipogènica (GINÉS & GINÉS, 2006), probablement relacionada amb les anomalies geotèrmiques documentades al sector meridional de l'illa (LÓPEZ & MATEOS, 2006; LÓPEZ, 2007). La cova s'obre en materials plegats calcari-dolomítics del Retià, i es caracteritza per la presència de cambres i cúpules coalescents de formes aproximadament esfèriques, que configuren els sectors superiors de la cavitat. Cal indicar que les morfologies consistents en cambres isomètriques de fins a alguns metres de diàmetre, disposades sovint en estructures tridimensionals ramificades, són considerades formes característiques de l'espeleogènesi hidrotermal poc profunda (DUBLYANSKY, 2000, 2005); amb freqüència estan relacionades amb processos actius de condensació-corrosió lligats a la presència de llacs subterranis d'aigües termals (DUBLYANSKY & DUBLYANSKY, 2000; AUDRA *et al.*, 2009a, 2009b).

Dins d'un context geològic força diferent, el Pou de Can Carro –també conegut com la Cova de ses Sitjoles– es localitza en els materials postorogènics (Miocè superior i Pliocè) de la vora occidental de la depressió subsident de Campos. Es tracta d'un rosari de cúpules i cavitats verticals arrodonides, de plausible origen hipogènic, que en les seves cotes inferiors assoleixen una sala d'esfondrament on s'arriba al nivell freàtic.



Figura 6: Al sector central de la regió càrstica del Migjorn de Menorca són freqüents les formes subterrànies de drenatge excavades en relació amb importants barrancs fluviocàrstics (topografia extreta de TRIAS, 2004).

Figure 6: Caves consisting in drainage conduits formed in relation with important fluviokarstic canyons are common in the central sector of the Migjorn karst region, in Menorca Island (survey reproduced after TRIAS, 2004).

És precís assenyalar que les dues coves citades es troben entre les poques localitats de les Balears que presenten aquestes curioses i singulars morfologies. Aquest fet, tot junt amb el reconeixement d'altres indicis d'espeleogènesi hipogènica en l'endocarst litoral de la plataforma de Lluçmajor –concretament a la Cova des Pas de Vallgornera (GINÉS *et al.*, 2009b), a la qual es farà referència més endavant– reforça la interpretació hidrotermal de les seves morfologies tan específiques.

Coves de la franja litoral

Aquesta quarta i última gran categoria està ben representada a pràcticament totes les illes de l'arxipèlag, òbviament en relació amb el caràcter costaner, en major o menor mesura, de la totalitat de les regions càrstiques de les Balears. Emperò, els millors exponents de les cavitats associades a la franja litoral es localitzen als dipòsits postorogènics del Miocè superior, presents a gairebé totes les illes, i molt en particular a la regió natural del Migjorn de Mallorca. En la categoria que ara ens ocupa s'inclou un ampli i interessant ventall de coves, l'origen i posterior evolució de les quals es troben condicionats –d'una manera directa o indirecta– per la

proximitat a la línia de costa. Es diferenciaren tres tipus de coves costaneres, a més de dos subtipus addicionals que s'emmarquen dins del grup de cavitats generades a la zona de mescla litoral (Taula I; Figura 1).

COVES DE LA ZONA DE MESCLA COSTANERA

Ja des de finals del XIX, les nombroses coves existents en els materials carbonatats del Miocè superior postorogènic del sud i llevant de Mallorca han atret l'atenció de viatgers i naturalistes, arran sobretot de les exploracions i descobertes efectuades fa més d'un segle en les Coves del Drac, al municipi de Manacor (MARTEL, 1896). Al llarg de les darreres dècades, s'ha anat suggerint per a aquestes coves un model genètic que contempla la formació d'uns buits primigenis, originats per dissolució en la zona freàtica litoral (GINÉS & GINÉS, 1992; GINÉS, 2000b; GINÉS *et al.*, 2008) a causa de l'agressivitat que es deriva de la mescla entre aigües continentals dolces i aigües marines, dins d'un context hidrogeològic d'elevada permeabilitat per mor d'una important porositat primària. Les cavitats freàtiques inicials experimentaren al llarg del Pleistocè esfondraments extensius de les voltes i parets (GINÉS & GINÉS, 2007), especialment durant les davallades glacio-eustàtiques del nivell marí; mentre que intenses fases

de deposició d'espeleotemes varen contribuir després a emmascarar les característiques dels buits primigenis. Cal remarcar, en aquest sentit, que la magnitud dels processos de col·lapse i reajustament mecànic de la massa rocosa condiciona gairebé del tot l'aparença actual d'aquest tipus de coves (Figura 7), al mateix temps que és responsable de la seva obertura al exterior per mitjà d'enfonsaments en superfície, o abisaments, de vegades ben espectaculars.

El patró planimètric de les coves d'aquesta tipologia denota la coalescència, un tant aleatòria, d'unitats d'esfondrament més o manco independents, que han anat creixent tridimensionalment i connectant unes amb les altres (GINÉS & GINÉS, 2007; GRÀCIA *et al.*, 2007), fins a donar lloc a una disposició en planta de caràcter *ramiforme* en el sentit enunciat per PALMER (2007). Aquest patró més aviat aleatori es veu fortament condicionat per la litologia dels dipòsits carbonatats del Miocè superior (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c), essent possible observar-ho amb claredat en les fàcies de front d'escull, com a resultat de la dissolució extensiva de les construccions de coralls.

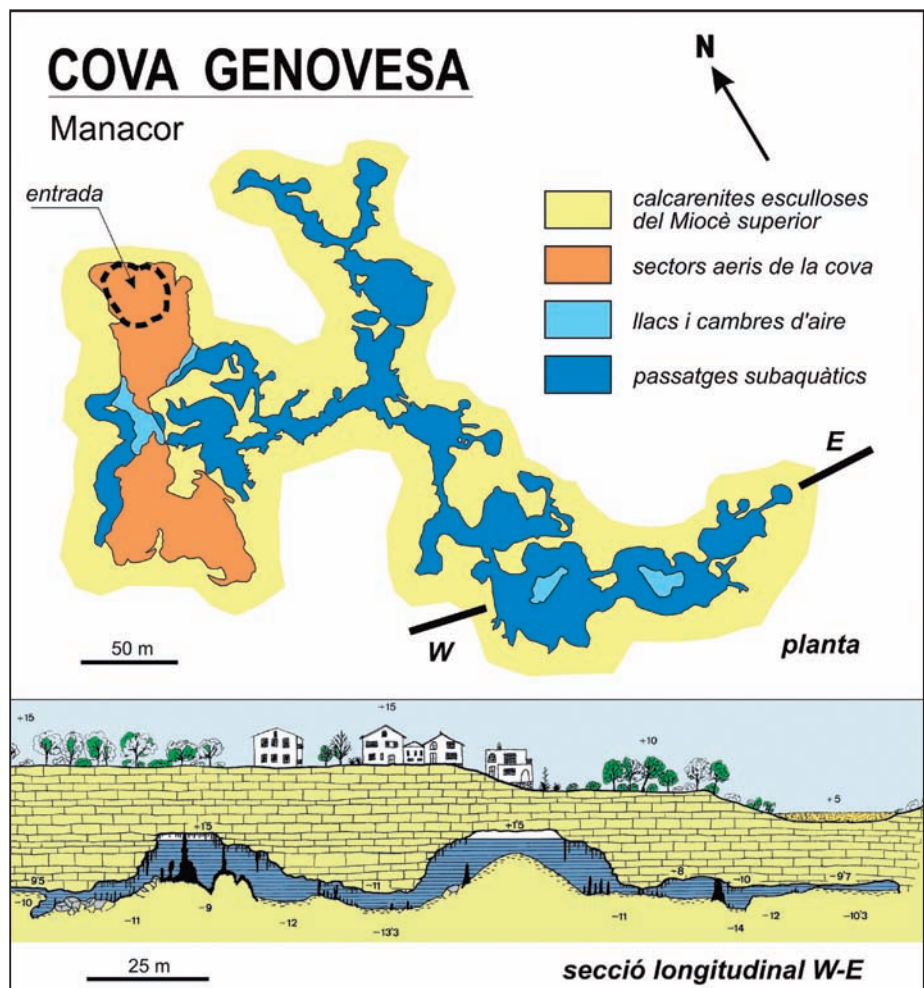
Les variacions del nivell marí durant el Quaternari, degudes a causes glacio-eustàtiques, han deixat emprems diverses en la morfologia d'aquestes coves costaneres, afavorint la presència de reompliments es-

pecífics —espeleotemes freàtics, sediments detrítics litorals i bretxes ossíferes— de gran valor espeleocronològic i paleoambiental (GINÉS & GINÉS, 1995). Així mateix, cal remarcar que el nivell actual de la Mediterrània determina l'existència de llacs subterranis d'aigües freàtiques salabroses (Figura 8), que ocupen les cotes inferiors de les cavitats i es veuen afectats per oscil·lacions marines de reduïda escala temporal, com ara les mareas.

Encara que aquesta tipologia està representada a la pràctica totalitat de regions de les Balears, els exemples més il·lustratius es donen en les plataformes tabulars litorals constituïdes per materials calcaris del Miocè superior, concretament en el Migjorn de Mallorca i en els extrems oriental i occidental del Migjorn menorquí. Pel que fa a la major de les Balears, al municipi de Manacor es localitzen coves destacables com el sistema Pirata-Pont-Piqueta (TRIAS & MIR, 1977; GRÀCIA *et al.*, 2006), la Cova Genovesa o d'en Bessó (GRÀCIA *et al.*, 2003), o el sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007, 2010a; GINÉS *et al.*, 2008); emperò, sens dubte l'exemple clàssic i gairebé paradigmàtic està constituït per les Coves del Drac, famosa cova turística que compta amb una extensa bibliografia que en fa referència (GINÉS & GINÉS, 1992, 2007). Quant a l'illa de Menorca, les cavitats més remarcables d'aquesta tipologia se situen a la zona de Cala Blanca, al municipi

Figura 7: En els materials calcaris postorogènics del Miocè superior es desenvolupen abundants cavitats litorals, afectades per processos de col·lapse generalitzats i parcialment negades després de la pujada holocènica del nivell marí (topografia simplificada segons GRÀCIA *et al.*, 2003). Aquestes cavitats són particularment extenses i abundants al Migjorn de Mallorca i a l'extrem sudoccidental de Menorca.

Figure 7: In the Upper Miocene post-orogenic limestones abundant littoral caves are developed, which are affected by extensive collapse processes and partially drowned after the Holocene sea level rise (simplified survey after GRÀCIA *et al.*, 2003). Such caves are particularly large and abundant in the Migjorn area of Mallorca and in the southwestern end of Menorca Island.



de Ciutadella, amb localitats com la Cova de s'Aigo, la Cova de na Megaró i la Cova des Màrmol (ARNAU *et al.*, 2008), i a l'extrem oriental del Migjorn menorquí com en el cas de la Cova de ses Figueres, al terme de Sant Lluís. En la petita illa de Formentera esmentarem tan sols la Cova de Can Ferrando (TRIAS, 1986b) i la Cova d'en Jeroni (BRISON, 2002), entre d'altres.

Xarxes freàtiques amb fort control estructural. És ben evident que els condicionants litològics influeixen de forma decisiva en la configuració morfològica de les cavitats excavades en el Miocè superior postorogènic de les Balears. Així, mentre en les fàcies de front d'escull dominen les formes de col·lapse lligades a la dissolució dels coralls, tal i com s'ha exposat més a dalt, en les fàcies corresponents a ambients de *lagoon* la permeabilitat associada a la fracturació adquireix major rellevància, en presentar aquests materials una porositat bastant més baixa (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c). Dins d'aquesta línia, algunes localitats del Migjorn de Mallorca com la Cova des Coll, a Felanitx (GRÀCIA *et al.*, 2005), constitueixen extensos sistemes freàtics litorals on hi són actius els processos geoquímics de mescla d'aigües dolces i marines, però on així mateix és ben patent un fort control estructural (diàclasis i fractures en general) pel que fa a la disposició en planta de les cavitats. Amb una freqüència menor, els plans d'estratificació poden assolir un paper important en el desenvolupament d'algunes coves litorals, com succeeix a la Cova Figuera, a Manacor.

Es tractaria, en aquest cas, d'un subtipus de cova de la zona de mescla litoral, però caracteritzat per un patró planimètric (GINÉS *et al.*, 2009a) marcadament rectilini, força diferent en relació al caràcter *ramiforme*, abans descrit, de les coves excavades dins els materials escullosos. La tipologia que ens ocupa ara, es troba també representada a les calcàries plegades mesozoiques de les Serres de Llevant de Mallorca, així com

a l'illa de Formentera, on les Coves de Sant Val·lero formen una petita xarxa de caire laberíntic en els dipòsits carbonatats del Miocè superior (MONTORIOL-POUS & TERMES, 1965; TRIAS, 1983).

Coves marginals litorals. Tal vegada el tret més original de l'endocarst de Formentera consisteix en el que TRIAS (1983) anomena *coves de cingle*. Aquesta classe de cavitats és abundant en determinats indrets de l'illa, com són la Mola i el Cap de Barbaria, on consisteixen en coves de dimensions reduïdes o modestes (Figura 9) que reuneixen una sèrie de característiques ben definides: presenten boques àmplies que s'obren als penya-segats litorals; les seves plantes són allargassades i paral·leles als espadats costaners, comptant amb escassa penetració cap a l'interior del massís; normalment consten d'una sala principal de la que parteixen ramificacions de menor entitat; i dominen en tota la cavitat les morfologies de dissolució, mentre que els esfondraments de les voltes estan poc desenvolupats.

Aquesta classe de coves es correspon amb una remarcable precisió amb els caràcters morfològics propis de les *flank margin caves* descrites per MYLROIE & CAREW (1990). La gènesi del que aquí anomenem *coves marginals litorals* –efectuant una traducció lliure del terme original anglès– es relaciona també amb els processos de mescla associats a la perifèria de la lent d'aigua dolça que s'estableix a les illes calcàries. Per aquest motiu, les coves que tractem ara són considerades com un subtipus específic, prou individualitzat dins la tipologia de les coves de la zona de mescla costanera (GINÉS *et al.*, 2008).

Les coves marginals litorals són francament abundants a Formentera, on destaquen localitats com el complex de la Cova de ses Mamelles, la Cova des Forçats i d'altres cavitats de la Mola (TRIAS, & ROCA, 1975), o les diferents coves properes al Far de Barbaria (TRIAS,

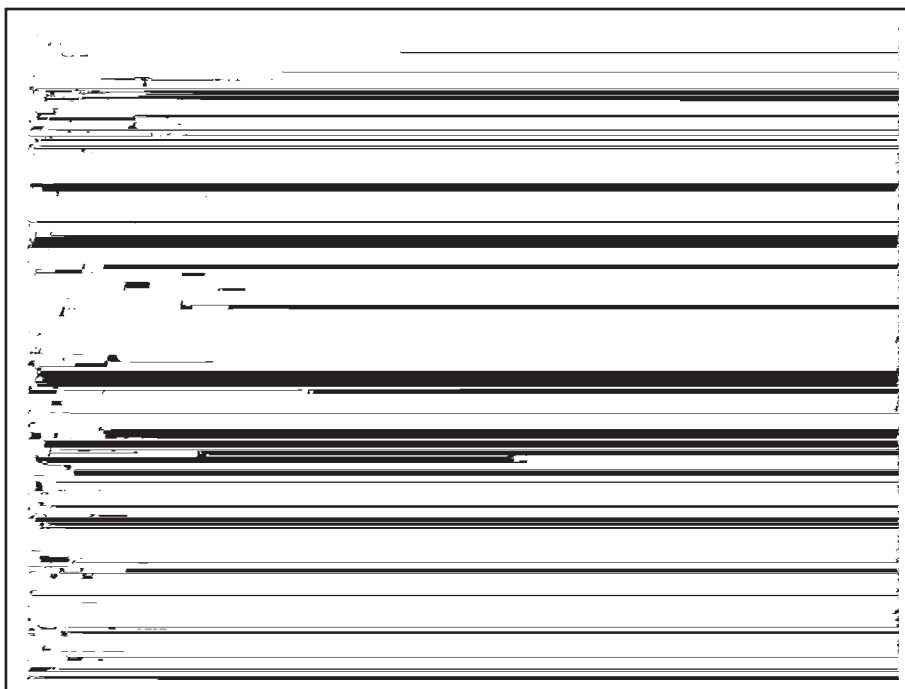


Figura 8: A les coves litorals de tot l'arxipèlag abunden els llacs freàtics d'aigües salabroses, establerts en equilibri hidrodinàmic amb l'actual nivell marí. A la imatge s'observa un dels llacs de les Coves del Pirata (Manacor), una de les cavitats més representatives de l'endocarst del Migjorn de Mallorca (Foto: Antoni Merino).

Figure 8: Brackish phreatic pools, established in hydrodynamical equilibrium with the current sea level, are common in the littoral caves all along the Balearic archipelago. The picture shows one of the coastal phreatic pools in Coves del Pirata (Manacor), a very representative cave within the endocarst of Migjorn region in Mallorca Island (Photo: Antoni Merino).

Figura 9: Topografia d'una cova marginal litoral (*flank margin cave*) de la petita illa de Formentera, on aquesta tipologia es troba ben representada (segons TRIAS & ROCA, 1975).

Figure 9: Survey of a flank margin cave, typology that is relatively well-represented in the small island of Formentera (after TRIAS & ROCA, 1975).



1986b). A part de la seva abundància en la menor de les Pitiüses, l'única regió càrstica de les Balears que compta amb representació d'aquesta tipologia és el Migjorn de Menorca; concretament, en el seu sector central es localitza la Cova d'en Xoroi, al municipi d'Alaior (MURILLO, 1963; GINÉS & FORNÓS, 2004), la qual s'obre als penya-segats costaners de Cala en Porter i reuneix totes les característiques definitòries enunciades per a les coves marginals litorals.

XARXES FREÀTIQUES LITORALS AMB INFLUÈNCIES HIPOGÈNIQUES

Les exploracions recents en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) han fet necessari distingir una tipologia nova que donés compte de les singularitats de l'esmentada cavitat (GINÉS & GINÉS, 2009), les quals es concreten en unes dades espeleomètriques espectaculars –més de 67 km de desenvolupament– i uns trets morfològics singulars en molts d'aspectes (MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009b; GINÉS *et al.*, 2008). En aquest sentit, la cova presenta una acusada disparitat planimètrica i morfològica en funció de les variacions litològiques del rocam del Miocè superior (GINÉS *et al.*, 2009c), però sobretot presenta una associació de formes i sediments que apunten cap a la participació de processos d'espeleogènesi hipogènica en l'excavació d'aquesta gran xarxa subterrània (GINÉS *et al.*, 2009b; FORNÓS *et al.*, 2010, 2011).

Les morfologies més específiques (i fins fa poc no observades a cap altra cavitat de les Balears) són els canals ascendents de dissolució de diverses mides (MERINO & FORNÓS, 2010), assimilables a alguns dels *rising wall channels* de KLIMCHOUK (2007) o als *bubble trails* documentats per PALMER (2007) i AUDRA *et al.*, (2009b, 2009c). Aquestes formes són originades

per fluxos ascendents d'aigües agressives, que tenen lloc en la zona epifreàtica en relació amb processos de desgasificació d'aigües no meteoriques de procedència profunda (Figura 10). Els minerals poc freqüents, que apareixen associats a algunes d'aquestes morfologies, semblen recolzar la participació de processos hipogènics en l'excavació de la cova (MERINO *et al.*, 2009a).

La Cova des Pas de Vallgornera és, sense discussió, un cas del tot singular dins l'endocarst del Migjorn de Mallorca, que ens ha portat a considerar la plataforma de Llucmajor com una subregió càrstica individualitzada (Taula I). Aquesta gran xarxa subterrània pareix obeir a l'actuació conjunta de diferents mecanismes espeleogenètics: els processos de dissolució lligats a la zona de mescla litoral, una gens menyspreable recàrrega superficial de origen meteoric, i una alimentació hídrica de caràcter hipogènic –*sensu* KLIMCHOUK (2007)– associada als fenòmens geotermals recentment documentats al sud de Mallorca (LÓPEZ & MATEOS, 2006; LÓPEZ, 2007). Malgrat no es coneixen fins al present altres cavitats d'aquestes mateixes característiques, tal vegada sigui convenient fer referència a l'estrany desenvolupament topogràfic tridimensional que mostra la Cova de sa Guitarreta, també al municipi de Llucmajor (MIR, 1974). Encara que aquesta localitat actuï avui en dia com a engolidor de les precipitacions, la seva gènesi podria haver estat influenciada per una alimentació hipogènica basal relacionada amb les anomalies geotèrmiques existents a la zona; no obstant això, no s'observen a la citada cova formes diagnòstiques que suportin de manera inequívoca aquesta interpretació. A més a més, convé tenir present les morfologies –cúpules, rosaris de buits rodonencs– descrites més enrere en parlar del Pou de Can Carro (al municipi de Campos), les quals també recolzarien la rellevància de l'espeleogènesi hipogènica en aquests sectors de la Mallorca meridional.



Figura 10: La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor), situada al litoral meridional de Mallorca, mostra morfologies ascendents de dissolució que denoten la participació de processos d'espeleogènesi hipogènica (Foto: Antoni Merino).

Figure 10: In the inner part of Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor), located in the southern coastal area of Mallorca, solutional rising morphologies are substantial evidences regarding the involvement of hypogenic speleogenetic processes (Photo: Antoni Merino).

Finalment cal citar les recents troballes efectuades a la Cova de s'Ònix, situada als voltants de Portocristo, a prop de les turístiques Coves dels Hams. En les seves sales inferiors, que es desenvolupen ja dins el basament mesozoic plegat (GINÉS *et al.*, 2007), s'han documentat morfologies, i sobretot dipòsits singulars, que podrien posar de manifest la participació de processos hipogènics en la morfogènesi d'aquesta interessant localitat.

CAPTURES CÀRSTICO-MARINES

En les costes calcàries és ben freqüent l'existència de cavitats que s'obren en les proximitats de la línia de costa, com a conseqüència de l'actuació dels processos lligats a la dinàmica litoral. A més de les coves originades per l'acció erosiva –majoritàriament mecànica– de les aigües marines, abunda als litorals de tot l'arxipèlag una tipologia de cavitats que són el resultat d'una gènesi mixta relacionada amb el caràcter carbonatat de les costes de les Balears. Ens referim al que MONTORIOL-POUS (1971, 1972) denomina *captures càrstico-marines*, que consisteixen en coves d'un clar d'origen càrstic afectades en major o menor mesura pels mecanismes d'erosió costanera (Figura 11).

De vegades es tracta de cavitats de gènesi càrstica, però amb l'orifici d'accés obert gràcies a l'actuació de la dinàmica litoral, tal i com succeeix a la Cova de na Mitjana (GINÉS *et al.*, 1975; GINÉS, 2000b) i a la Cova de na Barxa (ANDREWS *et al.*, 1989), al municipi de Capdepera, o a nombroses localitats de la zona de Cala Varques i Cala Falcó, al municipi de Manacor (TRIAS & MIR, 1977; TRIAS, 1992; GINÉS, 2000b; GRÀCIA *et al.*, 2010b). En altres ocasions, s'observen aparells endocàrstics gairebé desmantellats del tot per mor de l'evolució morfològica de la línia de costa, com en el cas de la Cova Marina des Pont, a Manacor (TRIAS & MIR, 1977). En aquest tipus de cavitats litorals abunden els dipòsits sedimentaris, sovint força complexos, en els quals s'intercalen seqüències d'espeleotemes amb bretxes ossíferes i materials detrítics marins, constituint registres de gran interès espeleocronològic (GINÉS & GINÉS, 1995; GINÉS, 2000b).

Es pot afirmar que les captures càrstico-marines constitueixen una tipologia ubiqua a les diferents regions càrstiques de l'arxipèlag. Malgrat que els exemples abans esmentats corresponen a la costa oriental mallorquina, cavitats d'aquesta classe són abundants a l'illa de Menorca, sobretot a la regió del Migjorn (GINÉS & FORNÓS, 2004), encara que les costes de la Tramuntana menorquina també compten amb localitats dignes de menció, com la Cova de na Polida de Fornells (MONTORIOL-POUS & ASSENS-CAPARRÓS, 1957). En les Pitiüses, destaca la petita illa de Formentera, en la qual les coves on interfereixen la carstificació i el modelat litoral estan ben representades (MONTORIOL-POUS & TERMES, 1965; TRIAS, 1983, 1986b).

Distribució geogràfica de les tipologies proposades

Les quatre categories morfogenètiques que s'han establert, i els quinze tipus i subtipus de cavitats que les integren, presenten una distribució gens homogènia en les diverses regions càrstiques de les Balears, en raó dels diferents contextos geològics i hidrogeològics que es donen en cadascuna d'elles. S'ha procurat sintetitzar de manera gràfica en la Figura 1 les observacions abans exposades, aportant una visió intuïtiva de com es distribueixen les diverses tipologies al llarg d'una sèrie de perfils idealitzats de Mallorca, Menorca i Formentera; la Tramuntana de Menorca i l'illa d'Eivissa no compten amb representació a l'esmentada gràfica, en raó de la pobresa relativa i de les afinitats morfogenètiques amb les àrees muntanyoses de Mallorca.

Convé recordar novament que la Taula I constitueix de fet el nucli d'aquest treball i resumeix de manera adequada el contingut de la classificació establerta i la distribució geogràfica de les tipologies que han estat diferenciades. Aquesta taula inclou una valoració relativa del grau de representació dels distints tipus i subtipus de cavitats en les regions càrstiques de les Balears, expressant-se per a cadascuna d'elles la seva *abundància* significativa o tan sols la *presència* ocasional. El

subarxipèlag de Cabrera i l'illa de la Dragonera s'han considerats pertanyents, respectivament, a les regions càrstiques de les Serres de Llevant i de la Serra de Tramuntana de l'illa de Mallorca. Val a dir que quan una tipologia és francament rara dins una regió concreta ha estat considerada com a no present en ella; aquest criteri no s'ha aplicat en el cas de les coves amb característiques hipogèniques, que compten tan sols amb dos exemples clars en dues regions distintes però que representen evidències espeleogenètiques del tot singulars. En la ja esmentada Taula I s'han remarcat amb colors diferenciats algunes columnes que corresponen a regions càrstiques prou individualitzades, en base als conjunts de tipologies presents en les diverses unitats territorials. Així mateix, s'han assenyalat amb un fons color magenta clar aquelles tipologies que suposen singularitats morfogenètiques d'algunes regions concretes de l'endocars balear.

Pel que fa als trets específics de les àrees geogràfiques considerades –els quals apareixen reflectits

a les ja comentades Taula I i Figura 1– es fa palesa l'existència de diferències notables entre elles, que cal resumir a continuació. Per una banda, destaquen els relleus muntanyosos de la Serra de Tramuntana de Mallorca, on es constata un predomini del avencs vadosos i de les coves de la zona vadosa, així com bons exemples de coves freàtiques no litorals; les àrees plegades d'Eivissa i de la Tramuntana menorquina, amb materials carstificables majoritàriament mesozoics, mostren unes característiques semblants malgrat presentar una riquesa de formes subterrànies molt menor. Per altra banda, als materials carbonatats del Miocè superior postorogènic de Mallorca, Menorca i Formentera resulten dominants les diverses tipologies de coves de la franja litoral, encara que amb acusades diferències entre elles. En aquest sentit les coves del Migjorn de Mallorca presenten unes analogies importants amb les cavitats dels sectors occidental i oriental del Migjorn menorquí, mentre que el sector central queda clarament individualitzat per mor dels processos espeleogenètics lligats a l'excavació

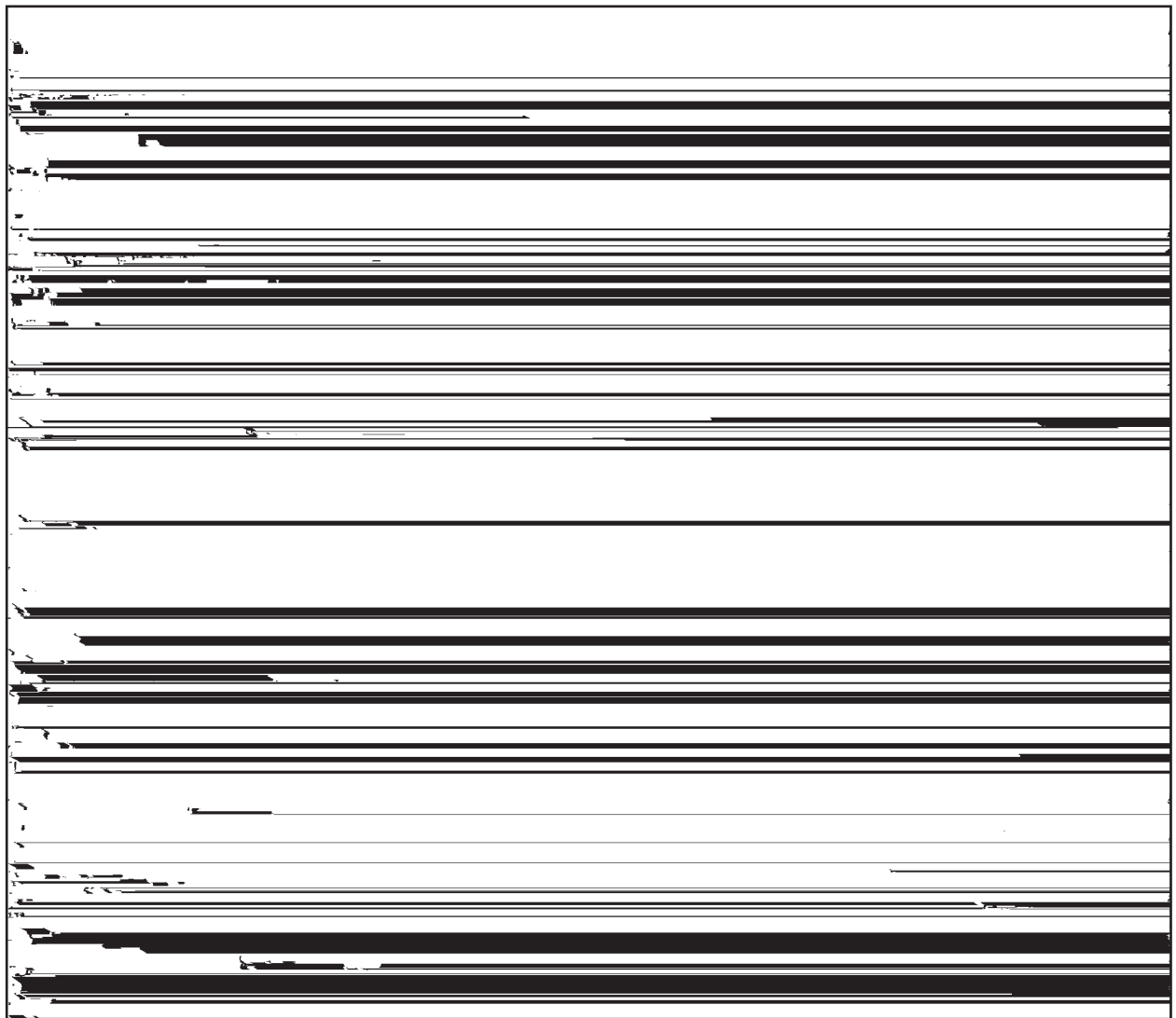


Figura 11: Planta i perfil longitudinal d'una captura càrstico-marina de la zona septentrional de Menorca, modificat a partir de MONTORIOL-POUS & ASSENS-CAPARRÓS (1957).

Figure 11: Plan view and longitudinal profile of a mixed marine-karstic cave in the northern coast of Menorca Island, modified from MONTORIOL-POUS & ASSENS-CAPARRÓS (1957).



Figura 12: Una rica decoració d'espeleotemes caracteritza l'endocarst de les Illes Balears, i està present a tots els tipus de coves i avencs de l'arxipèlag. Vista d'una de les sales de la Cova de Cornavaques (Pollença), on destaquen alguns espectaculars massissos estalagmítics (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 12: A very rich speleothems decoration characterizes the endocarst of the Balearic Islands, being extensive to all the cave and shaft typologies distinguished within the archipelago. View of a chamber in Cova de Cornavaques (Pollença), where some outstanding stalagmitic massifs are displayed (Photo: Gabriel Santandreu).

dels importants canyons fluvio càrstics d'aquesta part de Menorca. Finalment, l'illa de Formentera compta amb nombroses cavitats litorals en els dipòsits calcaris del Miocè superior, però amb la peculiaritat destacable que suposa l'abundància del que designem com a coves marginals litorals. Una menció a part mereixen les coves hipogèniques, que es troben representades en Mallorca per molt poques localitats situades en els turons de les Serres de Llevant i en la plataforma litoral de Lluçmajor, arribant fins i tot a la depressió de Campos; en ambdós casos, les cavitats semblen estar relacionades amb els fenòmens geotermals de la zona sud-occidental del Migjorn de Mallorca.

Valorades en el seu conjunt, les més de tres mil cavitats conegudes a les Illes Balears són de dimensions més aviat modestes, encara que unes poques coves de la regió del Migjorn de Mallorca superen els 5 km de recorregut, comptant amb l'esmentat màxim de 67 km de la Cova des Pas de Vallgornera. La profunditat màxima que assoleixen les cavitats supera de molt poc els 300 m de desnivell a alguns avencs i coves de la Serra de Tramuntana, com succeeix a l'Avenc del Puig Caragoler i a la Cova de sa Campana, ambdues localitats situades al terme d'Escorca. A més de la notable decoració d'espeleotemes que caracteritza al món subterrani de les Balears (Figura 12) i de les dimensions destacables d'algunes coves litorals de l'arxipèlag –en particular de

l'illa de Mallorca–, tal vegada l'aspecte més notori de l'endocarst de les nostres illes consisteix en els importants fets diferencials que es donen entre les seves regions naturals. Aquests trets diferencials es materialitzen per una banda en un molt bon exemple de carst mediterrani de mitja muntanya –la Serra de Tramuntana mallorquina– en clara contraposició amb uns esplèndids carsts eogenètics litorals, desenvolupats en la plataforma post-orogènica del sud i llevant de Mallorca, així com en el Migjorn de Menorca i en la petita illa de Formentera.

Agraïments

Aquesta classificació s'ha vist beneficiada per les discussions i intercanvis d'informacions efectuats amb diversos amics i col·legues, i molt especialment amb: Damià Crespí, Joan J. Fornós, Francesc Gràcia, Antoni Merino i Miquel Trias. Les fotografies que il·lustren aquestes pàgines ens han estat amablement subministrades per Gabriel Santandreu, Antoni Merino i Bogdan Onac. Agraïm així mateix a Miquel Trias i Francesc Gràcia les facilitats brindades per a la reproducció d'algunes de les topografies incloses en el present treball. El present treball s'emmarca dins el projecte de recerca CGL2010-18616/BTE, finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación.

Bibliografia

- ALCOVER, J.A.; RAMIS, D.; COLL, J. & TRIAS, M. (2001): Bases per al coneixement del contacte entre els primers colonitzadors humans i la naturalesa de les Balears. *Endins*, 24: 5-57.
- ANDREWS, J.N.; GINÉS, A.; PONS-MOYÀ, J.; SMART, P.L. & TRIAS, M. (1989): Noves dades sobre el jaciment paleontològic de la Cova de na Barxa (Capdepera, Mallorca). *Endins*, 14-15: 17-25.
- ARNAU, P.; LAÍNEZ, N.; ZUBILLAGA, M. & GÓMEZ, D. (2008): Les coves de Cala Blanca (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 32: 105-138.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009a): Hypogene cave patterns. 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: 17-22. Simferopol, Ucraïna.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009b): Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens. 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: 23-32. Simferopol, Ucraïna.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009c): The association between bubble trails and folia: a morphological and sedimentary indicator of hypogenic speleogenesis by degassing, example from Adaouste Cave (Provence, France). *International Journal of Speleology*, 38 (2): 93-102.
- BARRERES, M.; FERRERES, J. & CARDONA, F. (1976): La cueva de sa Campana y el karst de Castellots. *Speleon*, 22: 43-74.
- BENYSEK, L. (1988): Italy, Spain '87 [Cova dets Estudiants]. *Speleoforum*, 88: 51-52.
- BÖGLI, A. (1980): *Karst hydrology and physical speleology*. Springer-Verlag, 284 pp. Berlín.
- BOVER, P.; GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; VADELL, M.; SERRA, J.; SANTANDREU, G. & 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.
- BRISON, D.N. (2002): Dans les grottes perchées de Formentera (Balears). *Grottes et Gouffres*, 158: 7-17.
- CAÑIGUERAL, J. (1949): Las Cuevas de Campanet (Mallorca). *Ibérica*, 156: 178-182 199.
- CORRIGAN, J. (1998): Cave diving Mallorca style [Font des Verger]. *Caves & Caving*, 79: 24-25.
- DUBLYANSKY, Y.V. (2000): Hydrothermal speleogenesis: its settings and peculiar features. In: KLIMCHOUK, A.B.; PALMER, A.N.; FORD, D.C. & DREYBRODT, W. (eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 292-297. Huntsville, USA.
- DUBLYANSKY, Y.V. (2005): Hydrothermal caves. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.) *Encyclopedia of caves*. Elsevier, Academic Press. 300-305. Burlington, USA.
- DUBLYANSKY, V.N. & DUBLYANSKY, Y.V. (2000): The role of condensation in karst hydrogeology and speleogenesis. In: KLIMCHOUK, A.B.; PALMER, A.N.; FORD, D.C. & DREYBRODT, W. (eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 100-112. Huntsville, USA.
- ENCINAS, J.A. (1972): Contribuyendo al estudio del karst del valle de Sant Vicenç de Pollença (Mallorca). *Espeleogénesis y espeleografía. Geo y Bio Karst*, 31: 15-22.
- ENCINAS, J.A. (1994): Últimas exploraciones. Balears. [Cova de Can Sion]. *Subterrànea*, 2: 5-6.
- ENCINAS, J.A. (1995): Es Crull de ses Termes. *Subterrànea*, 4: 27-29.
- ENCINAS, J.A.; LLOBERA, M. & LLOBERA, P.J. (1974): Introducció a una classificació espeleogènica de las cuevas y simas de Mallorca (Balears). *Endins*, 1: 3-10.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 562 pp. Chichester, UK.
- 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). In: 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.; MERINO, A.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2011): Solutional features and cave deposits related to hypogene speleogenetic processes in a littoral cave of Mallorca Island (western Mediterranean). *Carbonates and Evaporites*, 26 (1): 69-81.
- GELABERT, B. (2003): La estructura geològica de Menorca: las zonas de Tramuntana y Migjorn. In: ROSSELLÓ, V.M.; FORNÓS, J.J. & GÓMEZ-PUJOL, L. (eds.) *Introducció a la Geografía Física de Menorca. Guía de campo de las XVIII Jornadas de Geografía Física*. AGE - Universitat de València - Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 10: 39-48. Palma.
- GÈZE, B. (1953): La genèse des gouffres. *1er. Cong. Intern. Spéléol.* 2: 11-23. París.
- GINÉS, A. (2000a): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Acta Carsologica*, 29 (2): 139-148.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1987): Características espeleológicas del karst de Mallorca. *Endins*, 13: 3-19.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67.
- GINÉS, A.; GINÉS, J.; GRÀCIA, F. & FORNÓS, J.J. (2009a): Cave surveying and cave patterns in the southeastern coastal karst of Mallorca Island (Spain). In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 488-495. Kerville, U.S.A.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. & PONS-MOYÀ, J. (1975): Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas. *Speleon. Monografía I, V Symposium de Espeleología, Cuaternario*. Escola Catalana d'Espeleologia. 49-56. Barcelona.
- GINÉS, J. (1995): L'endocarst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics / Mallorca's endokarst: the speleogenetic mechanisms. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El karst i les coves de Mallorca / Karst and caves in Mallorca*. *Endins*, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 71-86. Palma.
- GINÉS, J. (2000b): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximació al coneixement de su morfogénesis y cronología*. Tesi Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp + 29 llams. Inèdita.
- GINÉS, J. & FORNÓS, J.J. (2004): 16. Caracterització del karst del Migjorn: la seva contribució al modelat del territori. In: FORNÓS, J.J.; OBRADOR, A. & ROSSELLÓ, V.M. (eds.) *Història natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 11: 259-274. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1974): Estudio estadístico de las cavernas de Mallorca. *Endins*, 1: 11-16.
- 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. (1995): Aspectes espeleocronològics del karst de Mallorca / Speleochronological aspects of karst in Mallorca. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El karst i les coves de Mallorca / Karst and caves in Mallorca*. *Endins*, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 99-112.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2004): Bibliografia actualitzada sobre espeleologia física i karst de les Illes Balears. *Endins*, 26: 125-142.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2006): La Cova Nova de Son Lluís (Porreres, Mallorca). Notes sobre aspectes històrics i geoespeleològics. *Endins*, 29: 5-24.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- GINÉS, J.; BORRÀS, L. & GINÉS, A. (1980): Estudi geo-espeleològic del massís del Massanella (Escorca, Mallorca). 1- Les cavitats del Puig den Galileu. *Endins*, 7: 3-16.
- GINÉS, J.; BORRÀS, L. & GINÉS, A. (1982): Estudi geo-espeleològic del massís del Massanella (Escorca, Mallorca). 3- Les cavitats del Puig de Massanella. *Endins*, 9: 3-13.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; TRIAS, M.; GINÉS, A. & SANTANDREU, G. (2007): Els fenòmens endocàrstics de la zona de Ca n'Olesa: la Cova de s'Ònix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31: 5-30.
- 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.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009b): 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, Ucraïna.

- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009c): 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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerrville, U.S.A.
- 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.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2010a): El sistema de cavitats Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTÍN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. & PONS, G.X. (2005): La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- 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*, 31: 43-96.
- GRÀCIA, F.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; TRIAS, M.; FORNÓS, J.J.; FEBRER, M. & POCOVÍ, J. (2010b): 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. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1982): Avenc de s'Aigo (Escorca, Mallorca). *Endins*, 9: 37-40.
- GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986): S'Era d'Escorca (Escorca, Mallorca) i algunes cavitats veïnes. *Endins*, 12: 3-11.
- GRUP NORD DE MALLORCA (1973): Observaciones sobre la Font de l'Algaret (Pollensa, Balears). *III Simposium Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - Agrupació Científica Excursionista de Mataró. 92-99. Mataró, Barcelona.
- HESS, J.H. (2005): Pits and shafts. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.) *Encyclopedia of caves*. Elsevier, Academic Press. 444-447. Burlington, USA.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspectives*. National Cave and Karst Research Institute. Special Paper 1. 106 pp. Carlsbad, USA.
- KLIMCHOUK, A.B.; FORD, D.C.; PALMER, A.N. & DREYBRODT, W. (2000): *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 527 pp. Huntsville, USA.
- LLOPIS-LLADÓ, N. & THOMAS-CASAJUANA, J.M. (1948): La hidrologia càrstica de los alrededores de Campanet (Inca - Mallorca). *Miscelánea Almera*, 2ª parte. Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barc., 7: 39-60. Barcelona.
- LÓPEZ, J.M. (2007): *Las manifestaciones hidrotermales del sur de Llucmajor, Mallorca*. Memòria d'Investigació. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 132 pp. Inèdita.
- LÓPEZ, J.M. & MATEOS, R.M. (2006): Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la plataforma de Llucmajor y la cubeta de Campos (Mallorca). *Las aguas subterráneas en los países Mediterráneos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 17: 607-613. Madrid.
- MARTEL, E.A. (1896): Sous Terre. Cueva del Drach, à Majorque. *Ann. Club Alpin Franc.*, 23: 1-32.
- MAUCCI, W. (1952): L'ipotesi dell'erosione inversa come contributo allo studio della speleogenesi. *Boll. Soc. Adriat. Scienze Nat. Trieste*, 46: 1-60.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphological Suite of Rising Flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 87-102.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2009a): Preliminary data on mineralogical aspects of cave rims and vents in Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 307-311. Kerrville, U.S.A.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilòmetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): 40 kilòmetros de desarrollo topografiado. *Endins*, 31: 101-110.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): alcanza los 55 kilòmetros de desarrollo topográfico. *Endins*, 32: 33-42.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2009b): Cova des Pas de Vallgornera: an exceptional littoral cave from Mallorca Island (Spain). In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 522-527. Kerrville, U.S.A.
- MIR, F. (1974): La Cova de sa Guitarreta (Llucmajor, Mallorca) i la importància de les seves condicions faunístiques. *IV Simposium Bioespeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - Grup Espeleològic Pedraforca. 103-106. Barcelona.
- MIR, F. & TRIAS, M. (1973): Sobre el karst de la Cova de sa Campana i les seves concrecions excèntriques. *III Simposium Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - Agrupació Científica Excursionista de Mataró. 53-70. Mataró, Barcelona.
- MONTORIOL-POUS, J. (1951): Los procesos clásticos hipogeos. *Ras-segna Speleol. Italiana*, 3 (4): 119-129.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Nota sobre la gènesis de la Foradada (Conejera, Balears). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19.
- MONTORIOL-POUS, J. (1972): Estudio de una captura kàrstico-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- MONTORIOL-POUS, J. & ASSENS-CAPARRÓS, J. (1957): Estudio geomorfológico e hidrogeológico del karst de la península de s'Albufereta (Fornells, Menorca). *Rass. Esp. Italiana*, 9 (1): 3-48.
- MONTORIOL-POUS, J. & TERMES, F. (1965): Les grottes de l'île de Formentera (Baléares) et leurs relations avec les oscillations de la Méditerranée. *Compte Rendu IV Colloque International de Spéléologie, Athènes 1963*. 180-194. Atenes.
- MORRO, J.A. & MORRO, J.R. (1972): Cova de Cal Pessó. *II Simp. Metod. Espel. Topografía*. Escuela Catalana de Espeleologia - S.I.E. del C.E.A. Com. VI-j. 3 pp. Barcelona.
- MURILLO, A. (1963): La cueva den Xoroi. *Revista de Menorca*, 3: 327-342.
- MYLROIE, J.E. & CAREW, J.L. (1990): The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15: 413-424.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave Books. 454 pàgs. Dayton, Ohio, USA.
- PLOMER, T. & GINÉS, J. (2008): L'Avenc del Puig Caragoler (Escorca, Mallorca). *Endins*, 32: 11-22.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & KOPPER, J.S. (1979): La fauna de mamíferos de la Cova de Canet (Esporles) y su cronología. *Endins*, 5-6: 55-58.
- RENAULT, P. (1967): Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. Première partie. *Annales de Spéléologie*, 22 (2): 211-267.
- RIPOLL, F. & ROCA, L. (1974): Algunas observaciones sobre sa Font des Verger y su funcionamiento hidrológico. *Endins*, 1: 21-24.
- ROMERO, M. (1975): Notícia de la Cova dets Estudiants (Sóller, Mallorca). *Endins*, 2: 35-37.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1952a): Son Pou (Mallorca). *Speleon*, 3 (3): 109-130.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1952b): Estudio geoespeleològic de las formaciones hipogeas de sa Teulada (Santa Margarita, Mallorca). *Speleon*, 3 (4): 159-182.
- TRIAS, M. (1979a): L'Avenc de ses Papallones. *Endins*, 5-6: 29-31.
- TRIAS, M. (1979b): Nota prèvia a l'estudi de les ceràmiques de la Cova des Diners. *Endins*, 5-6: 75-80.
- TRIAS, M. (1983): *Espeleologia de les Pitiüses*. Institut d'Estudis Eivissencs. Estudis breus, 2. 59 pp. Eivissa.
- TRIAS, M. (1986a): La Covota de sa Penya Rotja. *Endins*, 12: 13-18.
- TRIAS, M. (1986b): Contribució al catàleg espeleològic de Formentera. *Endins*, 12: 25-29.
- TRIAS, M. (1992): Noves dades sobre la Cova des Coloms 1 (Manacor, Mallorca). *Endins*, 17-18: 21-23.
- TRIAS, M. (2004): 17. El paisatge subterrani meridional de Menorca. In: FORNÓS, J.J.; OBRADOR, A. & ROSSELLÓ, V.M. (eds.) *Història natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist Nat. Balears, 11: 275-290. Palma de Mallorca.
- TRIAS, M. & GINÉS, J. (1989): Algunes noves cavitats de l'illa de Menorca. *Endins*, 14-15: 5-16.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- TRIAS, M. & ROCA, L. (1975): Noves aportacions al coneixement de les coves de sa Mola (Formentera) i de la seva importància arqueològica. *Endins*, 2: 15-33.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; BOVER, P.; GINARD, A.; VADELL, M. & BARCELÓ, M.A. (2005): Les cavitats de la Serra de na Burguesa. Zona 7: Les Coves del Pilar i les mines de guix (Palma, Mallorca). *Endins*, 27: 47-74.

CAVITATS SUBAQUÀTIQUES DE LA FRANJA LITORAL DE MALLORCA

per Francesc GRÀCIA ^{1,2}, Bernat CLAMOR ¹, Pere GAMUNDÍ ¹
Joan J. FORNÓS ² i Peter WATKINSON ¹

Resum

Les exploracions de les cavitats de la franja litoral amb continuacions subaquàtiques es van iniciar a Mallorca, de forma documentada, l'any 1972 per part d'espeleòlegs catalans. El final de la dècada dels 80 i començaments dels 90 varen ésser objecte de diferents campanyes d'espeleobussejadors britànics. L'any 1994 sorgeix l'embrió del que seria anys després la Secció d'Espeleobusseig del Grup Nord de Mallorca, espeleòlegs mallorquins dedicats a la recerca de les cavitats sotaiguades. El fruit d'aquestes investigacions ha suposat l'exploració dels sistemes espeleològics més extensos de l'illa i situen les cavitats subaquàtiques de Mallorca com a referent de les coves litorals de l'Estat Espanyol i d'Europa. Les cavitats de la franja litoral es poden subdividir en coves de la zona de mescla costanera, xarxes freàtiques litorals amb influències hipogèniques i les captures càrstico-marines. La major part de les coves es localitzen al karst eogenètic litoral desenvolupat en la plataforma postorogènica del sud i llevant de Mallorca, és a dir a la regió càrstica de Migjorn. Els condicionants litològics influeixen de manera decisiva en la configuració morfològica de les coves; així, mentre que a les fàcies de front de l'escull del Miocè superior dominen les formes de col·lapse relacionades amb la dissolució extensiva dels edificis coral·lins, en les fàcies corresponents a ambients sedimentaris de lagoon la permeabilitat associada a la fracturació adquireix major rellevància, en presentar la roca una porositat bastant més baixa. S'han seleccionat les 12 coves més importants, la gran majoria ubicades a la marina de Llevant (10). Per municipis el més representat és Manacor (6), seguit de Felanitx (3). Les fitxes de les coves s'han subdividit, sempre que es disposi d'informació, en diferents apartats de: toponímia, situació geogràfica i geològica, història de les exploracions, descripció de la cavitat, hidrologia, sediments, espeleogènesi i estadi evolutiu, paleontologia, fauna aquàtica i arqueologia.

Resumen

Las exploraciones de las cavidades de la franja litoral con continuaciones subacuáticas se iniciaron en Mallorca, de forma documentada, el año 1972 por parte de espeleólogos catalanes. El final de la década de los 80 e inicios de los 90 fueron objeto de diferentes campañas de espeleobuceadores británicos. El año 1994 se crea el embrión de lo que sería años después la *Secció d'Espeleobusseig del Grup Nord de Mallorca*, espeleólogos mallorquines dedicados a la investigación de las cavidades sumergidas. Los frutos de estas investigaciones han supuesto la exploración de los sistemas espeleológicos más extensos de la isla, y sitúan las cavidades subacuáticas de Mallorca como referente de las cuevas litorales del Estado Español y de Europa. Las cavidades de la franja litoral se pueden subdividir en cuevas de la zona de mezcla costera, redes freáticas litorales con influencias hipogénicas y capturas kárstico-marinas. La mayor parte de las cuevas se localizan en el karst eogenético litoral desarrollado en la plataforma postorogénica del sur y levante de Mallorca, es decir en la región kárstica de Migjorn. Los condicionantes litológicos influyen de manera decisiva en la configuración morfológica de las cuevas, de forma que, mientras que en las facies del frente arrecifal del Mioceno superior dominan las formas de colapso relacionadas con la disolución extensiva de los edificios coralinos, en las facies correspondientes a ambientes sedimentarios de lagoon la permeabilidad asociada a la fracturación adquiere mayor relevancia, al presentar la roca una porosidad bastante más baja. Se han seleccionado las 12 cuevas más importantes, la gran mayoría ubicadas en la marina de Llevant (10). Por municipios el más representado es Manacor (6), seguido de Felanitx (3). Las fichas de las cuevas se han subdividido, siempre que se disponga de información, en diferentes apartados de: toponimia, situación geográfica y geológica, historia de las exploraciones, descripción de la cavidad, hidrología, sedimentos, espeleogénesis y estadio evolutivo, paleontología, fauna acuática y arqueología.

Abstract

The explorations in the caves with underwater extensions, existing along the littoral fringe of Mallorca Island, are firstly documented in 1972 due to the activities of Catalan cavers. During the end of 1980 decade and the early 1990 different campaigns were conducted by British cave divers. The year 1994 is formed the embryo of what would be, years later, the Diving Section of *Grup Nord de Mallorca*, a team of young Mallorcan cavers dedicated to the investigation of underwater cavities. The fruits of these researches have involved the exploration of the most extensive cave systems of the island, placing the underwater cavities of Mallorca at a remarkable position regarding coastal caves in Spain and in Europe. The cavities of littoral areas can be divided into: caves of the coastal mixing zone, littoral phreatic networks with hypogenic influences, and marine-karstic captures. Most of the caves are located in the littoral eogenetic karst developed within the post-orogenic platform of southern and eastern Mallorca, the so-called Migjorn karst region. The lithological conditionings have a decisive influence on the morphological features of the investigated caves. So, while in the front-reef facies of the Upper Miocene the collapse morphologies are dominant, related to the extensive dissolution of coral buildings, in the facies corresponding to lagoon environments the permeability associated to fractures becomes more important, due to the significantly lower rock porosity of these back-reef facies. The 12 most important caves have been selected, which are mainly located in the eastern coast of Mallorca (10). Regarding their distribution in the municipalities, Manacor (6) is the best represented, followed by Felanitx (3). The data corresponding to each cave, always subject to the availability of information, is structured in different sections: toponymy, geographical and geological location, history of explorations, cave description, hydrology, sediments, speleogenesis and evolutionary stage, paleontology, aquatic fauna and archeology.

1 Grup Nord de Mallorca.

2 Karst and Littoral Geomorphology Research
email: xescgracia@yahoo.es; joan.fornos@uib.es

Introducció

Les coves de major recorregut de Mallorca corresponen a sistemes càrstics litorals parcialment o totalment negats sota el present nivell de la mar. Es va fer un primer compendi a GRÀCIA *et al.* (2007), però les novetats que s'han produït de llavors ençà fa que no estigui de més procedir a una actualització dels coneixements que es tenen de les principals cavitats subaquàtiques de Mallorca. Ens centram únicament en l'illa major, ja que es té molt poca informació de la resta de les Balears. Les cavitats han estat seleccionades pel fet de tenir importants dimensions subaquàtiques o per presentar característiques particulars úniques. El nombre de coves escollides ha estat de 12, la gran majoria (10) ubicades a la regió càrstica de Migjorn (GINÉS & GINÉS, 1989) i, més concretament, a la marina de Llevant (Figura 1). Per municipis el més representat és Manacor (6), seguit de Felanitx (3). S'ha elaborat una fitxa de cada cavitat, amb una sèrie d'apartats, sempre que es disposi de la informació pertinent: toponímia, situació geogràfica i geològica, història de les exploracions, descripció de la cavitat, hidrologia, sediments, espeleogènesi i estadi evolutiu, paleontologia, fauna aquàtica i arqueologia. Els comentaris de les cavitats fan especial incidència a les galeries sotaiguades, en especial als apartats de fauna a on només es parla de la fauna aquàtica.

Classificació de les coves subaquàtiques de Mallorca

La classificació morfo-genètica utilitzada es basa en la sistematització proposada a GINÉS & GINÉS (2009, 2011a) que distingeix quatre grans categories morfo-genètiques, de les quals dues, les coves freàtiques no litorals i les coves de la franja litoral presenten cavitats subaquàtiques a les Balears. Les coves freàtiques no litorals són galeries de drenatge formades per corrents subterranis perennes d'aigua dolça i són molt escasses al conjunt de les illes. En aquest article únicament tractarem de les cavitats de la franja litoral; així mateix, dins aquesta categoria es diferencien fins a tres subtipus addicionals. La major part es localitzen als dipòsits postorogènics de la regió càrstica de Migjorn. Les calcàries i dolomies mesozoïques presenten també qualche cavitat parcialment inundada de notable interès, però de dimensions molt menors que no pas les del Miocè superior. Les cavitats de la franja litoral es poden subdividir en coves de la zona de mescla costanera, xarxes freàtiques litorals amb influències hipogèniques i les captures càrstico-marines.

Les coves de la zona de mescla costanera, s'han generat a causa de l'agressivitat que es deriva de la mescla entre aigües continentals dolces i aigües marines, dins d'un context hidrogeològic d'elevada permeabilitat per mor d'una important porositat primària (GINÉS & GINÉS, 1992, 2007; GINÉS, 2000b; GINÉS *et al.*, 2008). En planta presenten un patró entre *espongiforme*

i *ramiforme*, especialment a les coves excavades dins els materials escullosos del Miocè superior. Aquest patró més aviat aleatori es veu fortament condicionat per la litologia dels dipòsits carbonatats del Miocè superior (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c), essent possible observar-ho amb claredat en les fàcies de front d'escull, com a resultat de la dissolució extensiva de les construccions de coralls. Les coves del Drac, la cova Genovesa, el sistema Pirata-Pont-Piqueta, el sistema Gleda-Camp des Pou, la cova de Cala Varques ACD, la cova de Cala Varques B, la cova d'en Bassol i la cova des Drac de Cala Santanyí corresponen a aquesta tipologia.

Dins les coves de la zona de mescla costanera, a la vegada, és possible distingir el subtipus de xarxes freàtiques amb fort control estructural (GINÉS *et al.*, 2009a; GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a) caracteritzades per un patró planimètric marcadament rectilini. La cova des Coll a les calcàries del Miocè superior i la font de les Aiguades a les calcàries mesozoïques plegades són dos bon exemples.

Les coves d'abració marina, originades per l'acció majoritàriament mecànica de les aigües marines, encara que molt abundants al litoral, i amb abundants cavitats submarines no s'inclouen per no tenir un origen càrstic i per les seves dimensions relativament reduïdes. A més de les coves d'abració marina abunda, als litorals de tot l'arxipèlag, una tipologia de cavitats que són el resultat d'una gènesi mixta relacionada amb el caràcter carbonatat de les costes de les Balears. Ens referim al que MONTORIOL-POUS (1971, 1972) i GINÉS & GINÉS (2009, 2011a) denominen *captures càrstico-marines*, que consisteixen en coves d'un clar origen càrstic però amb l'orifici d'accés obert gràcies a l'actuació de la dinàmica litoral. La cova dets Ases en seria un bon exemple.

Les exploracions recents a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) han fet necessari distingir una tipologia nova, ja que han participat en l'excavació d'aquesta cavitat processos d'espeleogènesi hipogènica que han actuat conjuntament amb els mecanismes propis de la carstificació litoral (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a; GINÉS *et al.*, 2009b; FORNÓS *et al.*, 2010, 2011).

Història de l'exploració subaquàtica a les cavitats de la franja litoral de Mallorca

Els espeleobussos catalans G. García, M. Hidalgo, LL. Astier i J. Cerdán, realitzen l'any 1972 l'exploració i topografia de les continuacions subaquàtiques de la cova Marina des Pont (TRIAS & MIR, 1977), essent la primera immersió documentada en una cavitat del Migjorn de Mallorca (Manacor). Un dia després LL. Astier i J. Cerdán realitzen una immersió en un dels llacs de les coves del Pirata, també en el municipi de Manacor (GINÉS & GINÉS, 1976).

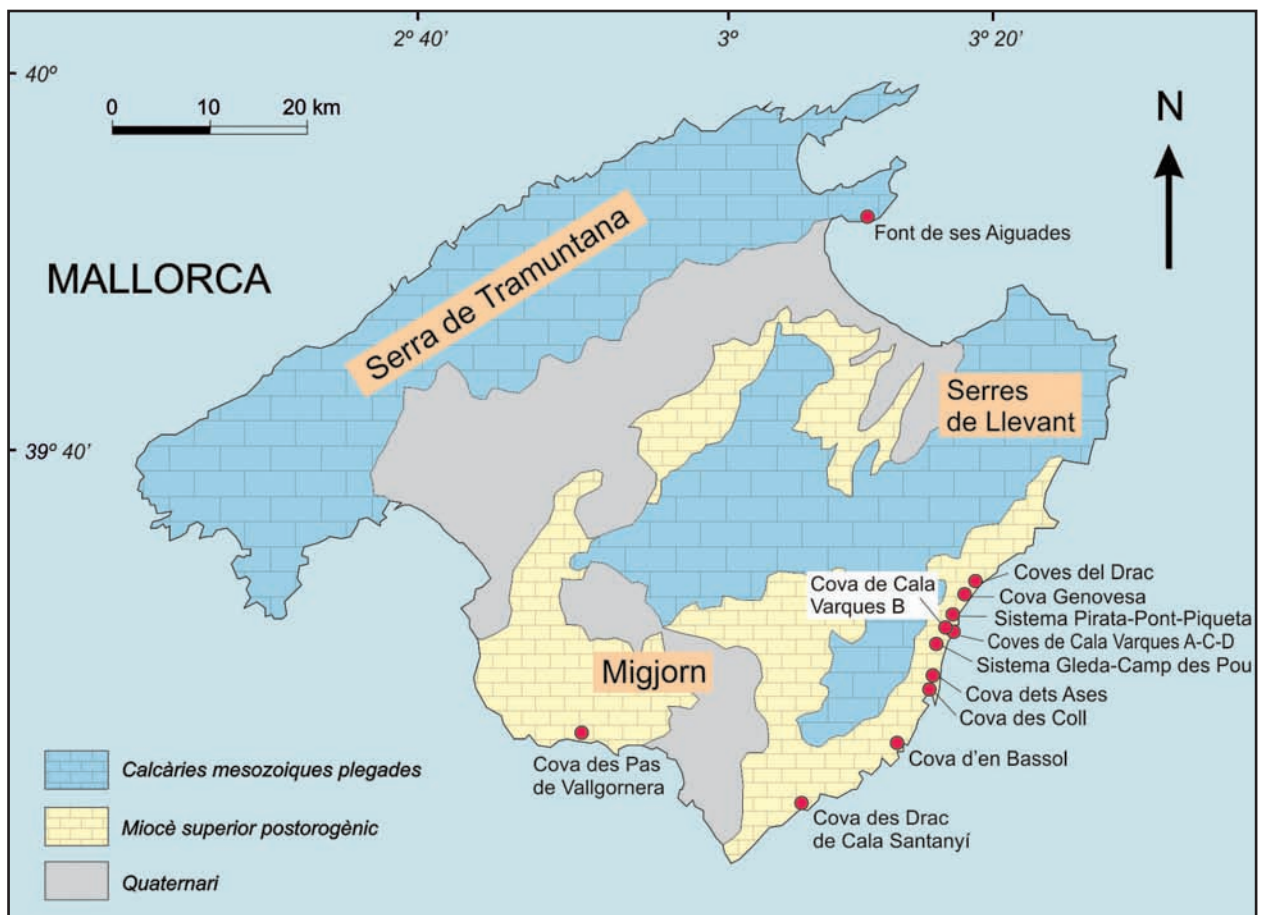


Figura 1: Mapa de situació de les cavitats. S'aprecia la concentració de coves al llevant i migjorn de Mallorca, especialment dins els materials del Miocè superior postorogènic (Gentiles J. Ginés).

Figure 1: Map showing the location of the caves. It is remarkable their concentration along the eastern and southern coasts of Mallorca, especially at reefal outcrops Upper Miocene in age (data provided by J. Ginés).

Altre pioner de l'espeleobusseig a les cavitats litorals del carst mallorquí va esser Francesc Ripoll, del Speleo Club de Mallorca (SCM), que l'any 1974 realitzà l'exploració dels primers metres subaquàtics de la cova de sa Gleda (Manacor), a on localitzà una gran cambra d'aire només a una vintena de metres de l'entrada (FORNÓS *et al.*, 1989).

L'any 1987, la cova des Bastons, que s'obri dins les calcàries mesozoiques del litoral d'Alcúdia, és explorada per escafandristes mallorquins que, amb el recolzament d'espeleòlegs terrestres, des d'alt dels penya-segats davallen tot el material i el transporten fins al sífon terminal. Els bussos són Martí Ginard i José María Álvarez "Jopelas" del Grup Excursionista de Mallorca (GEM). Aconsegueixen explorar tota la part submergida fins arribar a l'extrem de la cavitat, encara que no realitzen la topografia.

D'ençà de l'any 1988 diversos equips d'escafandristes gal·lesos del *Cwmbran Caving Club* (CCC), dirigits per Owen Clarke, van estar visitant regularment Mallorca, portant a terme immersions a les coves litorals de la zona del Migjorn. Les exploracions més destacades es feren a la cova dets Ases (Felanitx) a on van superar dos sífons i van connectar la cavitat amb la mar oberta, després de recórrer més d'un centenar de metres de galeria eixuta, i a les coves del Pirata i des Pont

(Manacor) que aconseguiren enllaçar. També efectuaren una primera immersió al llac de la cova Genovesa i a la cova des Serral, però trobaren poques prolongacions. L'any 1990 capbussen a la cova de sa Gleda, examinant parcialment la sala Francesc Ripoll, sala de gran volum i molt decorada; també exploren l'ullal de Cala Murta (CLARKE, 1991-92). L'any 1991 localitzen importants continuacions al llac Negre, llac de les Delícies i llac Martel de les turístiques coves del Drac (CLARKE, 1991), que constitueix la seva principal descoberta subaquàtica al carst del Migjorn de Mallorca.

Paral·lelament, espeleobussejadors mallorquins del club Tritón i membres de l'ANEM efectuen els anys 91 i 92 l'exploració i topografia d'una sèrie de galeries subaquàtiques de la cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 1993).

A partir de l'any 1994, s'inicia l'exploració de la cova des Coll per part de Francesc Gràcia i Peter Watkinson (GEM), mentre realitzaven l'estudi de les cavitats costaneres de Portocolom (Felanitx). Posteriorment es va incorporar Robert Landreth de la secció d'Espeleologia del Club Ciclista Defensora Sollerense (CCDS) i Owen Clarke (CCC). A les darreries d'aquesta època s'afegeix al grup Bernat Clamor del Grup Nord de Mallorca (GNM). Els membres fundadors, juntament amb altres que s'hi afegiren posteriorment, com Juan José Lavergne, Pedro Gracia i Miquel Àngel Gual, s'unificaren dins la

Secció d'Espeleobusseig del Grup Nord de Mallorca (GRÀCIA & CLAMOR, 2002). Aquests darrers deixen d'esser actius entre el 2001 i 2003, i s'incorporen a la secció Mateu Febrer, Pere Gamundí, Toni Cirer i Jaume Pocoví. Els anys 2009 i 2010 els bussos de coves Miquel Àngel Perelló i Miquel Àngel Vives formen part del Grup Espeleològic de Llubí (GELL) i a finals del 2010 s'unifiquen amb el GNM.

Principals cavitats litorals amb continuacions subaquàtiques

FONT DE LES AIGUADES (ALCÚDIA)

Toponímia i documents històrics

A pesar del nom, no es tracta d'un pou, ni tampoc d'una font. S'inclou a l'article per la seva importància arqueològica i no per les dimensions. Gràcies a documentació localitzada a l'Arxiu Militar de Segòvia (ORDINAS & ROTGER, 2002), s'associà la cavitat amb referències escrites de 1738. Afirmar el document que: *La plaça d'Alcúdia era incapaç d'impedir el desembarc d'emics i corsaris ja que una armada podia desembarcar i carregar aigua per tota la tropa a la font de les Aiguades; aquesta font segons els mariners del país disposava de la millor aigua de les costes del Mediterrani, ja que es purifica i no es corrompeix.*

Situació geogràfica i geològica

Es troba a la badia d'Alcúdia, prop de l'illot d'Alcanada, dins les calcàries del Juràssic.

Història de les exploracions

L'any 1998, els espeleòlegs Guillem Mulet (GELL) i Antoni Merino (ANEM), descobreixen la cavitat i exploren la zona aèria. Els escafandristes del GNM realitzen la troballa d'un important jaciment arqueològic. L'exploració de la cavitat coincideix en el temps amb la realització de les obres del golf d'Alcanada, amb l'obertura d'un ampli vial a només uns pocs metres de la caseta del pou. Aquests fets fan que s'informàs a Patrimoni del greu perill de desaparició del jaciment i es va autoritzar la realització de l'excavació d'urgència. Les tasques d'exploració, documentació i extracció de material arqueològic es perllonguen al llarg dels anys 1999 i 2000 (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Descripció de la cavitat

La cavitat, tancada per una caseta, assoleix un desnivell de 6 m fins a l'aigua (Figura 3). La direcció predominant és ENE-WSW i està formada per un conjunt de galeries que s'uneixen a la sala de les Àmfores, zona



Figura 2: Recuperació d'una àmfora globular i de paret prima de la font de ses Aiguades (Alcúdia). Aquest jaciment arqueològic té un especial significat pel fet que evidencia l'extracció d'aigua i aprofitament d'una cavitat litoral molt a prop de la mar, en un lloc arcerat de la costa (badia d'Alcúdia). Els vaixells feren servir l'aigua per les travesses almenys d'ençà del segle II aC. Foto: P. Gracia.

Figure 2: Recovery of a thin-wall globular amphora. The archeological finding has a special significance as it provides evidence of the drawing of water and the use of a coastal cave, located close to the sea in a sheltered place near the shore (bay of Alcúdia). Boats used the water for voyages from Roman times. Photo: P. Gracia.

de més amplària i alçària de la cova, predominant per complet al terra la morfologia del con d'enderrocs que provenen de la boca de la cavitat. La poligonal projectada de la cova arriba a tenir un desenvolupament total de 180 m i la fondària màxima sota l'aigua és de 15 m.

Els espeleotemes més abundants són els de degoteig (estalactites, estalagmites i columnes), així com els de flux (colades pavimentàries i parietals).

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Aquesta forma endocàrstica, que s'obri dins les calcàries plegades mesozoiques, es pot incloure com a cova de la zona de mescla costanera del subtipus de xarxa freàtica amb fort control estructural (GINÉS & GINÉS, 2009), ja que la permeabilitat associada a la fracturació adquireix major rellevància, en presentar aquests materials una porositat bastant baixa.

Paleontologia

A la galeria del *Myotragus* es va localitzar sota l'aigua a 25 m de l'entrada, un esquelet de *Myotragus balearicus* en connexió anatòmica. La cova va actuar com a trampa natural, on caigué aquest exemplar. La cavitat en aquella època estaria en sec, durant la darrera glaciació quaternària. La seva presència, a més de l'evident



Figura 3: Topografia de la font de ses Aiguades.

Figure 3: Topography of Font de ses Aiguades.

interès paleontològic, ens proporciona la prova que la cavitat ha estat oberta de forma natural milers d'anys abans de l'arribada de l'home a Mallorca i no com a conseqüència d'una acció antròpica relacionada amb la recerca d'aigua.

Fauna aquàtica

És interessant fer constar la gran quantitat de crustacis aquàtics de l'espècie *Typhlocirolana moraguesi*.

Arqueologia

El con d'enderrocs, lloc arqueològic fèrtil de la cova, presenta una superfície projectada aproximada de 200 m² i parteix d'uns 2 m sota l'aigua fins els -14 m. La troballa de contenidors ceràmics a la cavitat posa de ma-

nifest la utilització de la gruta al menys des de l'època romana-republicana. La ubicació, molt a prop de la mar, en una zona de costa accessible, propicià que fos utilitzada per a procurar-se la reserva d'aigua necessària per a la travessia marítima. El nombre mínim d'àmfores recuperades, entre àmfores senceres i colls supera àmpliament la seixantena (Figura 2 i 3). La major part són contenidors de vi, ja amortitzats, els quals cronològicament se situarien entorn dels segles II aC fins al segle I dC. Són abundants els materials orientals, especialment peces greco-itàliques i algunes gregues tardanes; també són nombroses les àmfores de procedència bètica i laietana. Algunes de les peces presenten al peu estampilles rectangulars o circulars, amb lletres llatines que ens informen dels centres productors. D'altres tenen signes pintats postcocción prop de la base del coll, amb caràcters grecs o llatins. També s'han recuperat àmfores amb inscripcions de marques fetes abans de la cocción. Pel tipus de recipients (àmfores de gran capacitat) sabem que es

dedicaria a abastar una quantitat considerable de gent, com seria el cas de vaixells fondejats a la badia. També s'ha recuperat qualche contenidor ceràmic islàmic.

La documentació de 1738 confirma la continuïtat i importància del pou, fins i tot com a lloc estratègic des del punt de vista militar. El material modern és també freqüent, especialment en forma de gerres mallorquines de tot tipus, dimensions i formes. La presència de cadufs de diferent tipologia i restes de sínia ens indiquen que en un període no molt llunyà continuà l'extracció. Posteriorment es va instal·lar una bomba i canonades, remodelació que degué suposar un canvi radical en la morfologia externa del pou, amb la construcció de la caseta i l'esbucament d'una part de les anteriors estructures que afectaren parcialment al jaciment.

COVES DEL DRAC (MANACOR)

Situació geogràfica i geològica

Situada entre Portocristo i cala Murta, dins terrenys del Miocè superior postorogènic, a una cota aproximada de 27 m snm. Actualment sembla que acull al voltant d'1.000.000 de visitants anuals, xifra que situa les coves del Drac entre les cavitats turístiques més importants a nivell mundial, essent amb tota seguretat la més visitada de l'Estat Espanyol (GINÉS & GINÉS, 2011b).

Història de les exploracions

Diverses evidències arqueològiques mostren que les coves eren conegudes durant el Bronze mig (c. 1700/1600-1300/1200). De l'any 1878 es té referència escrita d'una accidentada visita a la cavitat. L'any 1880 es publica la primera topografia de la gruta per l'alemany F. Will. L'arxiduc Lluís Salvador descriu la part coneguda de la cova a la seva documentada i extensa obra (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891). Aquest erudit serà responsable d'organitzar les exploracions de l'espeleòleg francès E. A. Martel l'any 1896, que són dutes a terme juntament amb Louis Armand, Pedro Bonet de los Herreros i Fernando Moragues. La recerca suposa el descobriment de grans sales localitzades més enllà d'un extens llac (llac Miramar o llac Martel), situat al final de la zona coneguda. Els anys 1990 i 1991, bussejadors gal·lesos del CCC se submergeixen a diversos llacs de la cavitat i descobreixen més de 600 m de galeries subaquàtiques (CLARKE, 1991; 1991-1992).

Descripció de la cavitat

Presenta una successió de sales i galeries d'un desenvolupament aproximat de 2.359 m, a on és possible individualitzar cinc unitats principals (GINÉS & GINÉS, 1992) (Figura 4). Per una banda la cova Negra, la cova Blanca i la cova de Lluís Salvador representen la zona coneguda des d'antic; per altra banda, la cova dels Francesos i el llac Martel formen part primordial del recorregut turístic, essent el sector de la cavitat descobert per Martel a les seves exploracions de l'any 1896. L'aspecte que

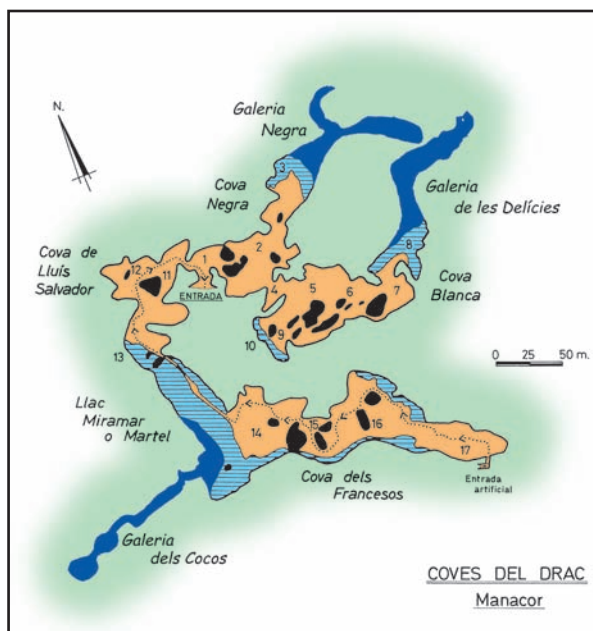


Figura 4: Topografia de les coves del Drac.

Figure 4: Topography of Coves del Drac.

més destaca de la cavitat és la presència d'importants llacs que constitueixen un dels majors reclams turístics.

Les galeries subaquàtiques totalitzen més de 600 m de recorregut i es troben repartides a tres zones diferents. La situada a l'extrem oest de la cavitat (galeria dels Cocos) parteix del llac Martel, amb una distància lineal d'uns 200 m. Les altres dues galeries sotiguades es troben a l'extrem est: la galeria Negra (117 m lineals) i la galeria de les Delícies (137 m lineals) parteixen respectivament de la cova Negra i de la cova Blanca (Figura 5).

Els processos de deposició de carbonats estan presents per tot arreu, conferint la bellesa que ha donat a les coves merescuda fama. Les galeries subaquàtiques del llac de les Delícies i del llac Martel (galeria dels Cocos) estan ornamentades de forma impressionant al sostre, parets i al terra, i presenten abundants revestiments freàtics subactuals.

Hidrologia

El dolç o ullal de cala Murta sembla que es tracta de la connexió amb la mar de la cavitat. L'any 1926 ja es documentava com a *manantial de agua poco salada* (FAURA & SANS, 1926). Desemboca a la mar pel costat nord de la cala, sorgint importants volums d'aigua segons les condicions baromètriques del moment. La cavitat, de moderades dimensions, es troba al final obstruïda per arenes de platja.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Excavada dins els materials escullosos del Miocè superior, és una cavitat de la zona de mescla costanera. Les

coves del Drac estan formades per una successió de sales d'esfondraments juxtaposades i comunicades entre si de forma més bé aleatòria que adquireixen una disposició en planta de caràcter ramiforme (GINÉS & GINÉS, 2007, 2011a). La pròpia entrada natural de la cavitat obeeix a l'enfonsament del sostre d'una sala subjacent.

Fauna aquàtica

El zoòleg rumà E. G. Racovitza descriu el 1905 l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*, recol·lectat en aquesta cavitat. Per a molts aquest fet marca el naixement de la biospeleologia moderna.

Arqueologia

Presenta un corredor ciclopi cobert situat a l'interior de la cavitat, prop de l'entrada natural. S'evidencia una gran inversió de treball que no es relaciona amb pràctiques habitacionals o funeràries i es pot plantejar el seu significat ideològic per a les comunitats de la zona durant la segona meitat del II mil·lenni cal BC Bronze mig i seria assimilable a grans trets al denominat Pretalaiòtic d'Apogeu i Final, també anomenat Naviforme o Cultura de les Navetes (RAMIS & SANTANDREU, 2011). A més a més s'han trobat restes de ceràmiques prehistòriques, romana i islàmica.

COVA GENOVESA O COVA D'EN BESSÓ (MANACOR)

Toponímia

La primera referència escrita de la cavitat la tenim gràcies al pare Cristòfol Veny (VENY, 1968) que narra la visita a la cova de Joan Aguiló.

Situació geogràfica

La cavitat s'obri dins les calcàries del Miocè superior postorogènic de cala Anguila (Figura 6). Posseeix les figures de protecció de LIC i BIC.

Història de les exploracions

La part aèria de la cova va ésser topografiada per primera vegada l'any 1973 per membres del SCM. Els gal·lesos del CCC realitzen l'any 1988 la primera immersió a la cavitat (AINLEY, 1988). Se submergeixen al llac d'entrada i volten, una seixantena de metres cap a l'oest, però sense aconseguir sortir de la sala. L'any 2000 es va iniciar per part del GNM la continuació de l'exploració i la investigació interdisciplinària d'aquesta cavitat, al llarg de 67 dies de busseig (GRÀCIA *et al.*, 2003a; 2003b).



Figura 5: Galeria de les Delícies de les coves del Drac (Manacor). L'aspecte que més caracteritza la cavitat és la presència d'importants llacs que constitueixen un dels majors reclams turístics. Foto: M. A. Perelló.

Figure 5: Passage known as Galeria de les Delícies, in Coves del Drac (Manacor). The most characteristic aspect of the cave is the presence of extensive pools that constitute one of its greatest tourist attractions. Photo: M. A. Perelló.

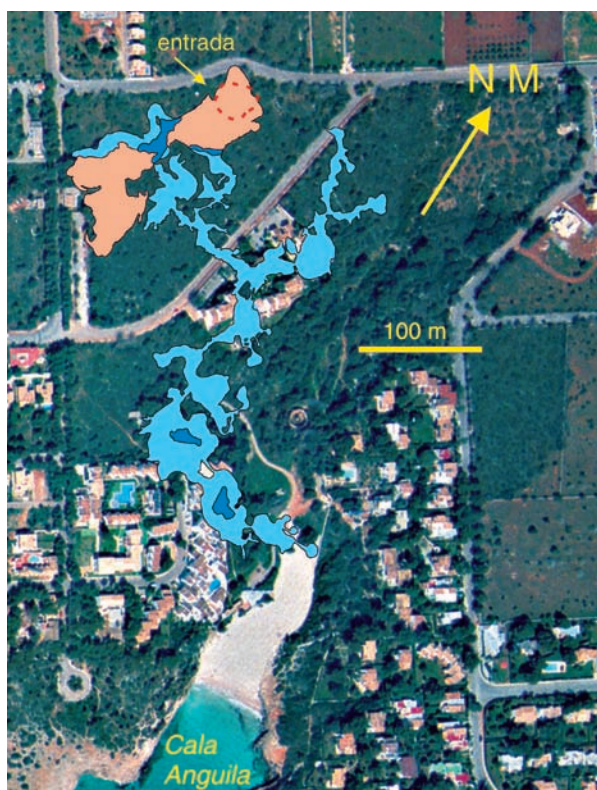


Figura 6: Fotografia aèria de cala Anguila amb la planta de la cova Genovesa superposada.

Figure 6: Aerial photograph of Cala Anguila, with the topography of Cova Genovesa translocated on it.

Descripció de la cavitat

La cova, a gran trets, se li pot assignar una direcció predominant NW-SE i un recorregut projectat total de 2.415 m (1.825 m subaquàtics, 90 m de llacs i cambres aquàtiques amb aire i 500 m terrestres, amb una fondària subaquàtica màxima de 22 m a les galeries Fondes). La distància lineal màxima des de la sala d'Entrada fins a la sala Final és de 617 m (102 m terrestres i 515 m subaquàtics). La diferència de cotes és de 45 m (des del punt més elevat, a +23 m, al més fondo a -22 m). El gruix de roca del sostre va des dels 1'5 m als més de 40 m en alguns punts.

A una alçària de 23 m sobre el nivell de la mar s'obri l'esfondrament de quasi 35 m de diàmetre. Una espaiosa sala descendent comunica amb un llac; a l'altre extrem de l'aigua, prossegueix una sala de total domini clàstic. Pel costat E un pas submergit molt estret, entre blocs, possibilita l'accés a la sala GNM; a partir d'ara en direcció predominant SE se succeeixen la galeria dels Myotragus i una sèrie de galeries i sales de dimensions i morfologies molt diverses, dues d'elles amb cambres d'aire a la part superior (sala de les Bonellia viridis i sala del Pou Negre). Una branca de la galeria dels Myotragus pren direcció NE i comunica amb la sala Esfondrada, que després d'haver estat objecte d'una desobstrucció comunicà amb la zona més profunda (galeries Fondes).

Les morfologies de corrosió són abundants en diferents zones de la cavitat. Els espeleotemes són abundants a les zones no afectades per esfondraments

(Figura 7). Algunes zones formen boscos d'estalactites, estalagmites i columnes. S'han localitzat espeleotemes freàtics.

Hidrologia

L'aigua superficial és salabrosa (4 ‰), seguida d'una picnoclina superficial desenvolupada entre 0 i 3'5 m, on l'aigua ateny els 13'5 ‰ de salinitat. Per davall d'aquesta cota la salinitat de l'aigua es manté estable fins als 9 m de fondària. Dels 9 m fins als 13 m es desenvolupa una segona picnoclina, fins que l'aigua ateny salinitats pràcticament marines (36 ‰) a la resta de la columna d'aigua fins els 22 m de fondària. S'ha detectat una distorsió important de la columna a la zona propera al pou negre, on el gruix de la capa superficial d'aigua dolça és apreciable. Això s'explica per la intensitat dels abocaments d'aigües residuals en l'esmentada sala.

Sediments

L'estudi mineralògic dels sediments constata l'efecte de la contaminació fecal de les aigües. Es dona un gradient de percentatge de matèria orgànica molt marcat entre les sales fortament contaminades de cap a la resta de la gruta. Els materials predominantment carbonatats disposats en la part superior del rebliment sedimentari són de colors grocs a grocs vermellósos (amb calcita i dolomita). Els de major presència silícia es disposen a la part inferior i són de colors vermells a vermells fosc (amb quars i minerals de les argiles). La dissolució preferent dels components de les calcarenites ocasionaria la desintegració de grans de calcita que caurien al terra i s'acumularien formant la capa superior de color clar, i en conseqüència es poden considerar autòctons. La capa inferior, de color vermell, i de major potència, sobre la qual estan dipositats els vertebrats quaternaris, podria correspondre a l'entrada de materials al·loctons (expli-caria la quantitat de quars present).

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Excavada dins els materials escullosos del Miocè superior, és una cavitat de la zona de mescla costanera formada per una successió de sales juxtaposades i comunicades entre si de forma més bé aleatòria que adquireixen una disposició en planta de caràcter ramiforme (GINÉS & GINÉS, 2009 2011a), com a resultat de la coalescència de diverses unitats de col·lapse independents. S'han determinat dos horitzons principals d'espeleogènesi o formació de buits a la cavitat, un d'ells entre -8,8 i -10,2 m i l'altre entre -17,5 i -21 m.

Paleontologia

S'han localitzat un mínim de 40 exemplars del caprí *Myotragus balearicus* en diferents llocs de la cavitat, alguns situats a punts molts distants des de l'entrada. La major densitat es troba entre els 100 i 145 m de la

galeria subaquàtica (202 i 247 m totals), principalment a l'interior d'una cambra freàtica circular de poca alçària. La disposició dels exemplars indica que varen morir *in situ* i no per un corrent d'aigua que transportés els ossos de cap a l'interior. Un altre dels punts importants és la troballa de diversos cranis amb les banyes en forma de "V" invertida, fet que havia estat interpretat fins fa poc erròniament com a prova de domesticació.

Fauna aquàtica

Els organismes sèssils filtradors o detritívors presents a la cova pertanyen principalment a tres grups d'animals: tunicats, poliquets tubícoles (*Protula* sp.) i equiúrids (*Bonellia viridis*). L'ur distribució indica zones amb un cert hidrodinamisme. La distribució d'aquests organismes està condicionada especialment per l'abocament d'aigües fecals per part de pous negres en alguns sectors de la cova, que escampa restes orgànics produint una zona d'influència.

En quan a la fauna carcinològica s'han censat un total de 20 espècies de crustacis. Viuen a la cova, per una banda, un grup d'espècies genuïnament cavernícoles que l'integren el decàpode *Bermudacaris* sp., l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*, els amfípodes *Salentinella angelieri* i *Metacrangonyx longipes*, el termosbenaci *Tethysbaena scabra*, i els copèpodes *Exumella mediterranea*, *Stygocyclopia balearica*, *Stephos margalefi*, *Troglocyclopina balearica*, *Halicyclops troglodytes* i *Diacyclops* cf. *clandestinus*.

Per altra banda, trobam un grup d'espècies d'hàbits obscurícoles, si bé amb ulls desenvolupats i cos més o menys pigmentat, es tracta del decàpode *Palaemon serratus*, el leptostraci *Nebalia* sp., el misidaci *Hemimysis* sp., i els copèpodes *Oithona* sp. i *Cyclopina* sp. Tant *Nebalia* com *Hemimysis* atenyen a la cavitat densitats poblacionals elevadíssimes, concentrant-se a les sales més eutrofitzades, on vessen els pous negres.

Arqueologia

La ceràmica prehistòrica és característica de les navetes d'habitació (segona meitat del II mil·lenni cal BC i els dos primers segles del I mil·lenni cal BC). Han estat documentades una sèrie d'estructures constructives: una rampa empedrada és la via que descendeix de manera suau des de l'entrada de la cova fins al llac; un mur situat ja a l'interior de la cavitat, construït amb tècnica ciclòpia i una passera submergida. Aquesta es tracta d'una alineació de grans blocs que connecta les dues parts de sòl emergit que limiten el llac de la cova. Actualment la passera es troba submergida aproximadament 1 m. Pensam que les tasques de construcció del pas es varen fer en estar el nivell de l'aigua a menor cota que l'actual, possiblement entre -1 i -1,5 m respecte a l'actual nivell del llac. De fet, als blocs es pot seguir, igual que a la paret que conté el llac, una marca de nivell de l'aigua que indica que la passera es trobava emergida uns 20 cm a algun moment del passat. Pensam que la cavitat tindria caràcter ritual. La presència musulmana és testimoniada per alguns materials ceràmics.



Figura 7: Sala Bermudacaris de la cova Genovesa (Manacor) amb abundants recobriments litoquímics. Foto: A. Cirer.

Figure 7: Bermudacaris chamber, in Cova Genovesa (Manacor), showing an abundant speleothems decoration. Photo: A. Cirer.

SISTEMA PIRATA - PONT - PIQUETA (MANACOR)

Toponímia

El topònim de les coves del Pirata al·ludeix a una llegenda que fa referència a un pirata ferit que trobà refugi en aquesta cova, tot esperant de poder-se reunir amb els seus companys (ESTELRICH, 1897). La cova des Pont rep aquest nom de la construcció feta a la vora de la boca per eliminar part del desnivell fins al con clàssic que ocupa el fons de l'abisament d'entrada.

Situació geogràfica

Es troben al municipi de Manacor, a la possessió de Can Frasquet. Estan situades dins zona LIC i ÀNEI. Cavitats LIC i, a més a més, la cova des Pont és considerada BIC.

Història de les exploracions i topografia de la cavitat

L'any 1897 les coves del Pirata són agençades per poder-se visitar, amb motiu de l'Exposició Agrícola i les Fires i Festes de Manacor (ESTELRICH, 1897), fent-se un camí per recórrer la cavitat. MARTEL (1903) efectuà l'any 1901 un croquis topogràfic esquemàtic de les coves del Pirata i de la cova des Pont. El Grup Espeleològic EST va realitzar la topografia de les coves del Pirata l'any 1971 (GINÉS & GINÉS, 1976). Membres de l'ECG de Barcelona, l'any 1976, descobriren i topografiaren a la mateixa cavitat una nova zona: la sala Ignora-

rada (GARCIA *et al.*, 1986). La topografia detallada de la cova des Pont va ésser realitzada per l'SCM i la cova de sa Piqueta és topografiada per membres de l'SCM i EST (TRIAS & MIR, 1977). Immersions de bussos britànics van permetre, mitjançant el pas d'una estreta galeria inundada, comunicar la cova des Pont amb les coves del Pirata (CLARKE, 1990-91). Les exploracions subaquàtiques efectuades al llarg de 25 dies pel GNM els anys 2005 i 2006 van aconseguir connectar les coves del Pirata i la cova del Pont amb la cova de sa Piqueta i també descobrir altres galeries i sales (GRÀCIA *et al.*, 2006).

Descripció de la cavitat

El recorregut és de 3.091 m, dels quals 600 m són aquàtics aeris, 1.190 m subaquàtics i 1.301 terrestres (GRÀCIA *et al.*, 2006). La distància màxima en línia recta que separa els extrems entre la cova de sa Piqueta i les coves del Pirata és de 512 m. La direcció general del conjunt de cavitats sembla ésser aproximadament NW-SE (Figura 8), encara que la coalescència d'esfondraments li han conferit un aspecte caòtic. Hi ha 13 llacs principals a més d'altres molts de marginals que suposen una superfície total estimada de 5.000 m². El desnivell màxim entre la boca superior (+ 36 m) i la fondària màxima sota les aigües (-11 m) és de 47 m.

Les coves del Pirata es divideixen en tres porcions ben diferenciades; dues consisteixen en grans sales que s'estenen en direccions N i S, amb pendents descendents oposades. L'altre sector, al NW, és la sala Ignorada i la galeria d'accés. Presenta diversos llacs d'aigües salabroses a les tres zones.

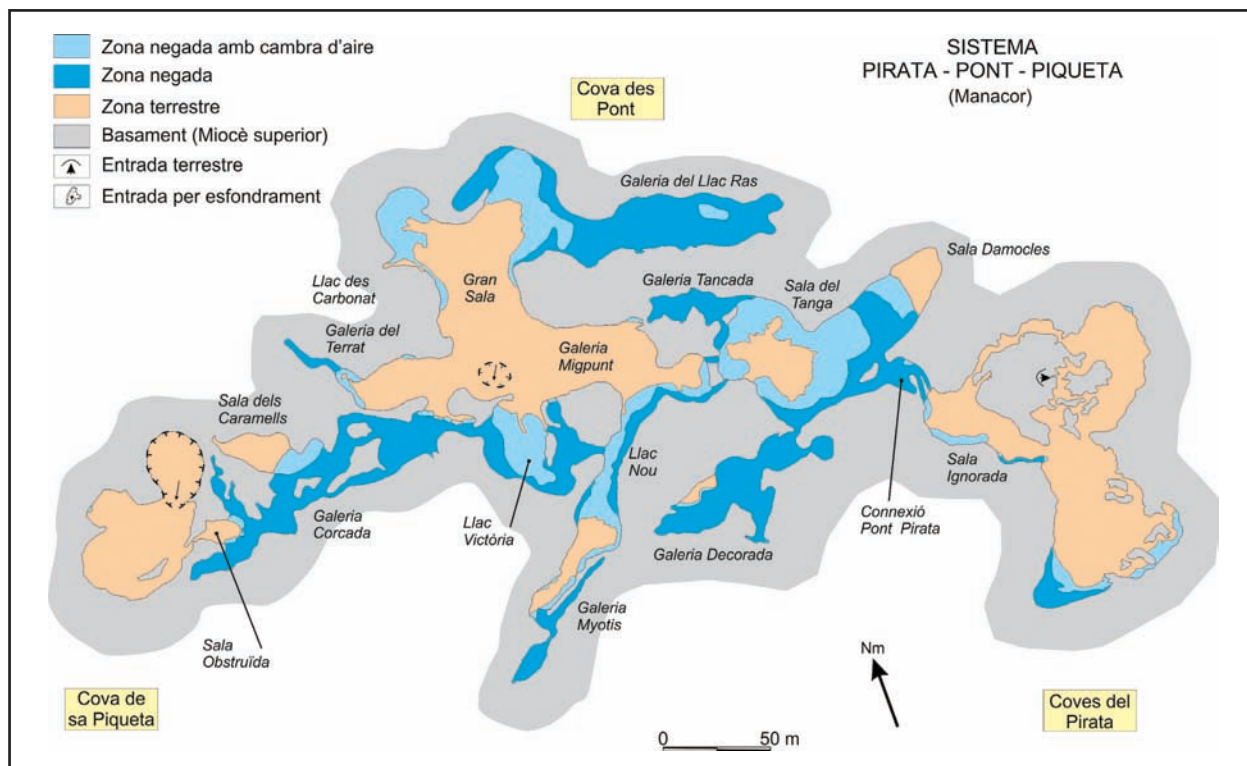


Figura 8: Topografia del sistema Pirata-Pont-Piqueta.

Figure 8: Topography of Pirata-Pont-Piqueta cave system.



Figura 9: Espeleotemes freàtics subactuals de la galeria Decorada del sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor). Foto: A. Cirer.

Figure 9: Subactual phreatic speleothems in the passage known as Galeria Decorada, inside the Pirata-Pont-Piqueta cave system. Photo: A. Cirer.

La cova des Pont, és la que forma la part més important i central del conjunt i és la que permet accedir amb més facilitat, mitjançant tècniques d'espeleobusseig, a la cova de sa Piqueta i de cap a les coves del Pirata. Una de les zones subaquàtiques parteix del llac Ras i forma la galeria homònima, d'uns 100 m de longitud. De la sala del Tanga, en direcció horària es troben tota una sèrie de continuacions sotaiguades; en primer lloc la galeria Tancada, situada al N, és una galeria subaquàtica de 50 m de longitud. La segona continuació és la sala Dàmocles, ubicada a l'E de la sala del Tanga, que després de recórrer 15 m d'espaiós sífó comunica amb un llac i un rost tancat de blocs i pedres. La tercera continuació permet connectar amb la sala Ignorada de les coves del Pirata, per uns passos angosts. La quarta connexió és la galeria Decorada, galeria d'uns 100 m de longitud, que s'inicia al S de la sala del Tanga per un estret rost subaquàtic.

A la cova de sa Piqueta s'inclouen totes les galeries i sales més occidentals del sistema. La galeria Corcada s'inicia al llac Victòria i també connecta amb la sala dels Caramells d'uns 175 m². La continuació de la galeria sota les aigües permet accedir a la sala Obstruïda, esfondrament aeri, i d'aquí per un perillós pas a la sala d'entrada de la cova de sa Piqueta.

A la cavitat, les morfologies de corrosió, només es troben de manera significativa a diferents galeries sotaiguades. Les formes reconstructives són abundants i dignes d'esment, especialment a les coves del Pirata i en menor mesura a la cova des Pont. Hi són presents

els espeleotemes freàtics tant per damunt com per davall del nivell actual (Figura 9).

Hidrologia

La columna d'aigua presenta quatre masses d'aigua amb característiques ben diferenciades. En primer lloc, una capa d'aigua que va dels 0 als -1,8 m amb una salinitat que augmenta de 6 ‰ als 14 ‰. Dels -1,8 m als -4,5 m pràcticament es manté constant en 14 ‰ per després augmentar, entre -4,5 m i -7 m, del 14 ‰ al 33 ‰; a partir d'aquesta fondària es manté constant al voltant del 34 ‰.

Sediments

La sedimentació és caracteritzada per la presència de materials llimosos-argilosos de coloracions marroneses i composició silícica, que es relacionen de forma primordial amb les principals entrades per esfondrament. Així mateix, estan ben representades les arenes molt fines de composició carbonatada, fruit de la decantació i acumulació de calcita flotant al fons dels estanys amb cambra d'aire (FORNÓS *et al.*, 2009); cal consignar també les argiles llimoses vermelles corresponents a una etapa anterior de rebliment de la cavitat, probablement el darrer estadi glacial, com ho indicaria la presència d'esquerdes de dessecació.

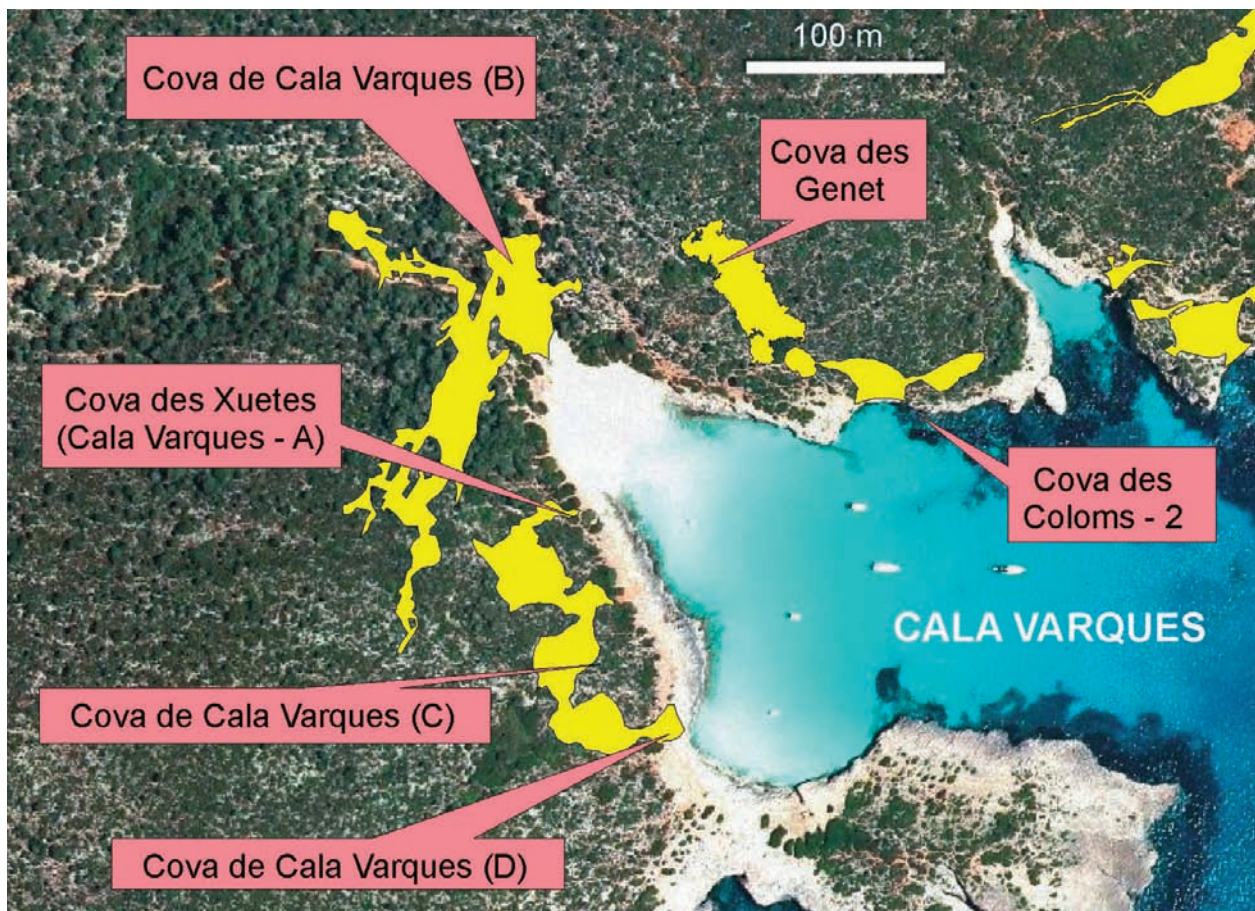


Figura 10: Fotografia aèria de cala Varques amb la superposició de la planta de les cavitats.

Figure 10: Aerial photograph of Cala Varques area with the plan survey of the caves superposed.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Cavitat de la zona de mescla costanera excavada dins els materials escullosos del Miocè superior, formada per una successió de sales d'esfondrament juxtaposades i comunicades entre si de forma més bé aleatòria, fet que dóna lloc a una disposició en planta d'aspecte més aviat ramiforme (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a). Es poden individualitzar 8 grans unitats d'esfondrament, de les quals 4 d'elles formen les entrades a les cavitats, inclosa la veïna cova des Xots.

Fauna aquàtica

S'han enregistrat un total de 9 espècies de crustacis estigobionts. Destaquen els copèpodes *Troglocyclopina balearica*, *Speleophria gymnesica* i *Stygocyclopia balearica*. Altres espècies són l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*; els amfípodes *Salentinella angelieri*, *Metacrangonyx longipes* i *Bogidiella balearica*; el termosbenaci *Tethysbaena scabra* i el copèpode *Metacyclops subdulus*.

Arqueologia

Una olla amagada entre uns grans blocs al peu del con d'entrada de la cova des Pont situaria en el segle

XVII la construcció del pont d'accés. La cita més antiga és d'ESTELRICH (1897) que indica que a la seva època ja no quedava memòria de qui l'havia fet.

COVA DE CALA VARQUES A-C-D O COVA DES XUETES (MANACOR)

Toponímia

Sembla que el nom de la cala on s'ubica la cavitat prové del calçat dit "avarques". TRIAS & MIR (1977) la inclouen en un treball sobre les coves de la zona de Can Frasquet i cala Varques. La cova de cala Varques A (com. pers. Antoni Pasqual) l'anomenaven cova des Xuetes, ja que antigament aquest col·lectiu, per raons de segregació racial, prenia els banys a cala Varques i pernoctava dins la cavitat. No així la gent de Manacor que es banyava a Portocristo.

Situació geogràfica

Es troben al municipi de Manacor, a la possessió de Can Frasquet. Les boques s'ubiquen al costat S de la cala que dóna nom a les coves. Estan situades dins zona LIC i ANEI.

Història de les exploracions

La planimetria de la cova C es va efectuar l'any 1972 per part del Grup Espeleològic EST; la cova A va ésser topografiada l'any 1977 per l' SCM i la cova D, no coneguda al treball de TRIAS & MIR (1977), es va topografiar l'any 1992 per part de la secció espeleològica del Grup Excursionista d'Alaró. La feina d'exploració subaquàtica, les tasques de topografia i la documentació fotogràfica es van realitzar al llarg d'11 dies d'immersions dels anys 1997, 1999 i 2000 per membres del GNM (GRÀCIA *et al.*, 2000).

Descripció de la cova

La cova, de direcció predominant NNW-SSE, està formada per un conjunt de galeries i sales comunicades entre sí, amb tres entrades terrestres (anomenades cova des Xuetes o cova A, cova C i cova D. Figura 10) amb les galeries i sales subaquàtiques, la poligonal projectada arriba a tenir un desenvolupament total de 819 m; dels quals 470 m són aeris i 349 m sota l'aigua. El desnivell total de la cavitat és de 28 m (la fondària màxima sota l'aigua és de 18 m, mentre la cota positiva màxima és de 10 m).

La cova A està formada per una galeria de 32 m de llarg per uns 2 m d'alçària, que continua, després de superar un pas estret, per una sala de 40 x 30 m, de

pis molt accidentat pels enderrocs, que li dóna una gran complicació topogràfica.

La cova C està constituïda per una única sala de 16 x 18 m, de pis descendent fins arribar al llac. Aquí la cavitat es perllonga, sota l'aigua, cap al NW, passant entre columnes i altres formacions, per connectar als 30 m lineals amb el llac de la cova des Xuetes. De la cova C, si ens dirigim en direcció S, podem continuar per una estretor formada per l'esbucament d'una antiga galeria, amb un rost format de blocs i formacions caigudes que per poc tanquen el pas. Superada l'obstrucció, la cavitat torna a agafar volum per, després de 20 m, sortir a la cambra dels Lladres que més endavant surt al llac allargassat de la cova D.

Hi ha mostres de processos corrosius recents que afecten diferents llocs inundats. S'han localitzat espeleotemes freàtics a -15,3 m.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Cavitat de la zona de mescla costanera excavada dins els materials escullosos del Miocè superior, formada per una successió de sales d'esfondrament juxtaposades i comunicades entre si de forma més bé aleatòria, tal i com és habitual en les coves d'aquesta tipologia (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a). El creixement tridimensional de la cova i l'erosió produïda per la mar ha originat l'obertura a l'exterior de la cavitat per tres llocs diferents.



Figura 11: Columnes basculades i trencades de la cova de Cala Varques B (Manacor). Foto: A. Cirer.

Figure 11: Columns tilted and fractured in Cova de Cala Varques B (Manacor). Photo: A. Cirer.

Fauna aquàtica

La cova de Cala Varques A, va esser citada per GINÉS & GINÉS (1977) com a localitat representativa de *Typhlocirolana moraguesi*.

COVA DE CALA VARQUES B

Situació geogràfica

Està situada també a la cala homònima, dins zona LIC i ANEI.

Història de les exploracions

La part terrestre de la cavitat va ser topografiada l'any 1970 per part de l'SCM (TRIAS & MIR, 1977). El GNM va realitzar l'exploració subaquàtica i els treballs de documentació de la cavitat al llarg de 34 dies de busseig des de l'any 1997 fins al 2000 (GRÀCIA *et al.*, 2000).

Descripció de la cavitat

La cova segueix una direcció predominant NE-SW, tret de la galeria dels Aliens que és NW-SE. El recorregut projectat total de la cova és de 1.068 m (986 m subaquàtics i 82 m aeris). El sistema principal (galeria de les Tortugues - galeria Principal - galeria dels Aliens) d'un extrem a l'altre té una llargària de 322 m. El desnivell global de la cova és de 36,5 m (del punt més alt, a +6 m, al més baix a -30,5 m). La potència màxima de roca situada sobre les galeries és de 40 m.

La boca s'obri a uns 6 m snm i permet accedir a una galeria terrestre de 74 m amb les seves cotes més baixes ocupades per un llac. La sala d'Entrada forma part de la galeria Principal (subaquàtica) ja que és l'esbucament d'un dels costats que sobresurt per defora de l'aigua. La galeria de les Tortugues presenta dos nivells superposats de galeries. Les galeries Laberíntiques tenen la mateixa direcció predominant que la galeria Principal i en alguns llocs formen amb ella fins a cinc galeries paral·leles. Després de recórrer 57 m de la galeria Principal (Figura 11), en un revolt, comença la galeria dels Àliens de 120 m de longitud en direcció NW. Al final de la galeria Principal, un laminador permet accedir a una cambra d'uns 30 x 8 m, amb la part terminal que es va fent estreta i quan sembla que es tanca s'obre al terra un passatge vertical (l'Esfínter) que condueix a la sala Fonda. Es tracta d'una gran sala de dimensions màximes 68 x 32 m, que es troba a un nivell inferior al de la resta de la cavitat, i assoleix els -30,5 m de fondària.

Les galeries Laberíntiques, amb control estructural, són la zona de la cavitat on s'aprecien més bé les morfologies de corrosió. La galeria dels Àliens i la galeria de les Tortugues semblen poc afectades per episodis d'esfondrament. A la galeria de les Tortugues es veuen galeries freàtiques superposades i interconnectades en alguns trams. Els espeleotemes més abundants són els de degoteig, així com els de flux. També hi ha estalagmites còniques i espeleotemes freàtics.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Cavitat de la zona de mescla costanera que en planta mostra una disposició ramiforme. Coexisteixen galeries poc o gens evolucionades i d'altres on predominen totalment les morfologies d'esfondrament. També són visibles galeries disposades a distints nivells, amb connexions de vegades molt angostes. El gran desnivell que presenta la sala Fonda en contraposició a la resta de la cavitat, fa pensar que tal vegada es tracti d'una unitat generada de forma independent i que s'hagi fusionat posteriorment.

Paleontologia

Del Miocè s'han trobat dents del tauró *Odontaspis cuspidata* i de tortuga d'una espècie encara no identificada. El material fòssil quaternari recol·lectat és una mandíbula juvenívola de *Myotragus balearicus* trobada a la galeria de les Tortugues, a uns 100 m a l'interior i a 15 m de fondària sota l'aigua.

SISTEMA GLEDA - CAMP DES POU (MANACOR)

Toponímia

L'avenc des Camp des Pou és conegut també, de forma popular, com a cova de Can Lluenes (com. pers. Antoni Pasqual).

Situació geogràfica i geològica

Excavada a les calcàries del Miocè superior, està situada entre la possessió de Son Josep Nou i Can Lluenes, a 36 m sobre el nivell del mar l'entrada de sa Gleda i 45,5 m l'avenc des Camp des Pou. La distància aproximada al litoral és de 1,7 km. Està situada dins zona ARIP. La cavitat posseeix la figura de protecció LIC.

Història de les exploracions i topografia de la cavitat

1974 - Topografia de la sala d'Entrada per l'SCM (FORNÓS *et al.*, 1989) i primera immersió a la sala Francesc Ripoll.

1990-1996 - Immersions de grups procedents de Gran Bretanya (CLARKE, 1991-92). Martyn Farr elaborà un croquis d'uns 250 m de recorregut subaquàtic (FARR, 1997-98). També revisen els llacs de l'avenc des Camp des Pou sense trobar continuacions.

1997 - S'inicien els treballs d'exploració i topografia per part del GNM. Escafandristes gal·lesos exploren 250 m per una galeria que, fent un gran rodeig (Circuit dels Pirates), es dirigeix de tornada de cap a la sala Francesc Ripoll.

1998 - El GNM explora algunes galeries laterals del Circuit dels Pirates (com la Sala del Cendrar); també es descobreixen les galeries dels Gemecs i s'aconsegueix forçar el Pas de la Corrosió.

1999 - Es descobreix la sala dels Dos Llacs, la ga-

leria dels Degotissos, les galeries de les Haloclines i la sala dels Paleonivells. La troballa i superació del Pas d'en Judes, permet penetrar en el sector Cinc-cents; exploració de la galeria Cinc-cents i de la galeria de les Còniques. Superació del Pas de l'Apocalipsi, que permet accedir al sector de la Unió. Exploració del sector de la Unió des del sector Cinc-cents.

2000 - Troballa del Sector de Gregal, a partir del descobriment de la galeria de les Plomes. Connexió de galeries en el sector de la Unió.

2001 - S'assoleix la punta més extrema d'exploració al Sector de Gregal (distància màxima lineal) de 1.700 m/-19 m, repartida entre 234 m/-19 i 1.466 m/-17 m.

2002 - 2007 - El GNM realitza l'estudi hidrològic, morfològic, sedimentari i de recollida de paleonivells freàtics. El recorregut de la cova de sa Gleda és de 10.500 (GRÀCIA *et al.*, 2007).

2009 - Es descobreix al sector de Gregal, poc després de passar el Laminador i a uns 1.000 m de l'entrada de la cavitat, el sector del Fènix. Al sector de la Unió, també s'afegeixen algunes galeries que avancen en direcció N. A l'avenc des Camp des Pou s'inspeccionen els petitíssims llacs occidentals de la cavitat. S'aconsegueix superar l'esfondrament de blocs i s'assoleixen galeries subaquàtiques horitzontals que permeten sospitar una connexió directa amb la cova de sa Gleda.

2010 - S'explora la galeria d'en Lluís Roca que 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. La galeria prossegueix fins a la sala dels Homes Vells,

també terrestre, per després continuar de forma subaquàtica. La galeria Això No És Vallgornera prossegueix de cap al NE fins als 1.625 m i als 48 m, una continuació en direcció SE permet comunicar amb una gran sala aèria i terrestre, la sala dels Templers, de gran bellesa.

A l'avenc des Camp des Pou, s'efectuen diverses immersions, i s'aconsegueix connectar amb les guies de la cova de sa Gleda; la cavitat s'ha convertit en el sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2010a). La distància entre les dues boques és de 1.715 m. Durant els anys 1997-2010, el GNM efectuà més de 400 dies d'immersions.

Descripció de la cavitat

El recorregut actual projectat és de 13.500 m i la profunditat màxima és de 24 m sota el nivell de l'aigua, xifres que la converteixen en la major cavitat subaquàtica de l'Estat Espanyol (Figura 12). El desnivell total és de 70,5 m. La direcció predominant de la cova és de NE-SW. La cova de sa Gleda s'obri a l'exterior, a uns 36 m sobre el nivell de la mar, per un espectacular abisament. La cavitat es compon d'un conjunt de sales i galeries de molt diverses dimensions i direccions que agrupam en set sectors, que en ordre cronològic pel que fa als descobriments són: sector Clàssic, sector de Ponent, sector Cinc-cents, sector de la Unió, sector de Gregal, sector del Fènix i sector Llunyà, a més de l'avenc des Camp des Pou que es pot considerar inclòs al sector Llunyà.

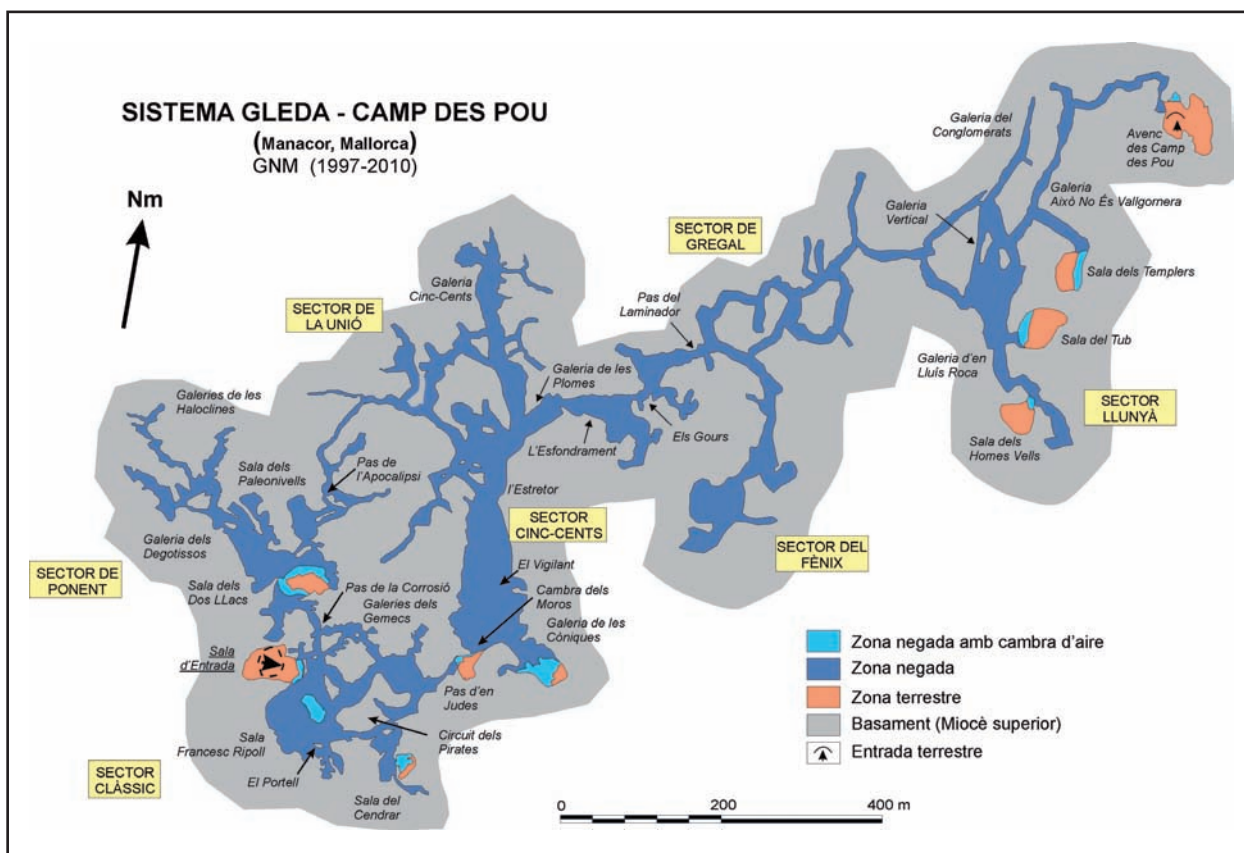


Figura 12: Topografia del sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor).

Figure 12: Topography of Gleda-Camp des Pou cave system.



Figura 13: Galeria Cinc-cents, passatge de gran volum excavat dins els materials escullosos del Miocè superior. Progressió amb propulsors per arribar als sectors més allunyats del sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor). Foto: A. Cirer.

Figure 13: Galeria Cinc-cents is a huge passage developed within the Upper Miocene reefal limestones. Progression with propellers to reach the farthest sectors in the Gleda-Camp des Pou cave system (Manacor). Photo: A. Cirer.

El sector Clàssic està format per les espectaculars sala d'Entrada i la sala Francesc Ripoll, de 100 x 80 m, que és la continuació submergida de la pròpia sala d'Entrada. La sala continua en el Circuit dels Pirates de 300 m de longitud; ambdós presenten continuacions laterals, d'entre les quals destaquen la sala del Cendrar que finalitza en una cambra d'aire i les galeries dels Gemecs, que condueixen fins l'angost Pas de la Corrosió, que obri el pas al sector de Ponent.

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

El sector Cinc-cents s'inicia a mitjan recorregut del circuit dels Pirates, a uns 225 m, una vegada superat el pas d'en Judes que permet l'accés a la impressionant galeria Cinc-cents, de 350° de direcció i més de cinc-cents metres de longitud, amb una amplada que assoleix en alguns llocs els 80 m i l'alçària els 12 m (Figura 13). A l'inici es troba la cambra dels Moros, sala terrestre, i també s'inicia la galeria de les Còniques, amb una important cambra d'aire. Des de dos llocs de la galeria Cinc-cents parteixen diverses galeries que formen el sector de la Unió, que de N a S ens comunica les dues grans zones en la qual se subdivideix la cavitat.

El sector de la Unió, de NE a SW, comunica 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. La fondària d'aquest sector està compresa generalment entre els -17 a -25 m. 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.

El sector de Gregal comença a poc més de 300 m de l'inici de la galeria Cinc-cents (uns 600 m des del llac d'entrada), 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, estança decorada profusament per espeleotemes freàtics. A partir d'aquí, l'aspecte canvia, i es pot seguir després de cap al SE en forma d'una àmplia galeria d'uns 112 m de longitud. 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. 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 sector del Fènix parteix d'uns 100 m passat el laminador del sector de Gregal, és a dir a uns 1.000 m des de l'entrada de la cova. La seva direcció és SE al començament, per després passar a S. 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.

El sector Llunyà 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. 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.

Les morfologies resultants dels mecanismes corrosius de l'aigua són habituals en molts sectors de la cova i han afectat de forma espectacular diverses formacions litoquímiques, creant nivells de corrosió predominants. Els espeleotemes són abundants i de mides considerables en algunes zones no afectades per esfondraments o per l'acció de la corrosió que hagi fet desaparèixer les formacions. Els espeleotemes més nombrosos són els de degoteig i els de flux. Són molt característics de la cavitat els espeleotemes freàtics situats a diferents cotes.

Hidrologia

La temperatura de l'aigua superficial en el llac de la sala d'Entrada a l'hivern ha estat mesurada en 13,4°C, mentre que a menys de 2 m de profunditat assoleix, en una termoclina espectacular, els 18 - 19°C. La salinitat dels 4 primers metres té valors de l'ordre de 1 i 2 ‰ i dels -5 als -16 m augmenta fins als 37 ‰, per mantenir-se gairebé constant d'ençà d'aquesta cota fins als -25 m. Degut a la ubicació de l'entrada de la cova enmig d'una torrentera, es veu afectada per les aigües que conflueixen i es precipiten per la boca en cas de fortes precipitacions.

Sediments

Per una part es troben els materials llimosos vermells de composició silícia que es relacionen amb les entrades externes de la cavitat, i per altra banda els llims groguencs carbonatats, resultat de la descomposició granular de la roca calcarenítica miocena (FORNÓS *et al.*, 2009).

Espeleogènesi

El Complex Terminal del Messinià forma els primers metres de l'esfondrament que ha permès l'obertura a l'exterior de la xarxa subterrània (FORNÓS *et al.*, 1989), però la major part de la cavitat està excavada dins els materials escullosos del Miocè superior que formen els grans volums de les galeries. Algunes altres zones, com són les galeries de les Haloclines estan obertes dins la fàcies de lagoon extern (GINÉS *et al.*, 2008); 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 enregistrats i conservats.

La cavitat, excavada a la zona de mescla, està formada per una successió de sales d'esfondrament juxtaposades i comunicades entre si de forma més bé aleatòria, el que dóna lloc a una planta divagant de disposició ramiforme (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a) per mor de la coalescència de diferents unitats volumètriques de col·lapse. Els plans d'estratificació han assolit un paper important en el desenvolupament d'algunes zones de la cavitat.

Fauna aquàtica

Han estat recol·lectats: els copèpodes *Paramisophria* cf. *ammophila*, *Stygocyclopia balearica*, *Halicyclops troglodytes*, *Thermocyclops dybowskii*, *Troglocyclopina balearica*, *Speleophria gymnesica* i *Speleophriopsis balearicus*; els amfípodes *Bogidiella balearica* i *Salentinella angelieri*; els isòpodes *Typhlocirolana moraguesi* i *Jaera italica*; el termosbenaci *Tethysbaena scabra*.

Arqueologia

S'han trobat sota les aigües fragments ceràmics pretalaiòtics, púnics i islàmics a la sala d'Entrada i a dos esfondrament interns, a uns 200 m, 250 m i 380 m del llac d'entrada. Els fragments trobats ens serveixen per poder saber que en temps històrics la cova tenia com a mínim altres dues entrades, també d'abisament (Cambra dels Moros i galeria de les Còniques), actualment impracticables.

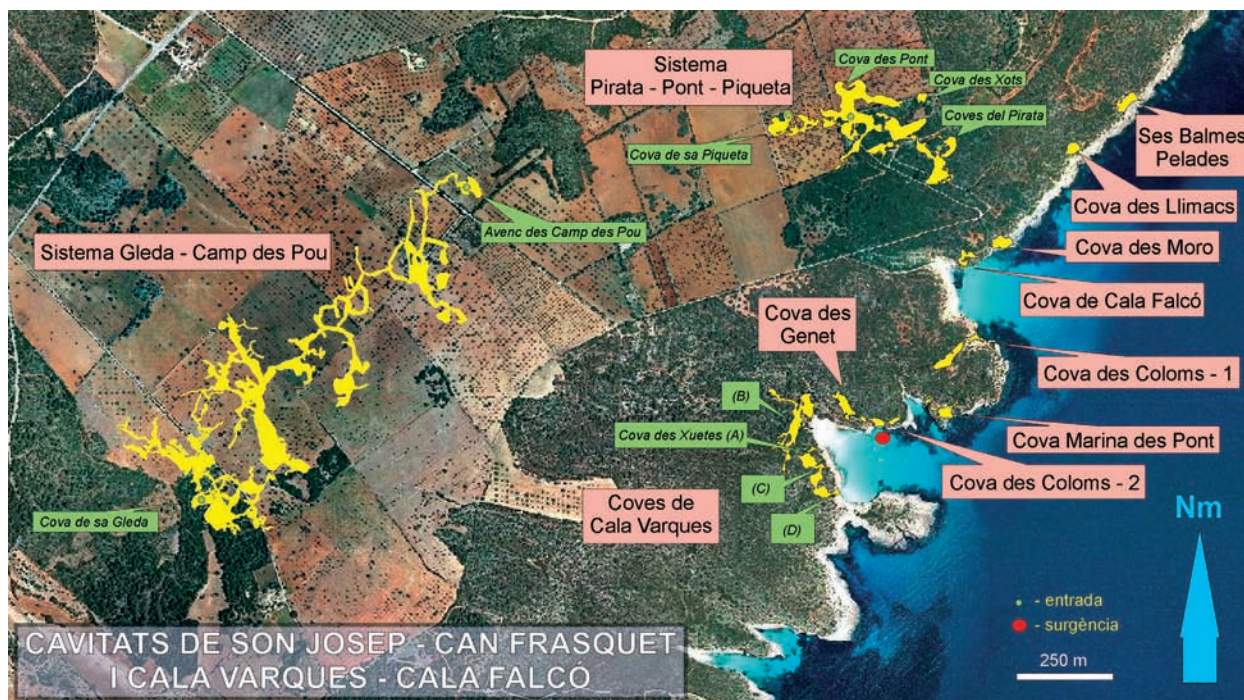


Figura 14: Fotografia aèria de la zona de Son Josep, Can Frasquet, Cala Varques i Cala Falcó, amb la planta del sistema Gleda-Camp des Pou i de les altres cavitats de la zona superposada.

Figure 14: 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.

COVA DETS ASES (FELANITX)

Toponímia

La cavitat s'emprava per tirar-hi el bestiar mort o malalt, especialment ases, mitjançant una entrada superior.

Situació geogràfica

La boca, situada a uns 18 m snm, es troba a la possessió de Sa Punta, al costat d'un revolt del camí que du de l'Algar cap a Cala Murada. La cavitat està situada dins zona ANEI. La cova posseeix la figura LIC. Està protegida per la llei de Patrimoni de l'Estat Espanyol 16/1985 i figura a la carta Arqueològica (Llei de Patrimoni del Govern Balear).

Història de les exploracions

L'any 1972 es va realitzar una topografia parcial fins a la sala del Primer Llac per part del Grup Espeleològic EST (GINÉS & GINÉS, 1987). L'any 1989, membres del club gal·lès CCC creuen el primer síf i accedeixen a la sala Final, per posteriorment superar el segon síf i sortir a la mar (CLARKE, 1990-91). Espeleòlegs mallorquins del GEM realitzen entre 1994-96 la topografia completa de la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 1997).

Descripció de la cavitat

La poligonal principal assoleix una longitud de 344 m, amb un recorregut total de 626 m (Figura 15). La diferència de la cota més alta a la més baixa és de 28 m. La cavitat segueix una direcció general de NW-SE. L'entrada condueix a una sala de pis descendent, per després remuntar fins a un reduït pas per on se surt a la part superior de la sala dels Ossos. El pendent davalla fins a la sala del Primer Llac, d'aquí es pot anar en direcció S a través d'un pas estret que ens porta a una regió laberíntica de blocs o bé pujar entre els estrats i blocs caiguts del sòtil que formen diverses gateres. Una delicada ascensió vertical connecta amb la sala Gran. La sala, bastant concrecionada, comença molt aferrada al sostre (+19 m), per anar davallant per un pendent molt llenegadís, a mesura que el sòtil baixa esglaonadament, fins arribar a les cotes més baixes, ocupades pels llacs. Les mides màximes són 50 x 28 m de planta i 8 m d'alçària. El primer síf d'11 m de llarg i -3,5 m de fondària, va permetre accedir a la sala Final, de 117 m de longitud i una amplària que supera a diversos llocs els 30 m, essent l'alçària de 14 m. Al final de la sala es troba el segon síf, de 20 m de longitud, que surt a la mar. El tercer síf, de 70 m de recorregut i uns -8 m de fondària, està subdividit en dues branques, una d'elles connecta també la sala Gran amb la sala Final.

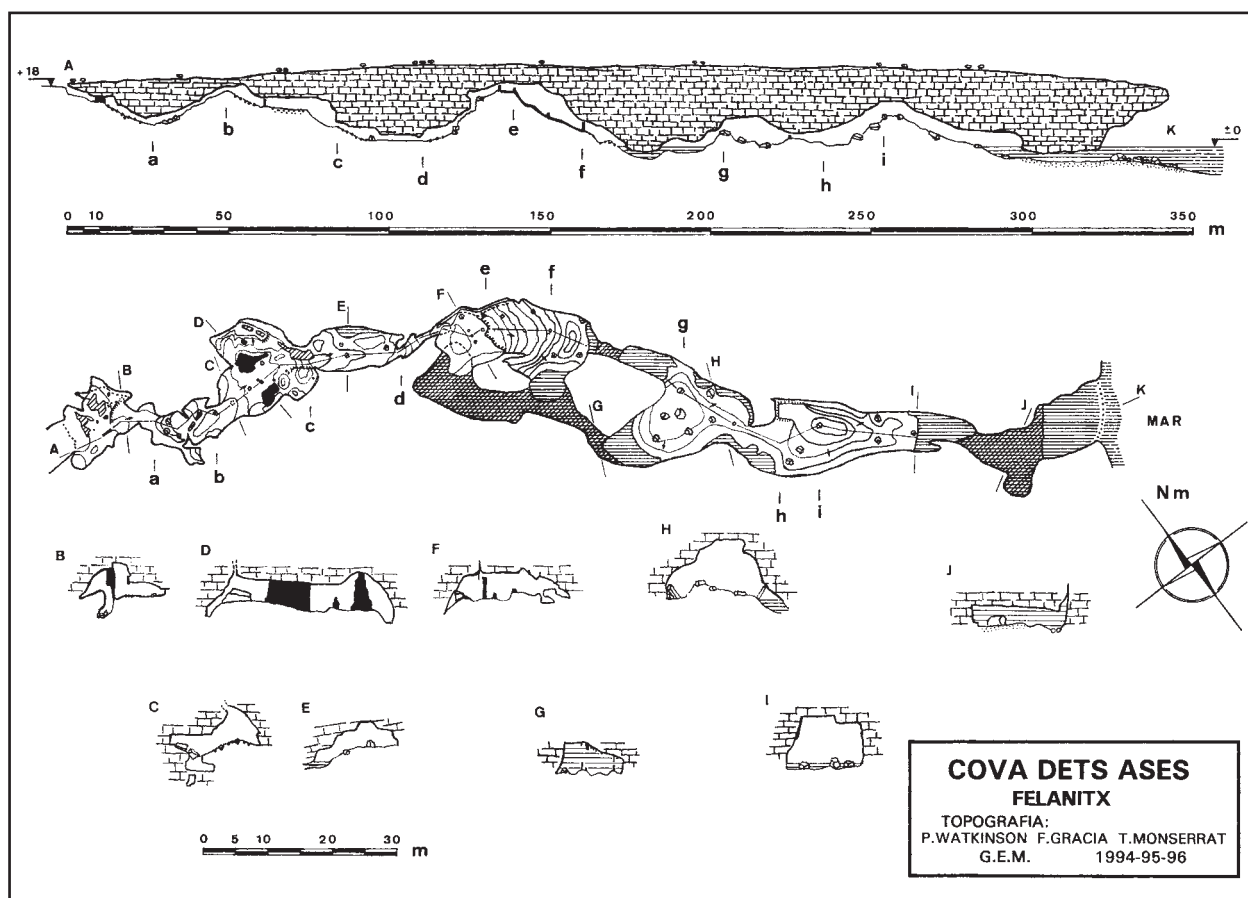


Figura 15: Topografia de la cova dels ASES.

Figure 15: Topography of Cova dels ASES.

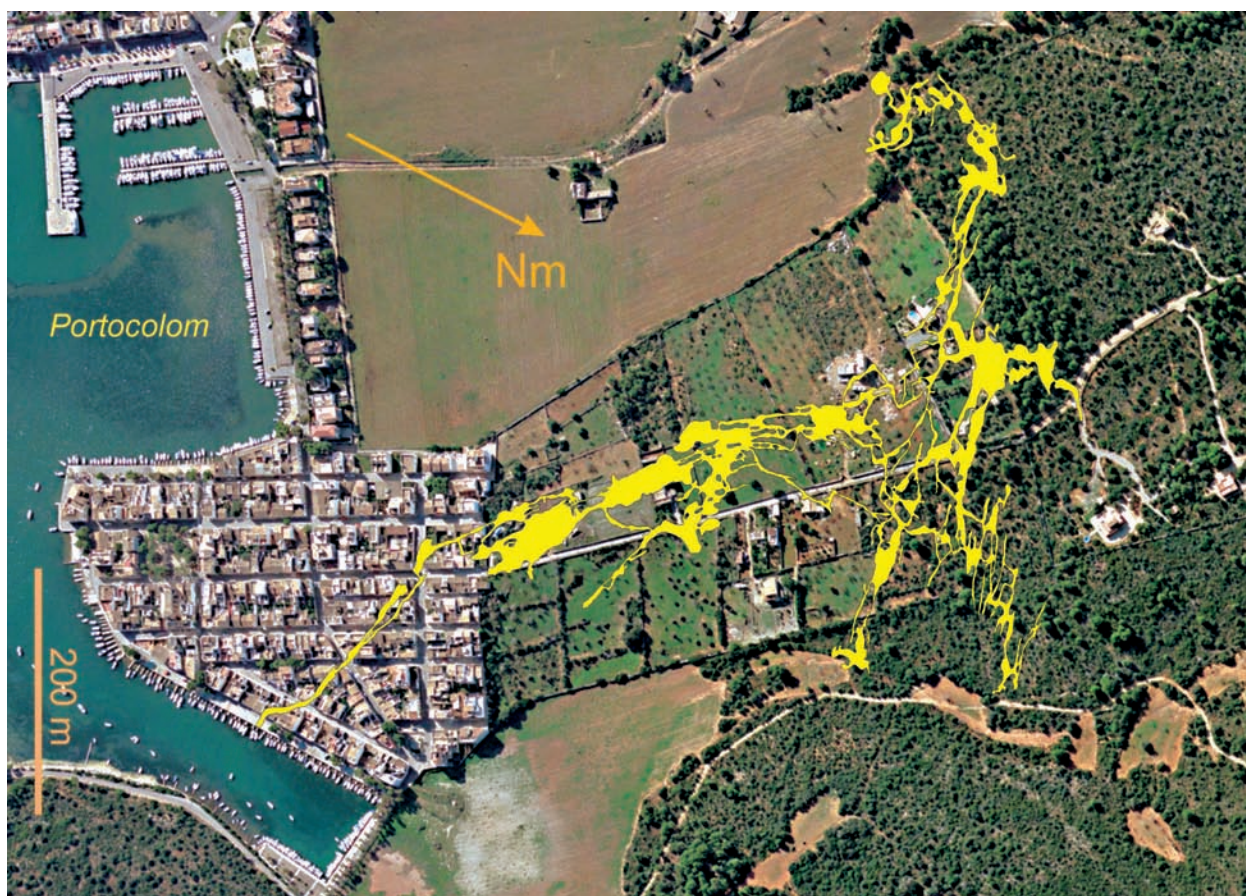


Figura 16: Fotografia aèria de Portocolom amb la planta de la cova des Coll superposada.

Figure 16: Aerial photograph of Portocolom, with the topography of Cova des Coll translocated on it.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

L'estructura de la caverna està configurada en quatre grans baixades i pujades successives, en funció de la intensitat dels esbucaments. Les cotes més baixes es troben sota el nivell freàtic, formant els llacs i sifons. Les dues entrades terrestres s'obriren a conseqüència d'aquests processos clàstics, en esfondrar-se el sòtil de les sales i connectar amb la superfície del terreny. L'entrada submarina permet incloure la cavitat dins les captures càrstico-marines de la plataforma miocènica (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a). Molts dels esbaldregalls gravitacionals es troben cimentats per recobriments litoquímics.

Fauna aquàtica

Inclou l'amfípode *Salentinella angelieri*; l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi* i el copèpode *Troglocyclopina balearica*.

Arqueologia

S'ha trobat ceràmica talaiòtica, púnica i islàmica (SALVÀ, 1997).

COVA DES COLL (FELANITX)

Situació geogràfica

Situada a Portocolom, part del seu recorregut es troba sota el nucli urbà (Figura 16). Geològicament pertany a les calcàries del Miocè superior. La cavitat té la figura de LIC.

Història de les exploracions

1994 - Topografia de la zona terrestre prop de l'entrada (sector de l'Esfondrament) i troballa de les primeres continuacions subaquàtiques (sector del Descobriment) per part de membres del GEM.

1995 - Exploració per un equip del GEM, CCDS i CCC del sector del Patatús, al temps que també s'avança pel sector dels Autèntics. Es troben dos pous artificials per extreure aigua que connecten amb la cavitat.

1996 - Descobriment de les galeries sota el nucli urbà, entrant per la mar (sector del Poble) i connexió amb la resta de la cavitat. Continuen les progressions pel sector dels Autèntics i es descobreix el sector Final. Aquest es troba a 1.200 m de la mar (GRÀCIA *et al.*, 1997).

2003 - El GNM inicia un programa d'estudi geològic i biològic de la cavitat que prossegueix fins l'any 2005.

Es troben noves extensions a diferents sectors que suposen que la cavitat assolixi els 7.020 m de recorregut (GRÀCIA *et al.*, 2005).

En total han fet falta exploracions i recerques al llarg de 6 anys, que han suposat 60 dies d'immersions la primera campanya (1994, 1995 i 1996) i 65 dies d'immersions la segona (2003, 2004, 2005). Les tasques de busseig efectuades al llarg de tot l'estudi totalitzen 124 dies. El total de temps de busseig supera les 900 hores



Figura 17: Entrada de la cova des Coll (Felanitx) per un esfondrament que gairebé no deixa accedir a les galeries inferiors. Foto: M. A. Perelló.

Figure 17: Entrance to Cova des Coll (Felanitx) by means of a narrow collapse that leaves almost no access to the passages below. Photo: M. A. Perelló.

dins la cavitat, sense tenir en compte les tasques de preparació de l'equip ni de transport del material.

Descripció de la cavitat

És la cova subaquàtica amb entrada submarina de més recorregut de l'estat espanyol. El seu recorregut és de 7.020 m, repartits entre 5.529 m subaquàtics, 765 m aquàtics amb aire, i 726 m terrestres. Dues entrades naturals i dos pous connecten amb la cova. Una de les entrades és submarina i l'altra es localitza darrera del nucli urbà (Figura 17). Les dues direccions principals que segueix la cavitat són: 315° al sector de l'Esfondrament i 260° al sector dels Autèntics. Un sector de la cavitat està situat sota el nucli urbà de Portocolom, i comprèn la zona que va des de la mar fins a la sala del Pou Negre.

El clar predomini de les morfologies de dissolució és la característica més notòria de la cavitat. Molt poques són les zones que presenten espeleotemes en bon estat (Figura 18) i es localitzen únicament a les cotes més interiors i profundes, encara que hi ha nombroses evidències d'espeleotemes dissolts per tot arreu.

Hidrologia

Les Barraques de s'Aigo Dolça o s'Esdolç són la surgència a la mar de la cavitat i el corrent d'aigua en ocasions adquireix una gran velocitat segons la pressió



Figura 18: Les sales d'esfondrament de la cavitat coincideixen amb les zones aèries de la cova des Coll en trobar-se per damunt del nivell freàtic actual. Foto: M. A. Perelló.

Figure 18: The breakdown chambers in Cova des Coll correspond to the aerial sectors of the cave, since they are located above the present-day water table. Photo: M. A. Perelló.

atmosfèrica. La cova presenta una columna d'aigua on se succeeixen 4 porcions ben diferenciades. Una capa d'aigua superficial molt prima (menys d'un metre de gruix de 17 ‰ de salinitat), es localitza per sobre d'una capa d'aigua producte de la percolació i mescla de la escorrentia superficial sobre la massa d'aigua subjacent. Aquesta és una capa salobre (fins a 5 m de fondària de 31 ‰ de salinitat) producte directe del flux i reflux de la mar al llarg dels corredors de la cova, i llur mescla amb l'aigua dolça infiltrada. Segueixen dues capes: una, entre 5 i 10 m de fondària, pot qualificar-se com aigua marina modificada per dilució; i l'altre, de -10 m fins al fons, d'aigua pràcticament marina (37,5 ‰).

La temperatura de l'aigua reflecteix clarament la influència marina en la porció superior de la columna d'aigua, mentre que l'aigua del fons es manté als voltants dels 18,8 i 19°C.

Sediments

Presenta una fàcies sedimentària superior, de composició majoritàriament carbonatada, gra més gruixut i de coloracions clares, i una altra amb una proporció més important dels elements silícics i de tonalitats vermelloses.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

La cavitat és una xarxa freàtica amb fort control estructural (diàclasis i fractures en general) pel que fa a la disposició en planta de la cavitat. Els condicionants litològics han influenciat de forma decisiva la configuració morfològica de la cavitat; així, a les fàcies corresponent a ambients de *lagoon* la permeabilitat associada a la fracturació adquireix major rellevància, en presentar aquests materials una porositat bastant més baixa que els dipòsits escullosos presents a la regió del Migjorn (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c).

Paleontologia

S'han trobat diverses restes de tortugues i d'altres espècies de vertebrats del Miocè superior.

Fauna aquàtica

S'han censat 15 espècies d'organismes sèssils filtradors o detritívors. Llur distribució indica zones amb hidrodinamisme condicionat per la distància a la mar.

S'han classificat 7 esponges, de les quals cal destacar primeres cites per al litoral espanyol: *Plakina dilopha*, *Suberites carnosus* var. *flavus* i *Amorphinopsis pallescens*.

Les esponges presenten les espícules molt robustes el que indica una disponibilitat de sílice important. Dels dos poliquets determinats, *Bispira viola* constitueix la primera cita d'aquesta espècie a la Península Ibèrica i a les Balears. També s'han determinat 1 tunicat i 5 mol·luscs.

De la fauna carcinològica s'han censat a la cavitat un mínim de 30 espècies de crustacis. Les espècies

cavernícoles estan integrades pel decàpode *Bermudacaris* sp., els amfípodes *Racovella birramea*, *Maera* sp. nov. i *Salentinella angelieri*; l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*; el termosbenaci *Tethysbaena scabra*; els copèpodes calanoides *Exumella mediterranea*, *Paramisophria* sp. nov., *Stephos margalefi* i *Stephos vivesi*; els copèpodes misofrioides *Speleophriopsis balearicus* i *Speleophria gymnesica* i els copèpodes ciclopoides *Halicyclops troglodytes*, *Protoneocyclops mediterraneus* i *Muceddina multispinosa*.

Per altra banda, trobam un grup d'espècies d'hàbits obscurícoles que troben a la cavitat una extensió natural terra endins del seu hàbitat marí. Es tracta del leptostraci *Nebalia strausi*, del decàpode *Palaemon serratus*, del misidaci *Hemimysis* sp., dels copèpodes calanoides *Pseudocyclops* sp i *Acartia* sp., i dels copèpodes cyclopoides *Euryte longicauda*, *Cyclopina esilis*, *Pterylopsyllus* sp. i *Oithona* sp.

Arqueologia

S'han trobat materials arqueològics d'època romana sota les aigües d'una sala, al final d'un rost de terra i pedres.

COVA D'EN BASSOL O COVA D'EN PASSOL (FELANITX)

Toponímia

El nom amb el qual es va topografiar i publicar va esser cova d'en Passol, per mor de que l'informador efectuava una ensordització de "b" per "p".



Figura 19: Fotografia aèria de cala sa Nau i cala Mitjana, amb la planta de les coves superposada. 1. Cova Submarina de Cala sa Nau. 2. Cova de ses Barraques. 3. Cova de Cala Mitjana. 4. Cova d'en Bassol.

Figure 19: Aerial photograph of Cala Sa Nau and Cala Mitjan, with the topography of the caves translocated on it. 1. Cova Submarina de Cala sa Nau. 2. Cova de ses Barraques. 3. Cova de Cala Mitjana. 4. Cova d'en Bassol.

Situació geogràfica

Situada a les proximitats de cala sa Nau. Forma part de la marina de Felanitx, constituïda per materials calcaris neògens postorogènics. Està situada dins zona ANEI. La cavitat posseeix la figura de protecció LIC.

Història de les exploracions

Segons informants d'edat avançada de Felanitx, la cova, amb dues entrades artificials, es va trobar cercant aigua. La feina d'exploració, les tasques de topografia i la documentació fotogràfica es van realitzar al llarg de 21 dies d'immersions dels anys 1997 i 1998 per membres del GNM i del GEM (GRÀCIA *et al.*, 1998a).

Descripció de la cavitat

El recorregut total és de 1.491 m, dels quals 1.082 m són subaquàtics (Figura 19 i 20). La diferència de la cota més alta, al sostre de la sala de sa Nau (+21,5 m), a la més baixa, a les galeries inundades del sífó des Somnis (-25 m), és de 46,5 m. La cavitat segueix una direcció general NE-SW i es divideix en quatre sectors: la sala de sa Nau, terrestre, que separa les altres parts subaquàtiques, el sífó des Somnis, el sífó des Crancs i el sífó Ocult.

La sala de sa Nau és el resultat del creixement ascendent de la cova, produït per l'esbucament del sostre. Les dimensions màximes són 112 m de llarg, 72 m d'ample i 11 m d'alçària màxima. Després de recórrer 20 m per davall l'aigua, vorejant la sala, un pas estret entre el sostre i els blocs caiguts del con d'enderrocs, permet a 6 m de profunditat, avançar 25 m més per una galeria oberta entre els plans d'estratificació, des d'on un balcó

surt a l'ampla galeria del sífó des Somnis. A partir d'aquí la cova segueix cap al SW, amb una amplada mitjana d'uns 36 m. Una primera part s'estén en forma d'ampla galeria fins que passa per una zona més estreta, i segueix per una àrea densament poblada d'estalactites i altres formacions. Més endavant, diversos esbucaments i l'abundant concrecionament, tornen a complicar i separar diferents parts de la galeria. En una de les saletes, a -25 m s'assoleix la màxima fondària de la cova, després d'haver recorregut 224 m de sífó.

Tornant a la sala de sa Nau, per accedir al sífó des Crancs s'han de superar, seguint rost avall, dos passos estrets entre blocs. El sífó consisteix en una galeria principal de 108 m de longitud, i 48 m d'amplària i 16'5 m de profunditat màxima. La darrera àrea sotaiguada (sífó Ocult) de 44 x 44 m i direcció gairebé N-S està subdividida per un envà de blocs.

Les formes de corrosió es presenten en diferents indrets de les zones sotaiguades, encara que només són abundants localment. El que més destaca és la notable proliferació d'espeleotemes d'una gran varietat i bellesa. Predominen els espeleotemes de degoteig (Figura 21) i els espeleotemes de flux, encara que també hi són presents els espeleotemes de traspuament i en alguns sectors espeleotemes subaquàtics, a més dels espeleotemes freàtics, indicadors d'antics nivells d'estabilització de la mar. La sala terrestre d'aquesta cova (sala de sa Nau) només conserva els espeleotemes de gran mida, ja que els altres es varen arrabassar salvatgement al segle XIX.

Hidrologia

Es Rivetó de cala sa Nau, segons la tradició popular (AGUILÓ, 1991), és un broll submarí d'aigua a la part dreta de la cala, situat molt a prop de la platja. Aquest aflorament es produeix segons les condicions baromè-

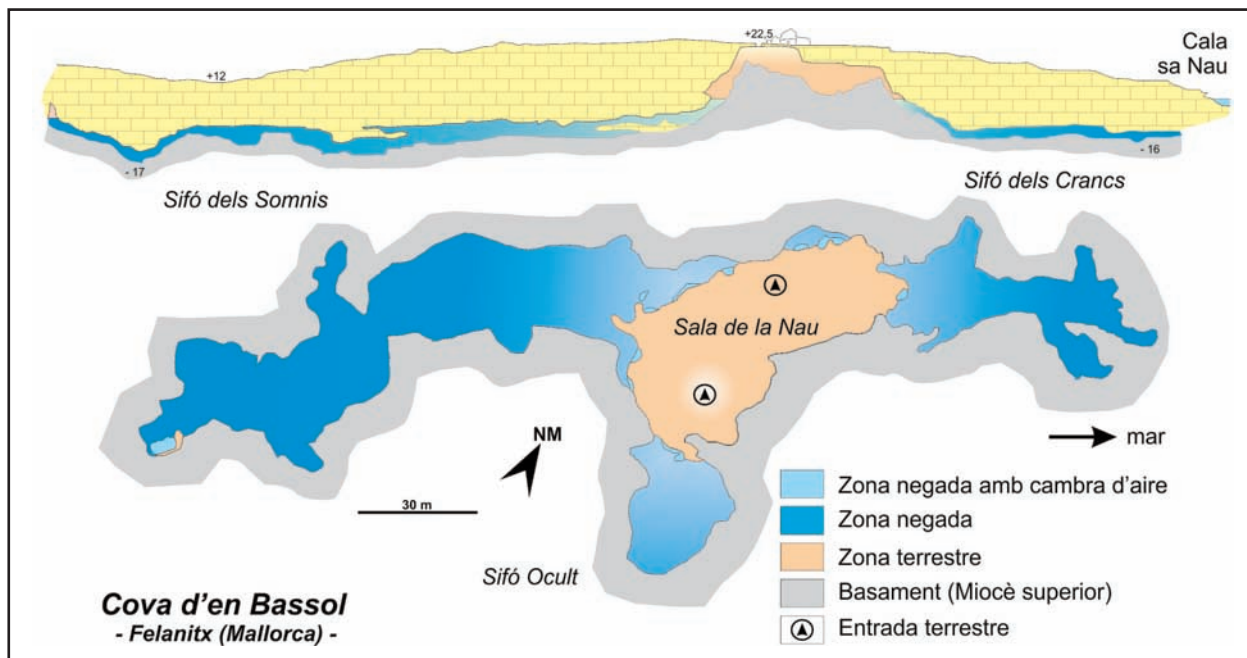


Figura 20: Topografia de la cova d'en Bassol.

Figure 20: Topography of Cova d'en Bassol.

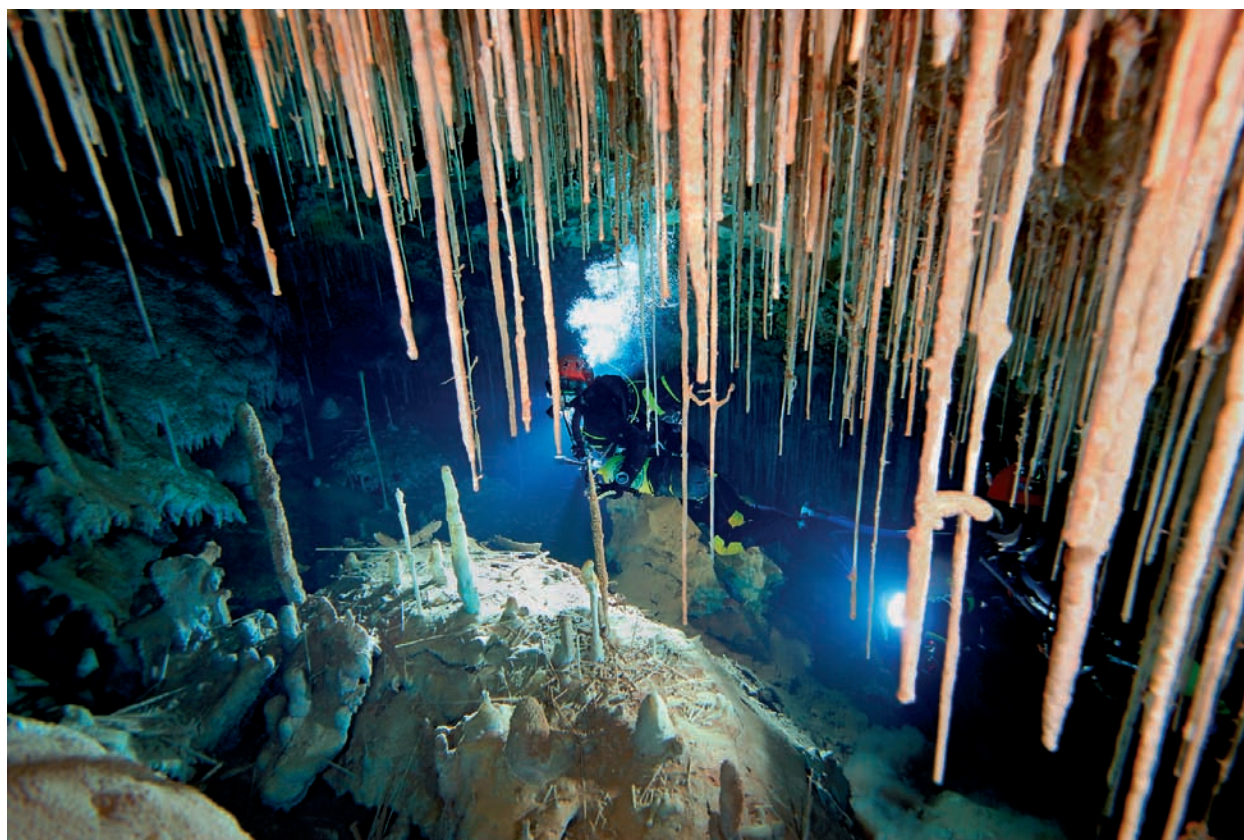


Figura 21: Abundant decoració zenital i pavimentària del sífo des Somnis de la cova d'en Bassol (Felanitx). Foto: M. A. Perelló.

Figure 21: Abundant speleothems decoration in the ceiling and floor of Sífo des Somnis, in Cova d'en Bassol (Felanitx). Photo: M. A. Perelló.

triques del moment. L'aigua procedeix de la cova de ses Barraques, molt propera a la cova d'en Bassol.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

La cavitat presenta en planta una disposició ramiforme. Grans esbaldrecs han format la sala de sa Nau i han tancat i separat la cova de cala Mitjana d'aquesta darrera, a on només uns 40 m separen ambdues cavitats. Cal remarcar que els tres sífons han estat ben a punt d'ésser totalment impenetrables per l'home a causa dels processos clàstics. La sala de sa Nau es troba en un estadi previ a la formació d'un abisament (en algun punt el gruix del sostre és de només 1 m).

COVA DES DRAC DE CALA SANTANYÍ (SANTANYÍ)

Toponímia

Els topònims en què apareix el nom d'aquest animal designen els caus on la gent creia que habitava, i són residus de creences i religions anteriors al cristianisme (ROSSELLÓ VERGER, 1961-62; MOREU-REY, 1982). D'aquesta gruta coneixem uns versos que fan referència a l'historiador Joaquim Maria Bover, vers 1837 (VIDAL, 1965). Del 1900 és la citació de la *cueva del Drach*, als llibres d'actes municipals de l'ajuntament de Santanyí.

Situació geogràfica

Es troba al costat SE de la cala, al carrer de la cova des Drac devora diversos establiments hotelers, a 15 m snm, dins les calcarenites del Miocè superior (Figura 22). La cavitat posseeix la figura de protecció LIC.

Història de les exploracions

L'any 1968, el Grup d'Exploracions Subterrànies (GES) de Barcelona, va procedir a realitzar un croquis de la sala d'Entrada (MONTORIOL-POUS, 1970). L'exploració i documentació subaquàtica es va efectuar per membres del GNM i del GEM; van suposar 21 dies d'immersions al llarg dels anys 1997 i 1998 (GRÀCIA *et al.*, 1998b).

Descripció de la cavitat

La cova en conjunt té un recorregut de 803 m (191 m aeris i 612 m subaquàtics). S'obri a l'exterior per un abisament de 20 m d'ample que permet accedir a través d'un rost a la sala d'Entrada, de 100 x 40 m de dimensions màximes. El con d'enderroc forma un pendent cap als llacs i es perllonga sota l'aigua. La cavitat prossegueix per una galeria de 185 m de longitud (galeria Negra), desenvolupada al llarg de pujades i baixades,

producte dels esfondraments. L'amplada oscil·la entre els 23 m de màxima i els 4 m de mínima. En una de les parets s'obre la galeria dels Paleonivells, entre els -15 i -19 m, amb abundants registres d'una antiga pulsació freda a -15 m (Figura 23). La galeria pren la direcció NE i s'obre a una sala voluminosa (sala de la Bèstia Fabulosa), amb blocs, sovint de mides descomunals que formen galeries i falsos pisos i que arriba a assolir els -23 m. A prop del final de la galeria Negra, en direcció NE, se supera un angost pas i s'accedeix a una sala aèria, gran esbaldrec de roca molt blanca i descomposta i perillosa de transitar (sala de la Bella Fadrina). A l'extrem de la galeria Negra, per entre els blocs caiguts, s'obre el laminador del Purgatori d'uns 10 m de longitud, i menys de 50 cm d'alçària, que miraculosament permet el pas i condueix a la galeria del Cavaller, a on s'assoleix la fondària màxima de 24 m.

Les morfologies de corrosió són visibles, especialment, a la paret E de la sala d'Entrada, per davall de l'aigua, on destaquen les morfologies esponjiformes. Els espeleotemes són més abundants a la sala de la Bèstia Fabulosa i a la sala des Cavaller.

Els espeleotemes indicadors de paleonivells freàtics són de destacar.

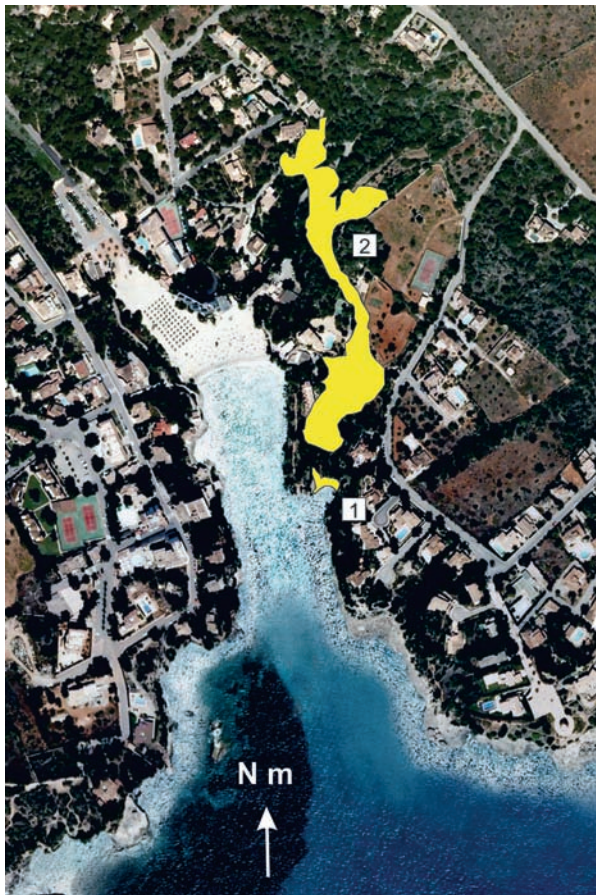


Figura 22: Fotografia aèria de Cala Santanyí amb la planta de la cova des Drac de Cala Santanyí superposada.

Figure 22: Aerial photography of Cala Santanyí, with the topography of Cova des Drac de Cala Santanyí translocated on it.

Hidrologia

La cova des Riu constitueix la comunicació impracticable amb la mar de la cova des Drac i és la surgència submarina de la cavitat.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Es tracta d'una típica cavitat de la zona de mescla costanera, amb el característic desenvolupament en planta de tipus ramiforme. El progressiu enfonsament i l'erosió litoral provocaria l'obertura de la cova a l'exterior.

Fauna aquàtica

S'ha observat l'esponja *Raphisia speleaea*.

Arqueologia

En una de les immersions efectuades a la cavitat, es va recuperar una peça pretalaiòtica sota l'aigua del llac (en possessió del servei de Patrimoni del Consell Insular de Mallorca).

COVA DES PAS DE VALLGORNERA (LLUCMAJOR)

Situació geogràfica

Es troba a la regió càrstica de la marina de Lluçmajor, constituïda per dipòsits carbonatats tabulars del Miocè superior. La cavitat posseeix la figura de protecció LIC.

Història de les exploracions

Aquí ens centram de forma exclusiva en els descobriments efectuats mitjançant tècniques d'espeleologia subaquàtica. Les descobertes realitzades a les zones aèries, ja han estat profusament detallades a l'article específic de la cavitat en aquest mateix número de la publicació Endins (MERINO, 2011).

1991 - 1992 - Els bussos del CAS Tritón realitzen les primeres immersions d'exploració i topografia de les galeries inundades del Sector Antic (MERINO, 1993). Exploren principalment dues branques, el sector Occidental, d'uns 250 m de longitud i direcció predominant NE i el sector Oriental que s'atura en una ampla zona molt decorada, als 70 m de distància. El recorregut total subaquàtic, incloent-hi altres ramificacions, és d'uns 600 m. El desenvolupament total de la cavitat és de 2.000 m.

1997 - El GNM explora en un llac de la zona SW de la sala de les Arrels (sector Antic) i apareixen uns 400 m que, de forma paral·lela a la pista Americana, connecten amb la sala Max.

2001 - El GNM revisa el sector Antic. Al final de la guia més oriental, instal·lada pels bussos del CAS Tritón l'any 1991, a 70 m del llac d'entrada, s'aconsegueix prosseguir uns 200 m més fins a un esfondrament que



Figura 23: Galeria dels Paleonivells de la cova des Drac de Cala Santanyi (Santanyi). Foto A. Cirer.

Figure 23: Passage known as Galeria dels Paleonivells, in Cova des Drac de Cala Santanyi (Santanyi). Photo: A. Cirer.

tanca el pas dins l'aigua. Es veuen possibilitats de continuació, però com cal sortir de l'aigua es decideix deixar-ho per més endavant. Han descobert, emperò sense assabentar-se, la connexió directa entre la platja des Fòssils (llac d'entrada) i la sala Que No Té Nom, que serà molt útil per transportar el material a zones més allunyades.

2007 - Un grup de bussos de la península, encapçalats per en Miguel Romans i guiats i ajudats per espeleòlegs del GELL, al llarg d'una visita, transporten tot l'equipament a través del llac de na Gemma fins al llac Quadrat, a on exploren més de 200 m de galeries del sector de les Grans Sales. També, en un altre viatge a la cavitat, exploren uns 200 m a la galeria *Stargate*, passada la galeria dels Espeleotemes. D'ambdues ocasions no consten dades topogràfiques que documentin els resultats aconseguits. Els membres del GNM reprenen les exploracions a diferents zones de la cavitat al llarg de 14 dies i exploren més de 2.500 m. Els resultats són grans penetracions al sector de les Grans Sales, exploració de la galeria Miquel Àngel Barceló i la galeria Grup Nord de Mallorca. El desenvolupament total a finals d'any és de 47.000 m.

2008 - Al llarg de 24 dies d'immersions es prossegueix amb les tasques de topografia i d'exploració de noves galeries. Com a principals fites aconseguides es descobreix la sala de la Fadrina Vella, la galeria Endavant les Atxes (que connecta amb la sala Joan Max), la galeria i sala Jaume Damians, les galeries de l'Extremunció, la galeria Collonuda Nord, la galeria Collonuda

Sud, la galeria Hidrotermal i continuen les exploracions en el sector de les Grans Sales. El recorregut de la cavitat ja arriba als 55.736 m.

2009 - S'han fet tasques exploratòries, topogràfiques i de documentació fotogràfica de la cavitat al llarg de 32 dies. S'han incorporat a les tasques al sector Antic els bussos del GELL.

En resum, des del punt de vista exploratori, en total s'ha aconseguit l'exploració i topografia de 10.200 m de galeries sotaiguades al llarg de 79 dies d'ençà de l'any 1995. Tanmateix, han estat especialment intensos els darrers tres anys, 2007, 2008 i 2009, que han suposat el gruix de la feina feta fins ara pel GNM (GRÀCIA *et al.*, 2009a; 2009b). El total d'hores invertides sota l'aigua ha estat de 636, repartides al llarg de 139 immersions i la suma total dins la cavitat, entre transports terrestres i feines subaquàtiques, supera les 1.600 hores. Els temps de durada de les immersions és molt llarg, ja que les distàncies a les puntes del sector de Gregal superen els 1.728 m de distància lineal, des del llac Quadrat (des de l'entrada 2.275,5 m). El temps de permanència dins la cavitat a les puntes més allunyades supera les 12-14 h, per mor d'haver-se d'equipar i desequipar en dues ocasions en sentit d'entrada i el mateix de sortida, i portejar l'equip de busseig fins a les zones d'immersió. Així, primer s'ha de davallar fins al llac, superar el primer sífó (sector Antic), posteriorment desequipar-se per travessar la sala Que No Té Nom, fent diversos viatges de tancs i equipament, i tornar-se a equipar després per envestir el sector de les Grans Sales o el sector Suba-

quàtic de Gregal. En travessar el llac Quadrat, les segones immersions al darrer sector mencionat representen unes 3-6 hores de feines.

Descripció de la part subaquàtica de la cavitat

Les actuals dades representen 10.200 m subaquàtics, d'un total de 67.873 m. Les zones descobertes sota l'aigua han suposat, per raons pràctiques, la divisió actual de la cavitat, des del punt de vista subaquàtic en tres sectors diferents. El sector Antic, és la primera zona que es va bussejar parcialment l'any 1991 i coincideix amb el nom de la part terrestre antiga, ja que una part important de les galeries ja es coneixien de llavors ençà. Està separat dels altres dos sectors per la sala Que No Té Nom. El recorregut total actual és d'uns 600 m. Una vegada travessada la sala Que No Té Nom, el sector de les Grans Sales està situat a l'oest del llac Quadrat i posseeix 1.611 m de recorregut topografiat. És una xarxa de galeries de direccions predominants entre 50 i 60° i amb fondàries que solen estar compreses entre -3,8 i -7 m. El darrer sector està unit pel llac Quadrat amb l'anomenat sector Subaquàtic de Gregal, que és el de major importància des del punt de vista mètric, ja que suposa actualment 8.300 m de recorregut (Figura 24). Una de les galeries principals que el formen és la galeria Miquel Àngel Barceló (Figura 25). El recorregut

lineal total és de 1.091 m partint des del llac Quadrat fins al final de la galeria; si es comptabilitzen els 547 m des de l'inici de la cavitat, el recorregut lineal total dins la cova suposa 1.638 m. La galeria Grup Nord de Mallorca recorre 709 m en direcció aproximada de 50°; al llarg de diversos trams de la galeria presenta zones aèries i aquàtiques a la vegada, que en ocasions superen els 150 m de longitud. La distància lineal de la galeria GNM, des del llac Quadrat fins que es tanca, és de 1.119 m i la penetració màxima si es comptabilitzen els 547 m inicials assoleix els 1.666 m. La sala de la Fadrina Vella, sala aèria, en direcció SW prossegueix per una ampla galeria de 229 m de longitud, la galeria Endavant les Atxes, que connecta amb la galeria Joan Max pel seu extrem terminal. D'aquesta parteix la galeria Jaume Damians que comunica amb la sala homònima, darrera sala aèria coneguda del sector. La galeria arriba a connectar amb una important i voluminosa galeria (la galeria Collonuda), pràcticament de direcció N-S. El ramal N a partir del creuament prossegueix linealment 614,5 m (1728,5 m des de l'inici del busseig al final del llac Quadrat). Als 23 m de la intersecció, en direcció N, parteix la galeria Hidrotermal, de gairebé 200 m lineals i direcció 73°. Tota la zona compresa entre el final de la sala Jaume Damians, al S, i fins al creuament amb la galeria Collonuda Sud constitueix un laberint de galeries que s'entrecreuen i que encara està en una fase inicial d'exploració i topografia (galeries de l'Extremunció).

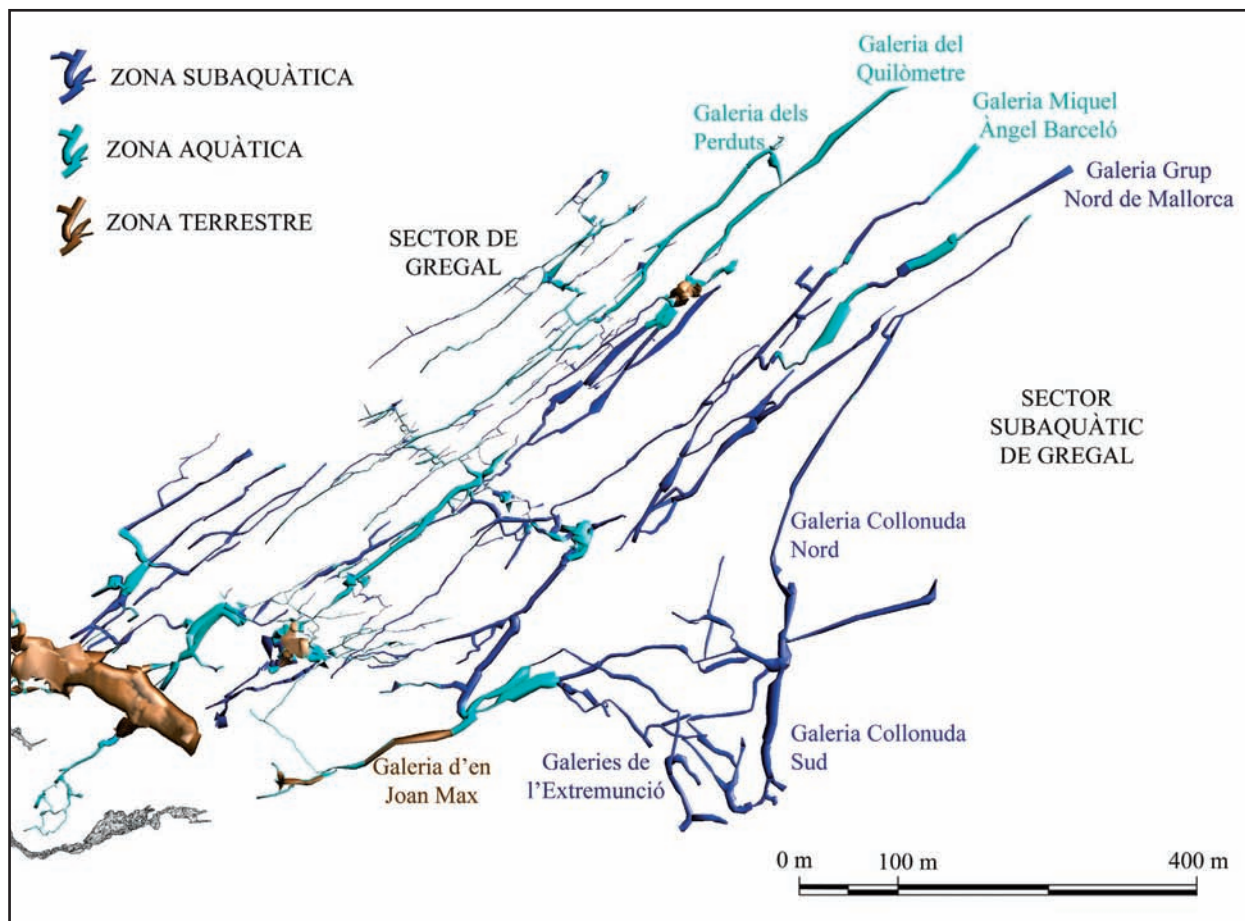


Figura 24: Zones subaquàtiques de la cova des Pas de Vallgornera.

Figure 24: The underwater parts of Cova des Pas de Vallgornera.



Figura 25: Galeria Miquel Àngel Barceló, del sector Subaquàtic de Gregal, la qual segueix clarament la fracturació (cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor). Foto: A. Cirer.

Figure 25: Passage named Galeria Miquel Àngel Barceló, within the Subaquàtic de Gregal sector, which clearly follows the jointing (Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor). Photo: A. Cirer.

Hidrologia

Les aigües freàtiques presenten un perfil estratificat, amb 3 capes de salinitat diferent. La primera capa té uns valors gairebé constants de 12 mS/cm des de 0 m fins als 1,5 m de fondària. Una segona capa de transició (picnoclina), entre -1,5 m i -3 m mostra un augment de la salinitat dels 12 mS/cm fins als 35 mS/cm. La darrera franja hídrica, amb valors de 52 mS/cm, abraça dels 3 m fins als 10 m de fondària i correspon ja a valors de salinitat quasi marina.

Sediments

Els dipòsits sedimentaris de granulometria fina de les zones sotaiguades de la cavitat són molt poc importants des del punt de vista volumètric. Aquest fet, forma part de les característiques que defineixen i diferencien aquesta cavitat.

Espeleogènesi i estadi evolutiu

Les morfologies més específiques, i fins fa poc no observades a cap altra cavitat de les Balears, són els canals ascendents de dissolució de diverses mides (GI-

NÉS *et al.*, 2009b; MERINO & FORNÓS, 2010), assimilables a alguns dels *rising wall channels* de KLIMCHOUK (2007) o als *bubble trails* documentats per PALMER (2007) i AUDRA *et al.*, (2009b, 2009c). Aquestes formes són originades per fluxos ascendents d'aigües agressives, que tenen lloc en la zona epifreàtica en relació amb processos de desgasificació d'aigües no meteòriques de procedència profunda. Els minerals poc freqüents, que apareixen associats a algunes d'aquestes morfologies, semblen recolzar la participació de processos hipogènics en l'excavació de la cova (MERINO *et al.*, 2009a; FORNÓS *et al.*, 2010, 2011).

La cova des Pas de Vallgornera és, sense discussió, un cas del tot singular dins l'endocarst del Migjorn de Mallorca, que permet considerar la plataforma de Lluçmajor com una subregió càrstica individualitzada (GINÉS & GINÉS, 2009, 2011a), per mor de la presència de les esmentades evidències d'espeleogènesi hipogènica. Aquesta gran xarxa subterrània pareix obeir a l'actuació conjunta de diferents mecanismes espeleogènics: els processos de dissolució lligats a la zona de mescla litoral, una gens menyspreable recàrrega superficial de origen meteòric, i una alimentació hídrica de caràcter hipogènic –*sensu* KLIMCHOUK (2007)– associada als fenòmens geotermals recentment documentats al sud de Mallorca (LÓPEZ & MATEOS, 2006; LÓPEZ, 2007).

Paleontologia

A les galeries i sales sotaiguades de la cova s'han trobat a dues localitats restes del vertebrat endèmic extint *Hypnomys*. La primera localitat de les galeries inundades a on s'han descobert restes òssies és a prop d'una sala aèria del sector de les Grans Sales, a una fondària de -3,5 m. La segona localitat és troba al bell mig del llac de na Gemma (sector de les Noves Extensions), a una fondària de -3 m i coberts parcialment per una capa de colada estalagmítica que ha cimentat i consolidat les restes.

Fauna aquàtica

S'han determinat les espècies següents: l'amfípode *Salentinella angelierii*, el termosbenaci *Tethysbaena scabra* i l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi*. S'ha de puntualitzar que les espècies de crustacis estigobis d'aigües de major salinitat no s'han trobat a la cavitat, malgrat que a partir dels 3-4 m de fondària les aigües de la cova des Pas de Vallgornera presenten una salinitat amb valors molt propers als de la mar.

Conclusions

Les exploracions i recerques subaquàtiques han contribuït a incrementar el coneixement i la valoració de l'endocars i també han suposat importants aportacions al coneixement científic. Les cavitats de la franja litoral de Mallorca s'han convertit en tot un referent a nivell eu-

ropeu pel gran volum i recorregut de les galeries i per la bellesa i profusió dels espeleotemes i morfologies de corrosió que presenten.

En referència a la magnitud de les continuacions subaquàtiques (Taula 1) destaca el sistema Gleda-Camp des Pou, amb 13.200 m subaquàtics (d'un total de 13.500 m), que representa actualment la segona cavitat més gran de les Balears i la de major recorregut subaquàtic d'Europa. En segon terme es troba la cova des Pas de Vallgornera amb 10.200 m subaquàtics d'un total de gairebé 67.873 m. La cova des Coll està en tercera posició amb 5.529 m subaquàtics d'un total de 7.020 m; és la major cavitat subaquàtica amb connexió directa amb la mar. Les següents del llistat ja es troben molt distanciades, entre les quals destaquen amb recorreguts subaquàtics superiors als 1.000 m: la cova Genovesa (1.845 m subaquàtics / 2.415 m totals) i la cova d'en Bassol (1.082 m subaquàtics / 1.491 m totals). La fondària màxima sota les aigües supera per poc els 30 m.

Els estudis que s'efectuen intenten fer-se'n d'un punt de vista interdisciplinari a on, a més a més d'efectuar l'exploració i la topografia de les cavitats, es tenen presents molts d'altres aspectes per intentar tenir una visió més holística del carst litoral. S'efectua l'estudi de les morfologies de corrosió presents, la distribució de les sales d'esfondrament, la realització de perfils hídrics, la localització i mostreig de cristallitzacions freàtiques indicadores d'antics nivells dels llacs, l'estudi i caracterització dels sediments, l'estudi de la fauna de les aigües subterrànies i de les sales terrestres que presenten, dels fòssils trobats a l'interior de les cavitats o que sobresurten de les parets per corrosió diferencial i de les restes arqueològiques. Es fa una superposició de les cavitats amb la superfície per saber quina relació hi

Cavitats	Municipi	Context geològic	Recorregut total	Recorregut subaquàtic	Abundància morfologies corrosió	Espeleotemes freàtics	Interès paleontològic	Interès arqueològic
Font de ses Aiguades	Alcúdia	Mesozòic	180	180	NO	NO	SI	SI
Cova des Bastons	Alcúdia	Mesozòic	280	200	NO	SI	NO	NO
Coves del Drac	Manacor	Miocè	2359	600	NO	SI	NO	SI
Cova Genovesa (o d'en Bessó)	Manacor	Miocè	2415	1845	NO	SI	SI	SI
Sistema Pirata-Pont-Piqueta	Manacor	Miocè	3091	1190	SI	SI	SI	SI
Cova des Coloms I	Manacor	Miocè	575	214	SI	SI	NO	NO
Cova de Cala Varques ACD	Manacor	Miocè	819	252	NO	SI	NO	NO
Cova de Cala Varques B	Manacor	Miocè	1068	980	SI	SI	SI	NO
Sistema Gleda-Camp des Pou	Manacor	Miocè	13500	13200	SI	SI	NO	SI
Cova dets Ases	Felanitx	Miocè	626	155	NO	NO	NO	SÍ
Cova des Coll	Felanitx	Miocè	7020	5529	SI	NO	SI	SÍ
Cova d'en Bassol	Felanitx	Miocè	1491	1082	NO	SI	NO	NO
Cova des Drac de Cala Santanyí	Santanyí	Miocè	803	612	NO	SI	SI	SI
Cova des Pas de Vallgornera	Llucmajor	Miocè	67873	10200	SI	SI	SI	NO

Taula 1: Dades de les principals cavitats de la franja litoral de Mallorca amb continuacions subaquàtiques.

Table 1: Data on the main caves with underwater extensions existing in the littoral fringe of Mallorca.

ha entre ambdues i com a eina per la gestió territorial. Com no pot esser d'altra manera, tots aquests punts són arguments de pes perquè la protecció de les coves sigui prioritària a les polítiques de conservació.

Esperem que les dades de les cavitats, compilades en aquest article, quedin aviat antiquades ja que això voldrà dir que nous descobriments engrescadors es produiran en el futur i que les recerques prossegueixen endavant.

Agraïments

Els autors no podem concloure aquest article sense manifestar el nostre agraïment més sincer envers:

A Toni Cirer, Miquel Àngel Perelló, César Bodi, Pedro Gracia i Robert Landreth del GNM i a Oscar Espinasa del CAS Tritón per la realització de les fotografies subaquàtiques efectuades tots aquests anys.

A Gabriel Santandreu, Antoni Merino, Pere Plomer i Maria Antònia Amezcua per la realització de les fotografies de les zones aèries de les cavitats.

A Damià Ramis, Damià Cerdà i Tomeu Salvà per l'estudi dels materials arqueològics.

A Pere Bover, Josep Antoni Alcover i Damià Vicens per l'estudi del material paleontològic.

A Damià Jaume i Mateu Vadell per efectuar la determinació de la fauna aquàtica i terrestre respectivament.

A la Federació Balear d'Espeleologia i als companys que han col·laborat amb nosaltres a les feines de camp, especialment: Robert Landreth, Mateu Febrer, Toni Cirer, Miquel Àngel Perelló, Miquel Àngel Gual, Miquel Àngel Vives, Pedro Gracia, Juanjo Lavergne, Jaume Pocoví, Miquel Alexandre Dot, Tòfol Monserrat, Pep Vega, Marc Crespí, Rafel Pons, Tomeu Plomer, Damià Vicens, Damià Crespí, Tem Ginard, Francesc Ruiz, Miquel Trias, Joaquín Ginés, Àngel Ginés, Gian Ameri, Antoni Merino, Guillem Mulet, Toni Mulet i Toni Croix.

A Joaquín Ginés per la revisió atenta del treball.

Als propietaris dels terrenys on s'obrin les cavitats, que ens han permès l'accés a les mateixes.

Alguns dels estudis de les cavitats s'han pogut dur a terme al llarg d'aquests anys gràcies a que han estat parcialment finançats per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2001, 2003, 2006, 2007, 2008, 2009 i 2010.

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2010-18616/BTE.

També als ajuts puntuals del Govern de les Illes Balears, el Consell Insular de Mallorca, la Federació Espanyola de Espeleologia i l'IMEDEA.

Bibliografia

AGUILÓ, C. (1991): *La toponímia de la costa de Felanitx*. Centre cultural de Felanitx. 105 pp. Felanitx.
AINLEY, S. (1988): Sounding the dive prospects on Majorca coast. *Descent*, 34: 34-35.
CLARKE, O. (1991): Diving in Drach. *Descent*, 101: 32-33.

CLARKE, O. (1991-92): Report of the Cwmbrian caving club diving expedition to Son Josep. Mallorca in October 1990. *The Red Dragon - Y ddraig Goch*, 18: 28-30.
ESTELRICH, P. (1897): *Las Cuevas del Pirata del predio de Son Forteza del término de Manacor*. Guía de las mismas y descripción abreviada de sus principales maravillas. Tip. Lit. de Amengual y Montaner. 23 pàgs. Palma de Mallorca.
FARR, M. (1997-98): Dragon cave diving expedition to Mallorca-1996. *The Red Dragon - Y ddraig Goch*, 24: 89-97.
FAURA Y SANS, M. (1926): *Las cuevas de Mallorca*. Pub. Inst. Geol. Minero España, XIV Cong. Geol. Intern., Gráficas Reunidas. 78 pàgs. Madrid.
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). In: 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.; GINÉS, J. & GRÀCIA, F. (2009): Present-day sedimentary facies in the coastal karst caves of Mallorca Island (Western Mediterranean). *Journal of Cave and Karst Studies*, 71 (1): 86-99. Huntsville, USA.
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.
FORNÓS, J.J.; MERINO, A.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2011): Solutional features and cave deposits related to hypogene speleogenetic processes in a littoral cave of Mallorca Island (western Mediterranean). *Carbonates and Evaporites*, 26 (1): 69-81.
GARCIA, J.; DELGADO, X. & FERRERES, J. (1986): Recull de cavitats de l'illa de Mallorca. *Exploracions*, 10: 47-57.
GINÉS, A. & 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, Barcelona.
GINÉS, A. & GINÉS, J. (1987): Características espeleológicas del karst de Mallorca. *Endins*, 13: 3-19.
GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67.
GINÉS, A.; GINÉS, J.; GRÀCIA, F. & FORNÓS, J.J. (2009a): Cave surveying and cave patterns in the southeastern coastal karst of Mallorca Island (Spain). In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 488-495. Kerrville, U.S.A.
GINÉS, J. (2000b): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp + 29 làms. Inèdita.
GINÉS, J. & GINÉS, A. (1976): Ses coves del Pirata. *Endins*, 3: 41-45.
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): Proposta d'una nova classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
GINÉS, J. & GINÉS, A. (2011a): Classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de les illes Balears. *Endins*, 35: 85-102.
GINÉS, J. & GINÉS, A. (2011b): Les coves turístiques de les Illes Balears: antecedents i estat de la qüestió. *Endins*, 35: 333-344.
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.

- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009b): 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, Ucraïna.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009c): 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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerville, U.S.A.
- GRÀCIA, F. & CLAMOR, B. (2002): Las exploraciones subacuáticas en el karst litoral del Migjorn de Mallorca / Les exploracions subaquàtiques al carst costaner del Migjorn de Mallorca. *Boletín SEDECK*, 3: 56-75.
- 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.; 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.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2010a): El sistema de cavitats Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GRÀCIA, P.; MERINO, A.; VEGA, P. & MULET, G. (2001a): Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-73.
- 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.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTÍN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. & PONS, G.X. (2005): La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- 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. (2007): Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importants continuacions subaquàtiques. In: PONS, G. X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 299-352.
- 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*, 31: 43-96.
- 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 (Llucmajor, Mallorca): Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72.
- 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 (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 33: 73-98.
- 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.; 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.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1869-1891): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Brockhaus. 7 vols. Leipzig, Alemanya.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective*. National Cave and Karst Research Institute. Special paper 1. 106 pp. Carlsbad, USA.
- LÓPEZ, J.M. (2007): *Las manifestaciones hidrotermales del sur de Llucmajor, Mallorca*. Memoria d'Investigació. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 132 pp. Inèdita.
- LÓPEZ, J.M. & MATEOS, R.M. (2006): Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la plataforma de Llucmajor y la cubeta de Campos (Mallorca). *Las aguas subterráneas en los países Mediterráneos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 17: 607-613. Madrid.
- MARTEL, E.A. (1903): Les cavernes de Majorque. *Spelunca*, 5 (32): 1-32.
- MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 19: 17-23.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphological Suite of Rising Flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 87-102.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2009a): Preliminary data on mineralogical aspects of cave rims and vents in Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. In: White, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 307-311. Kerville, USA.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A.; KRISTOFFERSSON, A.; GRÀCIA, F.; GINÉS, J. & FORNÓS, J.J. (2011): La cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). La cavitat de major desenvolupament de les illes Balears. *Endins*, 35: 147-164.
- MONTORIOL-POUS, J. (1970): Nota sobre la Cova del Drac de Santanyí (Mallorca, Balears). *Speleon*, 17: 41 -45.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Nota sobre la gènesi de la Foradada (Conejera, Balears). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19.
- MONTORIOL-POUS, J. (1972): Estudio de una captura kárstica-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- MOREU-REY, E. (1982): Els nostres noms de lloc. Pag. 94 Palma.
- ORDINAS, G. & ROTGER, F. (2002): La defensa d'Alcúdia a 1738. Una descripció militar de la ciutat i la costa. *11 Jornades d'Estudis locals d'Alcúdia*.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave Books. 454 pp. Dayton, Ohio, USA.
- RAMIS, D. & SANTANDREU, G. (2011): L'arqueologia de les cavernes de les Illes Balears. *Endins 35/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17
- ROSSELLO VERGER, V.M.(1961-62): Anotacions a la toponomàstica del migjorn i xaloc de Mallorca. *Boll. Soc. Arq. Lul.*, 32: 30.
- SALVA, B. (1 997): Les coves naturals de Portocolom i la seva ocupació humana al llarg del temps. *Endins*, 21: 93-101
- 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 en Mallorca*. Madrid: CSIC, Instituto Español de Prehistoria, Bibliotheca Praehistorica Hispana IX.
- VIDAL i TOMAS, B. (1965): En el centenario de su muerte, Bo-ver en Santanyí. *Santanyí*, 173: 1-3.

MORFOLOGIES DE CORROSIÓ DE LA ZONA DE MESCLA A LES CAVITATS SUBAQUÀTIQUES DE LA FRANJA LITORAL DEL LLEVANT I MIGJORN DE MALLORCA

per Francesc GRÀCIA ^{1,2}, Bernat CLAMOR ¹, Pere GAMUNDÍ ¹ i Joan J. FORNÓS ²

Abstract

In Mallorca Island, the genesis of caves and solutional morphologies that characterize the eogenetic endokarst of the littoral fringe attain particular intensity within the Upper Miocene carbonate rocks. Dissolution processes occur preferentially in the mixing zone between freshwater –of meteoric origin– and marine waters, all along the coastal areas. The submerged passages and chambers, existing in the caves of Migjorn and Llevant regions of the island, show a high diversity of solutional features that are categorized into four groups according to their dimensions, the forms they present and the genetic processes involved. The resulting morphologies are conditioned by the existence of significant lithological differences, of textural character, within the Upper Miocene calcarenites where caves develop, due to environmental variations between the reef front facies and those corresponding to lagoon facies. The difficulties encountered when cataloguing and systematizing the primary morphologies should be, so often, attributed to the difficulty in ascribing solutional features to a certain typology, as there are juxtapositions of different classes, with intermediate forms and different degrees of intensity in the process of dissolution. At the same time, variations in the size of solutional morphologies also increase their difficulty of classification. The inventory of forms has been structured into 4 different categories: megaforms (organization of the cave systems), macroforms (morphologies from hectometric to decametric order), mesoforms (morphologies from decametric to metric order) and microforms (morphologies from metric by centimetric order). Some of the morphologies can be found simultaneously in two different categories.

Resum

La gènesi de les cavitats i de les morfologies de corrosió, que presenta l'endocarst eogenètic de la franja litoral de Mallorca, es produeix amb especial intensitat dintre dels materials del Miocè superior. Els processos de dissolució es donen preferentment a la zona de mescla entre les aigües dolces, de procedència meteòrica, i les aigües marines a l'anomenada zona de mescla costanera (*coastal mixing zone*). Les galeries i sales submergides de les cavitats del llevant i migjorn de l'illa presenten una gran variabilitat de formes de corrosió que són catalogades en quatre grans grups en funció de les seves dimensions, les formes que presenten i els processos genètics implicats. Aquestes morfologies venen condicionades per l'existència d'importants diferències litològiques de caràcter textural dins les calcarenites del Miocè superior a on es desenvolupen les cavitats, degudes a la variació ambiental entre les fàcies de front d'escull i de *lagoon*. Les dificultats per catalogar i sistematitzar les morfologies primàries rau, molt sovint, en la dificultat d'atribuir les morfologies de corrosió a una determinada tipologia, ja que es presenten juxtaposicions de diferents classes, amb formes intermèdies i diferents gradacions d'intensitat en el procés de la dissolució. També les variacions de mida de les morfologies suposa un increment en la dificultat de classificació. El catàleg de formes s'ha estructurat en 4 categories diferents: megaformes (organització de les xarxes endocàrstiques), macroformes (morfologies d'ordre hectomètric a decamètric), mesoformes (morfologies d'ordre decamètric a mètric) i microformes (morfologies d'ordre mètric a centimètric). Algunes de les morfologies es poden trobar a la vegada en dues categories diferents.

Resumen

La génesis de las cavidades y de las morfologías de corrosión, que presenta el endocarst eogenético de la franja litoral de Mallorca, se produce con especial intensidad dentro de los materiales del Mioceno superior. Los procesos de disolución se dan preferentemente en la zona de mezcla entre las aguas dulces, de procedencia meteórica, y las aguas marinas en la llamada zona de mezcla costera (*coastal mixing zone*). Las galerías y salas sumergidas de las cavidades del Llevant y Migjorn de la isla presentan una gran variabilidad de formas de corrosión que son catalogadas en cuatro grandes grupos en función de sus dimensiones, las formas que presentan y los procesos genéticos implicados. Las morfologías resultantes vienen condicionadas por la existencia de importantes diferencias litológicas de carácter textural dentro de las calcarenitas del Mioceno superior en donde se desarrollan las cavidades, debidas a la variación ambiental entre las facies de frente arrecifal y las de *lagoon*. Las dificultades para catalogar y sistematizar las morfologías primarias se deben, muy a menudo, a la dificultad de atribuir las morfologías de corrosión a una determinada tipología, puesto que se presentan yuxtaposiciones de diferentes clases, con formas intermedias y diferentes gradaciones de intensidad en el proceso de la disolución. También las variaciones de dimensiones de las morfologías supone un incremento de la dificultad de clasificación. El catálogo de formas se ha estructurado en 4 categorías diferentes: megaformas (organización de las redes endocársticas), macroformas (morfologías de orden hectométrico a decamétrico), mesoformas (morfologías de orden decamétrico a métrico) y microformas (morfologías de orden métrico a centimétrico). Algunas de las morfologías se pueden encontrar a la vez en dos categorías diferentes.

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

2 Karst and Littoral Geomorphology Research
email: joan.fornos@uib.cat

Introducció

El litoral és la franja de la costa que es veu influenciada per la presència o l'acció de la mar. A Mallorca el litoral és de naturalesa carbonatada i al seu interior tenen lloc importants processos geoquímics i espeleogenètics (MYLROIE & CAREW, 1990). La litologia porosa i permeable d'aquests materials al litoral del Llevant i Migjorn de l'illa, possibilita la intrusió de les aigües marines de cap a l'interior al llarg de quilòmetres. Les oscil·lacions glacioeustàtiques quaternàries (GINÉS, 2000) fan que el nivell de la mar hagi oscil·lat per damunt i per davall del nivell actual en funció dels canvis climàtics càlids i freds respectivament. Així, la línia de costa ha canviat amb el temps, amb la qual cosa el concepte de litoral adquireix una nova dimensió i una major complexitat espacial i temporal.

L'extensió de la franja litoral en el carst és variable en funció de la morfologia i dinàmica costera, essent especialment important en relació als aspectes geoquímics de la mescla d'aigües meteòriques i marines (HANSHAW & BACK, 1979). S'ha d'obviar l'accepció de carst litoral com a centrada única i exclusivament en el micromodelat superficial (lapiaz litoral o costaner), ja que s'ha d'ampliar el concepte a l'endocarst, això és, a tot el conjunt de conductes, galeries, o sales i altres morfologies de dissolució, així com a altres processos evolutius en els quals intervé la influència marina en el sentit de FORD & WILLIAMS (2007).

Amb aquest article s'intenta arreplegar i compilar la informació disponible sobre les morfologies de dissolució de les cavitats litorals del Miocè superior de Mallorca, lligades a la zona de mescla d'aigües. El catàleg de formes de corrosió de les cavitats litorals és especialment interessant des d'un punt de vista genètic. S'ha de tenir present que el seu estudi i anàlisi pot permetre comprendre i valorar els primers estadis de formació i evolució de l'endocarst litoral, ja que aquestes morfologies són les generadores de les pròpies cavitats, que per elles mateixes són ja morfologies de corrosió a nivell de megafomes.

Espeleogènesi

La carstificació litoral, especialment a les illes carbonatades, té lloc amb l'actuació dels processos de dissolució a la zona de mescla entre aigües marines i aigües meteòriques, la qual afecta molt sovint a materials geològicament recents, a l'anomenat carst eogenètic (GINÉS & GINÉS, 2007). A pesar d'aquesta suposada simplicitat, altres aspectes contribueixen al control espeleogenètic de les cavitats litorals. Així hi ha morfologies lligades genèticament a la carstificació epigènica produïda pel drenatge de les precipitacions meteòriques així com, en alguna localitat, altres formes lligades a una possible recàrrega basal hipogènica (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a) relacionada amb anomalies geotèrmiques, a la zona del Migjorn de Mallorca. Tot això condicionat per la litologia calcarenítica, que presenta abundants canvis de fàcies,

tant verticals com horitzontals, que provoquen variacions fonamentals en els paràmetres hidrològics com són la permeabilitat i la porositat. En ocasions, la presència de zones de les coves que es desenvolupen associades a diferents fàcies, com són les fàcies de front d'escull i les fàcies de *lagoon* creen una gran variabilitat de morfologies (GINÉS *et al.*, 2008, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009b). La roca, en el primer cas, és molt porosa (amb gran porositat primària i mòdica), en comparació amb la de la fàcies de *lagoon* d'aspecte més massiu, molt poca porositat primària i només amb permeabilitat secundària deguda a la fracturació. Aquest contrast litològic, fins i tot dins la mateixa cavitat, constitueix un excel·lent motiu d'investigació de les morfologies de corrosió resultants.

Hidrologia

La gènesi de les cavitats i de les morfologies de corrosió que presenta l'endocarst de la franja litoral es produeix amb especial intensitat dintre dels materials eogenètics del Miocè superior; aquests fenòmens es relacionen amb els complexos mecanismes que es donen a la zona de mescla de les aigües dolces (aigües meteòriques) i de l'aigua salada (aigua marina), a l'anomenada zona de mescla costanera (*coastal mixing zone*). Les cavitats litorals estudiades presenten un perfil hídic amb una marcada estratificació que pot arribar a constar de fins a cinc capes amb diferent salinitat (GRÀCIA *et al.*, 2007), les quals es disposen en ordre creixent de salinitat, per efecte de les diferències de densitat. Els canvis de menor a major salinitat al llarg de la columna de l'aigua es produeixen a zones de transició (mescla) denominades haloclines o picnoclines. Les zones de mescla en aquests medis hipogeus tan tranquils resten molt estables al llarg del temps, produint-se petites variacions que es tradueixen en lleus oscil·lacions centi-decimètriques condicionades per la dèbil oscil·lació mareal del Mediterrani occidental, les oscil·lacions baromètriques i els aports superficials d'aigües meteòriques. La temperatura també resta estable al llarg de la columna hídrica (entre els 18 i 20°C), només amb variacions significatives (al voltant dels 5°C) als primers metres, coincidint amb les variacions estacionals en el cas dels llacs amb una connexió directa amb l'exterior de mida important.

Catàleg de morfologies de corrosió

Tradicionalment s'ha dedicat sempre molta d'atenció i reconeixement a les formacions litoquímiques o espeleotemes, que es troben a les cavitats com a conseqüència dels mecanismes de precipitació, i s'han menyspreat les formacions primàries, generades pels mecanismes de

dissolució de les aigües químicament agressives. Antigament, i encara ara, és habitual parlar de morfologies espongiformes (*spongework*) de forma global per incloure gran part de les morfologies de dissolució freàtica presents. Però creiem que és important intentar anar més enllà d'aquesta generalització i aprofundir en la riquesa de les formacions primàries. És com si tots els espeleotemes no es tractessin més que de forma global, sense entrar en la gran riquesa de tipologies que existeixen.

D'ençà de les exploracions iniciades l'any 1994 a la cova des Coll i a la cova des Pas de Vallgornera, amb la troballa d'una gran riquesa de formes de corrosió, es va veure la pobresa dels termes que s'empraven i la necessitat d'aclarir i aprofundir en l'estudi d'aquest aspecte de l'endocarst.

Les dificultats per catalogar i sistematitzar les morfologies primàries rau molt sovint, en la dificultat d'atribuir les morfologies de corrosió a una determinada tipologia, ja que es presenten juxtaposicions de diferents classes, amb formes intermèdies i diferents gradacions d'intensitat en el procés de la dissolució. També les variacions de mida de les morfologies suposa un increment de la dificultat de classificació. La litologia juga així mateix un paper clau en el desenvolupament i evolució de les morfologies de corrosió, afavorint de forma preferent algunes tipologies segons la facilitat de dissolució de la roca. El seu estudi a Mallorca s'ha anat incrementant progressivament gràcies a les recerques i aportacions efectuades per l'equip d'espeleòlegs subaquàtics del Grup Nord de Mallorca a les coves del Migjorn i Llevant mallorquí

Català	Anglès	Castellà	Fàcies de roca preferents
MEGAFORMES (d'ordre quilomètric a hectomètric)	MEGAFORMS (kilometric to hectometric order)	MEGAFORMAS (de orden kilométrico a hectométrico)	
Sistemes de cavitats ramiformes	<i>ramiform caves</i>	Sistemas de cavidades ramiformes	FE, RE
Xarxes freàtiques amb fort control estructural	<i>structural networks</i>	Redes freáticas con importante control estructural	LE
MACROFORMES (d'ordre hectomètric a decamètric)	MACROFORMS (hectometric to decametric order)	MACROFORMAS (de orden hectométrico a decamétrico)	
Galeries freàtiques de control estructural estratigràfic	<i>bedding-plane phreatic passages</i>	Galerías freáticas de control estructural estratigráfico	FE, LE, LI
Galeries freàtiques de control estructural tectònic	<i>joint-guided phreatic passages</i>	Galerías freáticas de control estructural tectónico	LE
Galeries freàtiques de secció circular	<i>tubular passages</i>	Galerías freáticas de sección circular	FE, RE
Sales freàtiques circulars	<i>globular halls</i>	Salas freáticas circulares	FE, RE
MESOFORMES (d'ordre decamètric a mètric)	MESOFORMS (decametric to metric order)	MESOFORMAS (de orden decamétrico a métrico)	
Cambres freàtiques circulars	<i>phreatic chambers, globular chambers</i>	Cámaras freáticas circulares	FE, RE
Columnes de roca	<i>rock pillars</i>	Columnas de roca	FE, RE, LE, LI
Envans	<i>partitions, rock spans</i>	Tabiques de disolución	LE, FE
Ponts	<i>bridges</i>	Puentes	LE, FE
Facetes	<i>solution facets</i>	Facetas	LE
Regates de corrosió	<i>corrosion notches</i>	Entalladuras de corrosión	LE
Morfologies espongiformes	<i>spongework</i>	Morfologías espongiiformes	FE, RE, LE
Galeries cegues	<i>dead ends</i>	Galerías ciegas	FE, RE, LE
Conductes seminals o iniciadors		Conductos seminales o iniciadores	FE, RE, LE
MICROFORMES (d'ordre mètric a centimètric)	MICROFORMS (metric to centimetric order)	MICROFORMAS (de orden métrico a centimétrico)	
Morfologies espongiformes	<i>spongework</i>	Morfologías espongiiformes	FE, RE
Arcs	<i>archs</i>	Arcos	LE, FE, RE
Pinacles	<i>çers</i>	Pináculos	LE, FE, RE
Esperons	<i>rocky jags</i>	Acicates	LE, FE, RE
Penjants	<i>rock pendants</i>	Colgantes rocosos	LE, FE, RE
Concavitats poc marcades	<i>subdued pockets</i>	Concavidades poco pronunciadas	FE, RE, LE
Tupins de paret, sostre i pis	<i>wall pockets, ceiling pockets, floor pockets</i>	Concavidades alveolares de pared, techo y suelo	FE, RE, LE
Cúpules	<i>cupolas, bellholes</i>	Cúpulas	FE, LE
Nínxols de paret	<i>wall niches</i>	Nínchos de pared	FE, RE, LE
Canals subverticals de dissolució	<i>wall combs</i>	Canales subverticales de disolución	LE

Taula 1: Inventari de morfologies de corrosió en català, anglès i castellà. A la darrera columna s'indica la fàcies de roca preferent a on es desenvolupen: Front escullós (FE), Rera escull (lagoon amb clapas d'escull) (RE), Lagoon extern (LE), Lagoon intern (LI).

Table 1: Inventory of solutional morphologies compiled in Catalan, English and Spanish languages. In the last column, the limestone facies where each form preferentially develops are indicated: Reef front (FE), Back reef with coral patches (RE), Outer lagoon (LE), Inner lagoon (LI).

(GRÀCIA *et al.*, 1997, 1998a, 1998b, 2000, 2003b, 2005, 2006a, 2006b, 2007, 2009a, 2009b, 2010a, 2010b) i a l'equip d'espeleòlegs que exploren i documenten la cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 1993, 2000, 2006, 2007; MERINO *et al.*, 2006, 2008, 2009; GINÉS *et al.*, 2008, 2009a i 2009b). Alguns dels termes inicialment emprats corresponen a BRETZ (1942), NÚÑEZ-JIMÉNEZ (1967), FORD i WILLIAMS (1989) i SLABE (1995). Aquí no tractam de les morfologies generades exclusivament pels processos hipogènics de caràcter hidrotermal, ja que es tracten a un altre article (MERINO *et al.*, 2011).

El catàleg de formes s'ha estructurat en 5 categories diferents, de les quals només 4 es comenten en aquest article (Taula 1), ja que la darrera categoria no és visible a simple vista i només ho és a nivell microscòpic. **Megaformes** (organització de les xarxes endocàrstiques), **macroformes** (morfologies d'ordre hectomètric a decamètric), **mesoformes** (morfologies d'ordre decamètric a mètric), **microformes** (morfologies d'ordre mètric a centimètric) i **nanofomes** (morfologies a nivell cristal·lí). Algunes de les morfologies es poden trobar a la vegada en dues categories diferents.

Les diferents formacions primàries es presenten sovint imbricades i superposades a diferents escales de mida. De forma global podem pensar que la cavitat, per ella mateixa, correspon a una *megaforma* (d'ordre quilomètric a hectomètric). En aquest cas aquesta megaforma, estaria formada per un conjunt de diferents galeries i sales que les podríem agrupar dins la consideració de *macroformes* (d'ordre hectomètric a decamètric). La galeria, considerada ella mateixa una forma de dissolució, podria presentar, a tall d'exemple, a ambdós costats, regates i facetes que serien considerades com a *mesoformes* (d'ordre decamètric a mètric) i que podrien estar situades sovint a diferents nivells. Les facetes, a la seva vegada, podrien presentar solcs subverticals sobreposats; en aquest cas parlariem de les *microformes* (d'ordre mètric a centimètric).

MEGAFORMES

Corresponen a aquest grup les morfologies de corrosió d'ordre quilomètric a hectomètric i que corresponen a la pròpia organització de les xarxes endocàrstiques litorals.

Sistemes de cavitats ramiformes (*ramiform caves*)

Una sèrie d'unitats d'esfondrament s'han anat connectant i creixent tridimensionalment (GINÉS & GINÉS, 2007; GRÀCIA *et al.*, 2007, 2010a), fins a donar lloc a una disposició en planta de caràcter *ramiforme* en el sentit enunciat per PALMER (2007). Aquest patró més aviat aleatori es veu fortament condicionat per la litologia dels dipòsits carbonatats del Miocè superior (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c), essent possible observar-ho amb claredat en les fàcies de front d'escull, com a resultat de la dissolució extensiva de les construccions de coralls. Exemples ben representatius d'aquestes megafor-

mes són el sistema Pirata-Pont-Piqueta (TRIAS & MIR, 1977; GRÀCIA *et al.*, 2006a), la cova Genovesa o d'en Bessó (GRÀCIA *et al.*, 2003a, 2003b), el sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007, 2010a; GINÉS *et al.*, 2008), les coves del Drac (GINÉS & GINÉS, 1992) i els sectors més propers a la línia de costa de la cova des Pas de Vallgornera, a on es troben les sales d'esfondrament excavades a les fàcies d'escull.

Xarxes freàtiques amb fort control estructural (*structural networks*)

Les fàcies corresponents a ambients de *lagoon* del Miocè superior postorogènic de les Balears, presenten una porositat relativament baixa i una permeabilitat relativament alta associada a la fracturació (GINÉS *et al.*, 2008, 2009c). Dins d'aquesta litologia, algunes localitats del Migjorn de Mallorca com la cova des Coll, a Felanitx (GRÀCIA *et al.*, 2005), constitueixen extensos sistemes freàtics litorals on és ben patent un fort control estructural (diàclasis i fractures en general) pel que fa a la disposició en planta de les cavitats. Es tracta d'un subtipus de cova de la zona de mescla litoral, però caracteritzat per un patró planimètric (GINÉS *et al.*, 2009a) marcadament rectilini, força diferent en relació al caràcter *ramiforme*, abans descrit, de les coves excavades dins els materials escullosos. Per altra banda, els sectors interns de la cova des Pas de Vallgornera, desenvolupats en fàcies de *lagoon*, estan constituïts per un extens laberint de galeries, controlades estructuralment per importants fractures on predomina la direcció SW-NE. Amb una freqüència menor, els plans d'estratificació poden assolir un paper important en el desenvolupament d'algunes coves litorals, com succeeix a la cova Figuera, a Manacor (GINÉS & GINÉS, 2009).

MACROFORMES

(morfologies de corrosió d'ordre hectomètric a decamètric)

Galeries freàtiques de control estructural estratigràfic (*bedding-plane phreatic passages*)

La dissolució aprofita els plans d'estratificació, i genera seccions horitzontals (Fig. 1), en ocasions d'amplades importants. Al sistema Gleda-Camp des Pou suposen una part important de les galeries de la cavitat i explica l'elevat quocient entre l'amplària i l'alçària dels àmbits (la sala dels Paleonivells, els laminadors prop del pas de l'Apocalipsi, part de les galeries de les Haloclines, algunes zones del sector de la Unió). En el cas de la cova des Coll formen una part important de les galeries del sector del Poble, sector del Descobriment, sector del Patatús i sector dels Autèntics. A la cova des Pas de Vallgornera hi ha importants galeries d'aquest tipus, dins la fàcies de *lagoon* extern, al sector Subaquàtic de Gregal a on les amplades són molt importants (en alguns llocs superen els 25 m). La part final de la galeria Grup Nord de Mallorca, a on entra ja dins el *lagoon* intern, presenta el sostre totalment pla i també les podem incloure en aquesta tipologia. A la fàcies de front

d'escull, al sector Antic, també hi són presents, formant sales d'uns 2 m d'alçària i molt espaioses, que superen els 16 m. A altres cavitats litorals de Mallorca, com per exemple la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003a, 2003b), formen sales com la sala GNM.

Galeries freàtiques de control estructural tectònic (*joint-guided phreatic passages*)

Són les galeries a on predomina el control estructural tectònic, a partir de fractures que serveixen de línia de menor resistència per a la corrosió dins la zona de mescla i donen lloc a les galeries que en secció transversal tenen una tendència normalment vertical (Fig. 2). L'alçària d'aquestes galeries arriba a assolir els 10 m a la galeria Miquel Àngel Barceló (cova des Pas de Vallgornera). Aquestes galeries solen tenir associades regates de corrosió i facetes, sovint a diferents nivells. A les zones subaquàtiques de la cova, les galeries de control estructural tectònic són majoritàries i es troben a les galeries de les Grans Sales, alguns trams del sector Antic i la major part de la galeria Miquel Àngel Barceló, trams de la galeria Grup Nord de Mallorca, galeria Endavant les Atxes, part de les galeries de l'Extremunció i galeria Collonuda Nord. És molt freqüent que en moltes zones es trobin disposades diverses galeries en forma paral·lela, associades a l'equidistant distribució de les diàclasis també paral·leles, i que presentin fenòmens

de coalescència. A la cova des Coll, a la part oriental de Mallorca (GRÀCIA *et al.*, 2005), aquestes formen la majoria de galeries del sector del Poble, sector del Descobriment, sector del Patatús i sector dels Autèntics. Al sistema Gleda-Camp des Pou les galeries de control estructural tectònic es troben especialment al sector Lluçnyà. A la cova des Coloms I es troben a la part terminal de la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2010b).

Galeries freàtiques de secció circular (*tubular passages*)

Presenten generalment seccions circulars, semicirculars o el·líptiques, encara que n'hi ha que tenen una secció més irregular, sense una forma clara (Figs. 3 i 4). En la seva gènesi no ha intervingut de forma tan activa el control estructural tectònic o estratigràfic, encara que és freqüent que hi siguin presents les diàclasis. En els casos de l'existència de galeries paral·leles molt properes, solen presentar també morfologies de coalescència.

A la cova des Pas de Vallgornera es troben especialment al sector Antic, de secció generalment irregular i que no segueixen una direcció clara, no presenten trams molt rectes i allargats, com és el cas de les galeries de control estructural tectònic i presenten abundants galeries laterals. A la cavitat es troben especialment a les fàcies de front d'escull i, a les fàcies amb clapetes d'esculls existents dins del *lagoon* extern, com és el cas

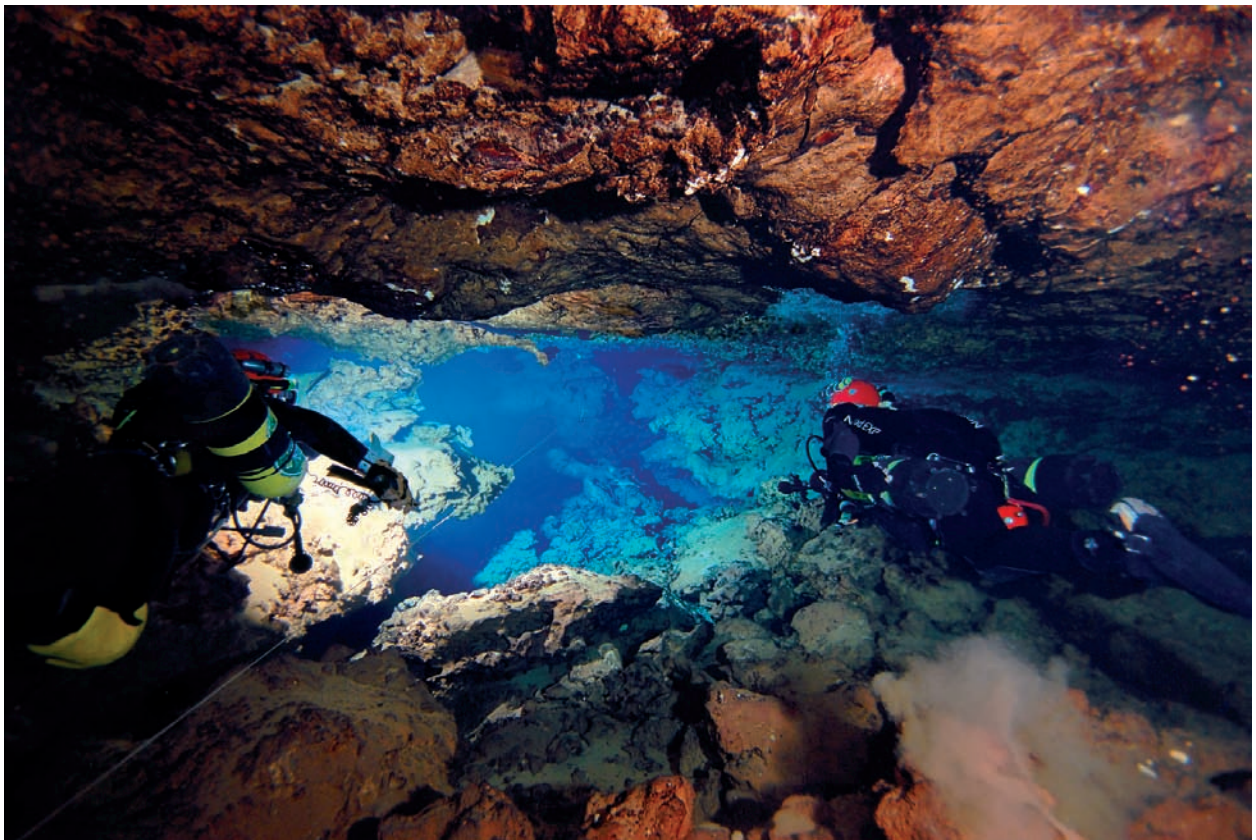


Figura 1: Galeria freàtica de control estructural estratigràfic de la cova d'en Bassol (Felanitx). S'aprecia que la galeria segueix un pla d'estratificació que condiciona la seva secció de tendència horitzontal (Foto: M. Perelló).

Figure 1: Phreatic passage showing a strong bedding control, in Cova d'en Bassol (Felanitx). It is quite evident how the passage exploits a bedding-plane, which conditions the horizontally elongated cross-section (Photo: M. Perelló).



Figura 2: Galeria freàtica de control estructural tectònic de la cova des Coll (Felanitx). Les diàclasis han servit de línies de menor resistència per a la corrosió i donen lloc a les galeries que en secció transversal tenen una tendència vertical (Foto: M. Perelló).

Figure 2: Structurally controlled phreatic passage in Cova des Coll (Felanitx). The joints served as lines of least resistance to corrosion and lead to galleries whose cross-sections have a vertical tendency (Photo: M. Perelló).

d'algunes zones de la galeria Grup Nord de Mallorca, a on s'assoleixen els 2,5 m d'alçària i els 5 m d'amplària. Al sector Antic, dins la fàcies d'escull, l'alçària és de 1,7 m i l'amplària entre 3,5 i 4 m. A la cova des Coll estan localitzades a les galeries Laberíntiques del sector dels Espectres i a les galeries Corcades del sector del Pata-tús i en gran part de galeries del sector dels Autèntics (GRÀCIA *et al.*, 2005). Les mides en secció agafades al sector dels Espectres donen uns valors generals d'alçària entre 0,9 i 1,8 m; el quocient entre amplària i alçària de les seccions és de 1,4 i 1,8 (sense tenir en compte els valors de galeries fusionades). A la cova de sa Gleda es localitzen, especialment les de secció irregular, en algunes zones del circuit dels Pirates, galeries dels Gemecs i galeries de les Haloclines.

Sales freàtiques circulars (globular halls)

Venen a esser unitats de dissolució semi-independents que en planta tenen forma irregular o més o menys circular. En aquesta classificació incorporam les que superen els 10 m d'eix. A la cova des Pas de Vallgornera

es localitzen especialment a les fàcies de front d'escull i, a les fàcies amb clapes d'escull, dins del *lagoon* extern. A la cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 2005), algunes de les sales estan connectades amb la resta de la cavitat mitjançant estretes galeries freàtiques de secció circular (corredors). El diàmetre arriba a assolir els 25 m (sala del Cap Buit, al sector Final); les descrites a la cova des Coll són de sostre baix.

MESOFORMES

(morfologies de corrosió d'ordre decamètric a mètric)

Cambres freàtiques circulars

(*phreatic chambers, globular chambers*)

Són unitats de dissolució semi-independents de forma circular i de sostre generalment baix. En aquesta tipologia incloem les que es troben entre 2 i 10 m de diàmetre. Es presenten sovint fusionades o associades a altres morfologies de corrosió, com són galeries freàtiques de secció circular o irregular. A la cova des Pas de Vallgornera també es localitzen als laterals del sector Antic i algunes zones del sector Subaquàtic de Gregal, preferentment lligades a les fàcies de front d'escull o a on hi ha clapes de creixement coral·lí dins la fàcies de *lagoon* extern. A la cova de sa Gleda es localitzen escampades a diferents indrets, com és el cas de les galeries de les Haloclines (GRÀCIA *et al.*, 2007). A la cova Genovesa es troben presents als laterals de la galeria Myotragus i a la sala Final. Algunes de les cambres estan connectades amb la resta de la cavitat mitjançant estrets corredors freàtics (GRÀCIA *et al.*, 2003).

Columnes de roca (rock pillars)

Es tracta de morfologies de corrosió, formades per roca mare, que connecten sostre i pis. Sovint són formes que s'han generat a partir d'envans en avançat estat d'evolució (Fig. 5). Són molt abundants i es troben repartides pels diferents sectors de la cova des Pas de Vallgornera, encara que són molt més espectaculars i abundants a les fàcies de front d'escull de la cavitat, com a conseqüència de la gran quantitat de galeries que s'obrin pertot arreu, fet que provoca que quedin romanents de roca mare que constitueixen les columnes, de diàmetre molt variable. A aquesta cova són especialment abundants a les galeries de l'Extremunció i a la galeria Collonuda Sud; també al sector Antic són freqüents. Altres cavitats a on són molt abundants o presenten exemplars espectaculars són el sistema Gleda-Camp des Pou i la cova des Coll.

Envans (partitions, rock spans)

Són les parets que separen galeries o cambres paral·leles (Fig. 6d), que a mesura que avança la dissolució de la roca es van tornant més primes, fins que es van desdibuixant en subdividir-se, foradar-se o bé caure en perdre sustentació. Mostren, per tant, segons l'estadi



Figura 3: Galeria freàtica de secció circular de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). (Foto: A. Cirer).

Figure 3: Phreatic passage with circular cross-section, in Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). (Photo: A. Cirer).

evolució diferents estadis de dissolució i es presenten associades a altres morfologies de corrosió com ara ponts i arcs que permeten veure o passar d'una galeria a l'altra, columnes de roca, penjants, pinacles i esperons. Aquestes altres morfologies als primers estadis tenen formes molt allargades, per posteriorment anar-se'n desdibuixant l'antic envà original. A la cova des Coll i a la cova des Pas de Vallgornera els envans són extraordinàriament abundants, a causa de la gran quantitat de galeries paral·leles que es troben (especialment les de control estructural tectònic) les quals originen freqüents envans verticals. Són més escasses a les fàcies d'escull i més abundants a les de *lagoon* extern. Han estat citades a gairebé totes les cavitats subaquàtiques del llevant de Mallorca (GRÀCIA *et al.*, 2000, 2003b, 2005, 2010b). N'hi ha que es troben en estadis avançats de dissolució en zones concretes de l'envà, on pot arribar a desaparèixer la roca per complet de forma local. Així, si ha desaparegut la roca de la base l'envà es troba en un estadi de transició cap a penjant. En el cas de que s'hagi dissolt per complet la part superior de l'envà, aquest evoluciona de cap a un pinacle.

Ponts (*bridges*)

Són restes de la massa rocosa, d'ordre mètric a decamètric, que abans separava àmbits pròxims (Fig. 6c). En ocasions procedeixen d'envans, bé verticals, comunicant dues galeries paral·leles, o bé horitzontals, permetent l'accés entre pisos diferents. Si es troben en una

cota a on es produeix la dissolució de la roca, se seguiran eixamplant o bé cauran per inestabilitat contribuint a l'increment del buit. El seu desmantellament per corrosió origina esperons. Són abundants tant a la fàcies de *lagoon* extern, com a les fàcies de front d'escull, així com quan hi ha clapes de creixement coral·lí dins les fàcies de rere escull. Al sistema Gleda-Camp des Pou són més presents a les galeries dels Gemecs i s'han format per la destrucció del pis que separava dos nivells superposats de galeries (GRÀCIA *et al.*, 2007). La cova des Coll presenta també aquesta morfologia repartida arreu de la cova (GRÀCIA *et al.*, 2005). La cova des Coloms I i la cova de Cala Varques B són altres cavitats a on es troben sovint (GRÀCIA *et al.*, 2010b, 2000). Tanmateix, una bona part d'altres cavitats amb continuacions subaquàtiques posseeixen ponts.

Facetes (*solution facets*)

Es presenten associades generalment a les regates de corrosió, de les quals parteixen i constitueixen el seu límit inferior (Fig. 6a,d). Longitudinalment segueixen les galeries freàtiques estructurals i les galeries freàtiques de secció circular i es disposen a ambdós costats formant superfícies inclinades (*facets*), generalment entre 35 i 50°. La seva alçària està compresa entre 0,5 i 2 m, encara que el més habitual és de 0,5 i 1 m. La gran longitud que poden arribar a assolir, la qual pot superar el centenar de metres, fa que estiguin incloses dins les mesoformes. Es poden trobar a diferents nivells, essent

molt freqüent trobar dos o tres a diferents fondàries, associades generalment a regates de corrosió. Són més abundants i marcades, així com molt més clares, les que es formen a les galeries freàtiques estructurals tectòniques. Es localitzen a galeries de qualsevol amplada, algunes de molt angostes fins a d'altres que superen els 15 m, encara que s'han pogut generar dins una galeria més estreta i per unió de vèries laterals arribar a formar una galeria molt més ampla, amb els laterals que presenten facetes.

A la cova des Pas de Vallgornera és una de les morfologies de corrosió més característiques, localitzades a qualsevol fàcies, encara que molt més abundants i marcades a les galeries estructurals tectòniques de les fàcies de *lagoon* extern. S'han trobat a les galeries subaquàtiques a fondàries compreses entre -1,5 i -2 m; -1,5 i -3 m; -2,3 i -2,8 m; -2,3 i -3,6; -3,1 i -3,6 m; -3,7 i -4 m; -2,6 i -4,6 m; -4,2 i -4,7 m; -4,2 i -5m; -4,9 i -5,4; -5 i -5,6 m; i -6 i -6,7 m. La cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 1997, 2005) va esser la primera localitat a on es van detectar sota l'aigua. Les facetes de la cova de sa Gleda, localitzades fins ara a les galeries de les Haloclines, no presenten canals subverticals de dissolució. La separació de les parets de les galeries on es troben sol estar entre 6 i 15 m. La fondària on es troben les facetes està compresa entre -13,5 m i -14 m. A un lateral de la galeria Cinc-cents es troben facetes entre -7,5 m a la part superior i -8.5 m al límit inferior (GRÀCIA *et al.*, 2007). A la cova des Coloms I també es troben facetes a les galeries freàtiques de control estructural tectònic.

Regates de corrosió (*corrosion notches*)

Es tracta de solcs horitzontals a les parets de roca, que s'han format per la corrosió a una zona d'haloclines (Fig. 6a,b). A les zones subaquàtiques de la cova des Pas de Vallgornera es troben regates a -0,5; -1,4; -1,6; -2,2; -2,3; -2,7; -2,9; -3; -3,2; -3,3; -3,4; -3,5; -4,3; -4,4; -4,6; -5,4; i -5,6 m. A la cova Genovesa se n'han observat als -7,8 m i als -10,5 m associades a facetes i pentinades de roca (GRÀCIA *et al.*, 2003). També estan citades a la cova des Moro a +23,5 i +23,9 m (TRIAS, 2000). Se n'han trobat a la cova des Coll aproximadament a uns -3 m respecte del nivell actual de la mar; altres cotes de regates menys importants s'han localitzat a -0'5 m (galeria de les Formacions i galeria del Segon Pou) i a -2'2 m (galeria dels Encomanats a Déu), ambdues pertanyen al sector del Patatús. Estan associades amb les morfologies anomenades canals subverticals de dissolució o "pentinades de roca" (GRÀCIA *et al.*, 1997; GRÀCIA *et al.*, 2005; MERINO, 2006). A la cova de sa Gleda algunes de les existents són regates ben marcades i molt clares (GRÀCIA *et al.*, 2007). És un dels llocs més evidents pel que fa la seva importància en la gènesi de les cavitats litorals. La localització més bona és la que es troba al llarg de més de 150 m de la galeria més central de les galeries de les Haloclines, a la cota d'entre -13,5 i -14 m, i penetra a les parets i espeleotemes entre 0,3 m i 1 m. La regata, molt marcada i horitzontal, ha afectat per igual a la roca mare de les parets i als espeleotemes. Vèries columnes han estat seccionades per la



Figura 4: Galeria freàtica de secció irregular del sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor). Moltes galeries, especialment quan el control estructural és menys important, presenten un aspecte més irregular i caòtic (Foto: A. Cirer).

Figure 4: Phreatic passage showing an irregular cross-section in Gleda-Camp des Pou cave system (Manacor). When the structural control is not very important, the galleries often present an irregular and chaotic shape (Photo: A. Cirer).

dissolució de l'aigua a la franja corresponent a aquesta regata. També han afectat, entre d'altres espeleotemes, un gran massís estalagmític, envoltat per aquest solc perfecte. La regata continua per les dues parets d'una àmplia galeria, estant associada a la gènesi d'alguns tupins i galeries iniciadores. En alguns llocs, per davall de les regates se situen facetes associades. Curiosament la roca rogenca de tota la galeria és molt massiva i presenta molt poques morfologies de corrosió, llevat de les que ara comentam. Per contra, les altres galeries veïnes, amb profusió de morfologies de dissolució, tenen la roca en avançat estat de corrosió i no posseeixen regates.

Morfologies espongiformes (*spongework*)

A escala de mesoformes, denominam morfologies espongiformes a les zones de les galeries o sales amb una elevada densitat de morfologies de corrosió de mida més petita, com són els penjants, esperons, columnes de roca, tupins de paret i sostre, pinacles, conductes seminals, envans de dissolució, arcs o altres mesoformes i microformes. Globalment adquireixen així un aspecte caòtic, ple de sortints i forats, de molt diferents mides i formes. A molts d'articles de cavitats litorals es fa referència a elles com a sinònim de formacions primàries en general. La seva localització és molt general, ja que poden trobar-se per tot arreu, sigui sostre, parets o terra de galeries i sales. La gènesi d'una bona part d'aquestes morfologies està relacionada amb la dissolució diferencial que presenten les masses de coralls d'aragonita en relació a la calcita constituent de la matriu calcarenítica envoltant, de forma que es generen gran quantitat de forats intercomunicats de diferents mides.

En el cas de la cova des Pas de Vallgornera presenta zones amb gran riquesa de morfologies espongiformes, de forma general sempre a les zones de fàcies de front d'escull o amb clapes de creixement coral·lí dins les fàcies de *lagoon* extern. Algunes galeries de control estructural tectònic, poden presentar morfologies espongiformes a zones concretes.

Al sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007, 2010a), algunes zones de les galeries de les Haloclines, galeries dels Gemecs i alguns indrets de la galeria de les Còniques i de la galeria Cinc-cents es poden incloure en aquesta tipologia. Curiosament, algunes galeries presenten aquestes morfologies mentre que en altres molt properes hi falten totalment. A la cova des Coll es troben repartides a molts d'indrets de tots els sectors (GRÀCIA *et al.*, 2005). Al sistema Pirata-Pont-Piqueta, són abundants a les zones subaquàtiques poc afectades per processos d'esfondrament (GRÀCIA *et al.*, 2006).

Galeries cegues (*dead ends*)

Longitudinalment són de petites dimensions i acaben de forma brusca, com un cul de sac, sense possibilitats de continuació. La seva longitud és molt variable, encara que amb aquesta denominació únicament incloem les que no superen la desena de metres. Les de majors mi-



Figura 5: Columnes de roca de la cova des Coll (Felanitx). Es tracta de morfologies de corrosió generades a partir d'envans en avançat estat d'evolució (Foto: M. Perelló).

Figure 5: Rock columns in Cova des Coll (Felanitx). They are solutional morphologies generated from rock spans existing between passages, in an advanced state of their evolution (Photo: M. Perelló).

des les catalogam dins les macroformes i les assignam a les galeries freàtiques pertinents. Són molt abundants a la cova des Pas de Vallgornera, la cova des Coll, el sistema Gleda-Camp des Pou i el sistema Pirata-Pont-Piqueta. Moltes altres galeries freàtiques de major mida finalitzen en cul de sac, és a dir com si fos una galeria cega, encara que d'altres prossegueixen massa estretes per poder progressar.

Conductes seminals o iniciadors

Els conductes seminals o iniciadors corresponen a tot aquell conjunt de formes, amb una gran variabilitat, que corresponen a l'estadi previ a la formació d'autèntiques galeries, fet que es produeix per la continuació dels processos de corrosió i coalescència de conductes. L'aparença és de galeries freàtiques de control estructural o bé galeries freàtiques de secció circular però, per les seves reduïdes dimensions no són penetrables per a l'home, encara que longitudinalment poden assolir longituds considerables. Són molt abundants a les cavitats, excepte als llocs a on es troben les sales i galeries d'esfondrament.

MICROFORMES

(morfologies de corrosió d'ordre mètric a centimètric)

Morfologies espongiformes (*spongework*)

Estan formades per un conjunt pròxim d'irregularitats (forats, concavitats, protuberàncies, anells, tubs i altres) presents a la volta, parets o pis i que de vegades formen una vertadera randa de pedra (Fig. 6a, 7). Aquestes microcavitats intercomunicades de diferents mides i formes es produeixen per la diferent dissolució de la roca en aigües freàtiques (BRETZ, 1942). La zona freàtica i vadosa de la cova des Pas de Vallgornera presenta zones a on són molt abundants. A la cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 2005) es troben especialment a una galeria amb una gènesi asso-

ciada a l'intens flux d'aigua de baixa salinitat que circula pel conducte. En aquesta part de la cavitat és molt marcat el contrast entre zones del terra i el sostre amb *spongework* i d'altres sense morfologies de corrosió destacades. Al sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007) es troben a zones molt concretes, però en general són poc desenvolupades. A la cova d'en Bassol (GRÀCIA *et al.*, 2007) són molt abundants i espectaculars, a una zona de control estructural estratigràfic que ha estat trobada en temps recents. La cova des Drac de Cala Santanyí (GRÀCIA *et al.*, 1998b) presenta aquesta morfologia molt desenvolupada en zones concretes de la sala d'Entrada i començament de la galeria Negra. A la cova de s'Abisament, les morfologies espongiformes són les formes de corrosió més característiques de les sales finals (GRÀCIA *et al.*, 2006).

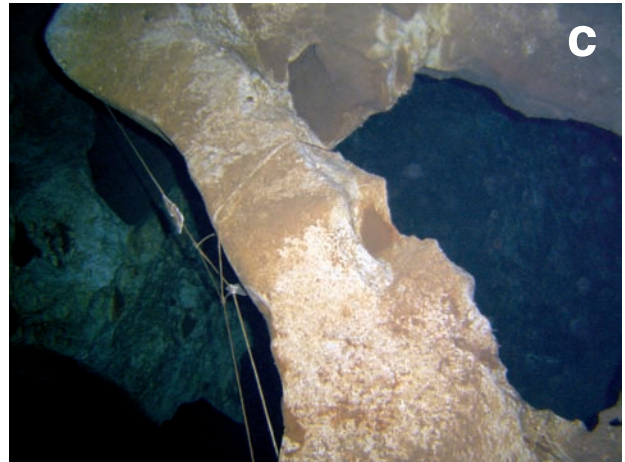


Figura 6: A. Regates de corrosió en dos nivells superposats de la cova des Pas de Vallgornera. S'aprecien també al sostre morfologies espongiformes a escala de microformes (Foto A. Cirer). B. Detall d'una regata de corrosió que afecta a un massís estalagmític i a la roca mare de les parets. Sistema Gleda-Camp des Pou (Foto C. Bodi). C. Pont de roca de la cova des Coll (Foto F. Gràcia). D. Envà de roca que separa dues galeries freàtiques. S'aprecien també regates de corrosió i facetes. Cova des Pas de Vallgornera (Foto: A. Cirer).

Figure 6: A. Corrosion notches disposed in two superposed levels, in Cova des Pas de Vallgornera. In the ceiling, small-sized spongework morphologies can be also distinguished (Photo: A. Cirer). B. Detail of a corrosion notch affecting a flowstone massif, as well as the rocky walls, in Gleda-Camp des Pou cave system (Photo: C. Bodi). C. Rock bridge in Cova des Coll (Photo: F. Gràcia). D. Rock partition that separate two phreatic passages, in Cova des Pas de Vallgornera. Corrosion notches and solution facets are also visible (Photo: A. Cirer).

Arcs (*archs*)

Els arcs són de mida més petita que els ponts. Es generen per la dissolució progressiva d'altres morfologies, com són els envans de dissolució, penjants, esperons, columnes de roca, pinacles, nínxols de paret, entre d'altres (Fig. 8a). Per coalescència d'arcs es poden arribar a convertir en arcs més grans o fins i tot en ponts. És freqüent la presència d'arcs propers entre ells. És una morfologia molt freqüent a la cova des Pas de Vallgornera. Són especialment abundants als sectors de la cavitat de façies de front d'escull o d'escull en clapes. S'han localitzat abundants arcs a la cova des Coll (GRÀCIA *et al.*, 2005), al sistema Pirata-Pont-Piqueta (GRÀCIA *et al.*, 2006) i al sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007).

Pinacles (*çers*)

Equivalen a l'invers dels penjants, ja que parteixen del terra i ascendeixen de cap al sostre (Fig. 9b). Solen ésser molt menys freqüents que no pas els penjants. Es generen a partir de la corrosió dels envans i de les columnes de roca, en quedar-se aïllats del sostre per dissolució progressiva. Als primers estadis evolutius, en cas de procedir d'envans, tenen forma allargada, en ocasions de longitud considerable. També poden provenir d'altres morfologies, com arcs i ponts. A la cova des Pas de Vallgornera es troben per tot arreu; n'hi ha a les façies de front d'escull i també a les façies de *lagoon* extern. En general són molt més espectaculars i de majors dimensions els que es troben a les façies de *lagoon* extern. A altres coves litorals de Mallorca, com el sistema Gleda-Camp des Pou hi són presents (GRÀCIA *et al.*, 2007) i a la cova des Coll són relativament abundants en llocs molt diversos de la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2005).

Esperons (*rocky jags*)

Podem incloure'ls dins el mateix grup que els penjants i pinacles, de fet es tracta de protuberàncies laterals d'ordre mètric. Es tracta per tant de prominències laterals generades sovint a partir de l'evolució de la dissolució progressiva de ponts, arcs i envans desmantellats de forma parcial o totalment (Fig. 8b). Al sistema Gleda-Camp des Pou són freqüents a totes les galeries (GRÀCIA *et al.*, 2007). A la cova des Coll i la cova des Pas de Vallgornera són molt més abundants i generalment relacionats amb antics envans (GRÀCIA *et al.*, 2005, 2009b).

Penjants (*rock pendants*)

Les seves mides van de dimensions d'ordre de centímetres a metres, i tal com indica el seu nom pegen del sostre (Fig. 9a). Hi ha diferents mecanismes generadors de penjants. Per una banda hi ha els penjants procedents d'antics envans que són de forma allargada. També n'hi ha producte de la dissolució i separació de columnes de roca. Un altre tipus de mecanisme formatiu és la corrosió diferencial al sostre de sales i galeries. Dins aquest darrer



Figura 7: Morfologies espongiformes (microformes) de la cova des Coll (Felanitx). Estan formades per un conjunt pròxim d'irregularitats com són forats, concavitats, protuberàncies, anells, tubs i altres, presents a la volta, parets o pis i que de vegades formen una verdadera randa de pedra (Foto: F. Gràcia).

Figure 7: Spongework microforms in Cova des Coll (Felanitx). They are formed by a series of irregularities such as nearby holes, protrusions, ridges, rings, tubes and others, that are present in the ceiling, floor and walls of the passages; sometimes they constitute a real stone lace (Photo: F. Gràcia).

mecanisme n'hi ha relacionats amb corrents d'aigua, en ocasions de diferents densitats. En general, aquest tipus de penjants és de dimensions més reduïdes i se solen presentar associats. A la cova des Pas de Vallgornera es troben a les dues façies repetidament esmentades, tant de front d'escull com d'escull en clapes, com a les façies de *lagoon* extern. En el segon cas procedeixen gairebé sempre d'envans desmantellats. La seva mida és de majors dimensions que els que es formen dins la façies de front d'escull. N'hi ha que es troben paral·lels a una mateixa secció de la galeria, per procedir d'envans dissolts parcialment i dels quals només en queden alguns vestigis. A la cova des Coll són especialment abundants (GRÀCIA *et al.*, 2005). Allà es poden trobar, a més dels comuns formats pel procés abans esmentat, els penjants generats per una gènesi associada a l'intens flux d'aigua de salinitat baixa que circula per alguna galeria. Al sistema Gleda-Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2007) n'hi ha alguns de gran mida, que superen els 3 m, els quals semblen restes de columnes de roca o envans de corrosió. Hi ha tota una sèrie d'estadis evolutius intermedis entre els envans i els penjants.

Concavitats poc marcades (*subdued pockets*)

Es tracta de depressions semiesfèriques circulars, el·líptiques o irregulars centimètriques que s'endinsen poc dins la roca. La longitud o amplària supera sempre la fondària de la concavitat. Es presenten recobrint superfícies extenses de les parets i sostres de galeries i sales (Fig. 9a). Tal i com diu MERINO (2006), en secció vertical la forma s'assembla a una mitja lluna, amb la part còncaua més inferior, amb fort pendent, coberta de fins dipòsits de sediment, que li donen un típic color vermellós. Es poden considerar un estadi evolutiu previ als tupins. Per evolució aquestes formes de corrosió



Figura 8: A. Arc. Són de mida més petita que els ponts i procedeixen de la dissolució progressiva d'altres morfologies. B. Esperó. Protuberància lateral generada sovint mitjançant la dissolució progressiva de ponts, arcs i envans. (Fotos: A. Cirer).

Figure 8: A. Arch. They are of smaller size than bridges, being the result of the progressive dissolution of other morphologies. B. Rocky jag. Lateral protrusions evolved frequently from the progressive dissolution of bridges, arches and partitions. (Photos: A. Cirer).

poden entrar en coalescència, i s'arriben a individualitzar estretes seccions de roca, que a mode de cresta separen concavitats majors. En alguns indrets s'observa una evident alineació horitzontal de les files de concavitats que podria ésser conseqüència d'una estabilització d'una zona d'haloclines que originés aquestes formes de dissolució. Segons MERINO (2006), aquesta disposició s'assembla per la morfologia a les facetes, de les quals podria representar un primer estadi evolutiu. La seva presència sol ésser habitual a totes les coves litorals del Llevant i Migjorn de Mallorca.

Tupins de paret, sostre i pis

(wall pockets, ceiling pockets, floor pockets)

Petits clots semiesfèrics circulars o el·líptics centimètrics, i que en ocasions penetren en forma de cilindres. És freqüent que presentin coalescències o dependències (composed pockets) i superposicions (pocket levels). Segons la localització espacial a les sales i galeries cal puntualitzar si són de parets, sostre i pis (wall pockets, ceiling pockets i floor pockets) (Fig. 9a). A la cova des Pas de Vallgornera es troben a escampats per tots els sectors de les cavitats, tant terrestres com subaquàtics. També hi són, tant a les façies de front d'escull

com de *lagoon*, encara que són molt més nombroses a la primera, possiblement per la dissolució preferencial de les masses de corall de composició aragonítica, per la qual cosa serien generats en quedar buida la zona ocupada per una colònia de corall. És freqüent observar que al buit del tupí sorgeixen mol·luscs perforadors de la roca, com és el cas de *Lithophaga*, els quals es troben a l'interior dels coralls. Són morfologies abundants a totes les cavitats del Llevant de Mallorca.

Cúpules (cupolas o bellholles)

Depressions semiesfèriques, circulars o allargades, de mida decimètrica a mètrica, que poden penetrar considerablement dins la roca del sòtil de galeries o sales. Les diàclasis poden condicionar la gènesi d'associacions de cúpules de secció d'arc gòtic. En la seva gènesi se suposa que tenen un paper important les aportacions d'aigua zenital, que en contacte amb l'aigua freàtica condicionaria una zona corrosiva. A les cavitats del Llevant no són molt freqüents.

Nínxols de paret (wall niches)

Concavitats de pis pla o lleugerament irregular, d'ordre mètric a centimètric que se situen a les parets de les galeries. En ocasions es poden confondre amb els tupins. Nosaltres som partidaris de limitar aquest nom de nínxols de paret a les morfologies que assoleixen una mida superior als 60 cm d'amplària i almenys 40 cm de fondària i alçària, amb el pis de tendència plana i a les altres incloure-les als tupins, ja que a nivell pràctic és molt difícil distingir-les. Els nínxols, en superar unes certes dimensions (uns 2 m de diàmetre) entrarien ja en la categoria de cambres freàtiques circulars. Han estat localitzades a gairebé totes les cavitats amb importants continuacions subaquàtiques de Mallorca.

Canals subverticals de dissolució (rock combs)

Es tracta de morfologies associades i sobreposades a les facetes, encara que no hi són sempre presents. A les cavitats litorals de Mallorca són citades per primera vegada a GRÀCIA *et al.*, (1997) com a "pentinades de roca". MERINO (2000) les defineix com a canalets en forma de ventall. Amb l'objecte d'homogeneïtzar i sistematitzar la morfologia es va decidir emprar el terme de canals subverticals de dissolució per englobar els dos subtipus, encara que les pentinades de roca presenten els canals més amples i pregons, mentre que els canalets en formacions de ventall són poc profunds i la distància entre crestes és menor.

Als sectors subaquàtics de la cova des Pas de Vallgornera són freqüents els canalets, mentre que les "pentinades de roca" són molt poc presents. A la cova des Coll les crestes són especialment marcades i no superen els 20 cm d'alçària entre les valls i les crestes. A la cova Genovesa se n'han observat a diferents sales i galeries, desenvolupades entre -7,8 i -8,7 m (alçada de les facetes 0,9 m) i entre -10,5 i -11,1 m (alçada de les



Figura 9: A. Penjant de la cova des Pas de Vallgornera amb abundants concavitats poc marcades i tupins sobreimposats. Darrera l'espeleòleg es pot apreciar una columna de roca. B. Pinnacle (cer) que s'ha generat a partir de la corrosió d'un envà del sistema Gleda-Camp des Pou. (Fotos: A. Cirer).

Figure 9: A. Rock pendant in Cova des Pas de Vallgornera showing, superimposed, abundant solutional pockets of different sizes. Behind the caver a rock column can be observed. B. Rock pinnacle (cer) generated from the corrosion of a partition between galleries, within Gleda-Camp des Pou cave system. (Photos: A. Cirer).

facetes 0,6 m). A la cova des Coll es troben localitzades a cotes de fondària que van dels -3 a -4,3 m (les regates de corrosió es troben entre -2,5 i -3 m). En pocs casos es troben en dos nivells superposats (entre -0,7 i -1,2 m). Es troben també a la cova des Coloms I.

Agraïments

Als espeleòlegs subaquàtics i als companys terrestres del Grup Nord de Mallorca i d'altres grups de la Federació Balear d'Espeleologia que han col·laborat en l'exploració, topografia i estudi de les cavitats sotaigüades de Mallorca.

Volem també agrair, molt especialment, les tasques efectuades per part dels companys Antoni Cirer i Miquel Àngel Perelló del GNM, pel que fa a la documentació fotogràfica de les parts submergides de les cavitats.

Els treballs subaquàtics han estat finançats parcialment gràcies a l'Obra Social de "SA NOSTRA", dins les convocatòries d'ajuts per a projectes de Conservació de la Biodiversitat.

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

BRETZ, J. (1942): Vadose and phreatic features of limestone caverns. *The Journal of Geology*, 50 (6).

FORD, D. & WILLIAMS, P. (1989): *Karst geomorphology and Hydrology*. U. Hyman, 601 pàgs. London.

FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 562 pp. Chichester, UK.

GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.

GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67.

GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs + 29 làms. Inèdit.

GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.

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: 49-80.

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, Ucraïna.

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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerville, USA.

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.; 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 des Cardassar, Mallorca). *Endins*, 30: 101-108.

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. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). I: Descripció de les cavitats i història de les exploracions. *Endins*, 25: 23-42.

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*, 31: 43-96.

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 (Llucmajor, Mallorca): Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72.

GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & MERINO, A. (2009c): Corrosion patterns related to meteoric-marine mixing zone in coastal cave systems of Mallorca island (western Mediterranean). *Island Karst Symposium. 2009 ICS Proceedings. 15th International Congress of Speleology*. Kerville, USA.

GRÀCIA, F.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; TRIAS, M.; FORNÓS, J. J.; FEBRER, M. & POCOVÍ, J. (2010b): 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.

GUILCHER, A. (1988): *Coral Reef Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 228 pp. Chichester, UK.

HANSHAW, B.B. & BACK, W. (1979): Major geochemical processes in the evolution of carbonate-aquifer system. *Journal of Hydrology*, 43: 287-312.

MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 19: 17-23.

MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21.

MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70.

MERINO, A. (2007): Solutional sculpturings and uncommon speleothems found in the Cova des Pas de Vallgornera, Majorca, Spain. *NSS News*, 65 (9): 14-20. Huntsville, USA.

MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilòmetres de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48.

MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca) alcanza los 55 kilòmetres de desarrollo topográfico. *Endins*, 32: 33-42.

MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2009): Cova des Pas de Vallgornera: an exceptional littoral cave from Mallorca Island (Spain). In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 522-527. Kerville, USA.

MYLROIE, J.E. & CAREW, J.L. (1990): The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15: 413-424.

NÚÑEZ-JIMÉNEZ, A. (1967): *Clasificación genética de las cuevas de Cuba*. Academia de las Ciencias de Cuba.

SLABE, T. (1995): *Cave Rocky Relief and its Speleogenetical Significance*. Znanstvenoraziskovalni Center SAZU. Ljubljana. 128 pàgs.

TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.

LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Llucmajor, Mallorca). LA CAVITAT DE MAJOR DESENVOLUPAMENT DE LES ILLES BALEARS

per Antoni MERINO ¹, Antoni MULET ¹, Guillem MULET ¹, Antoni CROIX ²
Anders KRISTOFERSSON ², Francesc GRÀCIA ³, Joaquín GINÉS ^{4,5} i Joan J. FORNÓS ⁵

Abstract

Cova des Pas de Vallgornera is located in the Llucmajor municipality, Mallorca island, being the longest cave in the Balearic archipelago: currently its surveyed length is over 65.000 metres. It is a really unique cave within the endokarst of the Migjorn region of the island, not only because its development but also for the great deal of uncommon speleothems and solution morphologies. Regarding geological and geomorphologic aspects, this exceptional site clearly shows a very strong control imposed by the lithologic factors –the architecture of the Upper Miocene reef– on the pattern and the morphological features of the system. Furthermore, the cave supplies evidences of a multi-folded speleogenesis that includes besides the coastal mixing zone dissolution, a noticeable epigenic recharge as well as a possible basal recharge of hypogenic origin. All this together, makes the cave certainly outstanding even at an international level. The cave is under the protection of Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears (the Regional Environmental Authority) and was declared Site of Community Importance, within the Natura 2000 Network (European Council Directive 92/43/EEC). Access to the cave is highly restricted and only surveying and investigation tasks are authorized by the Regional Authority.

Resum

La Cova des Pas de Vallgornera està situada al municipi de Llucmajor, a l'illa de Mallorca, essent la cavitat de major desenvolupament de l'arxipèlag amb un recorregut actualment topografiat de més de 65.000 m. És una cavitat única dins de l'endocarst de la zona del Migjorn de l'illa, no tan sols per les seves dimensions sinó també per l'abundància d'espeleotemes poc freqüents i de morfologies de dissolució. Pel que fa als aspectes geològics i geomorfològics, aquesta cova excepcional mostra un fort control imposat pels factors litològics –l'arquitectura de l'escull del Miocè superior– sobre les característiques morfològiques del sistema espeleològic. A més a més, la cova aporta evidències d'una espeleogènesi complexa que inclouria, a part de la dissolució produïda en la zona de mescla costanera, una notable recàrrega meteòrica superficial així com una possible recàrrega basal d'origen hipogènic. Totes aquestes peculiaritats fan que la cavitat sigui certament remarcable fins i tot a nivell internacional. La cova està protegida per la Conselleria de Medi Ambient, del Govern de les Illes Balears, i està declarada Lloc d'Interès Comunitari, dins de la xarxa Natura 2000 (Directiva del Consell Europeu 92/43/CEE). L'accés a la cavitat es troba restringit i es limita als treballs de topografia i estudis de diversos tipus que han de ser autoritzats per la Conselleria.

Resumen

La Cova des Pas de Vallgornera se encuentra situada en el municipio de Llucmajor, en la isla de Mallorca, siendo la cavidad de mayor recorrido del archipiélago con un desarrollo topografiado en la actualidad de más de 65.000 m. Es una cavidad única dentro del endokarst de la zona de Migjorn de la isla, no solo por sus dimensiones sino también por la abundancia de espeleotemas poco frecuentes y morfologías de disolución. En relación con los aspectos geológicos y geomorfológicos, esta cueva excepcional presenta un claro control impuesto por factores litológicos –la arquitectura del arrecife del Mioceno superior– sobre las características morfológicas del sistema espeleológico. Además, la cueva aporta evidencias de una compleja espeleogénesis que incluiría, aparte de la disolución producida en la zona de mezcla costera, una notable recarga meteórica superficial así como una posible recarga basal de origen hipogénico. Todas estas peculiaridades hacen que la cavidad sea ciertamente destacable incluso a nivel internacional. La cueva está protegida por la Conselleria de Medi Ambient, del Govern de les Illes Balears, y está declarada Lugar de Interés Comunitario, dentro de la red Natura 2000 (Directiva del Consejo Europeo 92/43/CEE). El acceso a la cavidad está restringido y se limita a trabajos de topografía y estudios de diversos tipos que han de ser autorizados por la Conselleria.

1 Grup Espeleològic de Llubi.
2 Agrupació Esportiva Voltors. Palma.
3 Grup Nord de Mallorca. Pollença.

4 Grup Espeleològic EST. Palma.
5 Karst and Littoral Geomorphology Research Group.

Introducció: història dels descobriments

No hi ha cap dubte que la Cova des Pas de Vallgornera és la cavitat més important de les Illes Balears, tant pel que fa al seu desenvolupament (més de 65.000 m de recorregut) com per les seves excepcionals característiques morfològiques i la remarcable abundància de tot tipus d'espeleotemes. La presència d'importantes zones aquàtiques dóna un atractiu especial a la cova, la qual compta també amb extenses continuacions subaquàtiques que totalitzen més de 10.000 m de galeries i sales. La cavitat compta amb una abundant bibliografia dedicada sobretot a la seva descripció i als aspectes morfogènets la qual, sense caràcter exhaustiu, apareix amplament referida en el present treball. Pel que fa a la història de les exploracions, aquesta no és massa llarga –poc més de 40 anys– i ha tingut lloc en tres etapes principals que seran tractades tot seguit.

SECTOR ANTIC (1968-1992)

El descobriment de la Cova des Pas de Vallgornera té lloc el divendres 26 d'abril de 1968, quan mestre Tomeu Covas excavava un pou negre per a les aigües residuals de l'Hotel Es Pas, que aleshores s'estava edificant en aquell paratge. A pocs metres de la superfície, el martell pneumàtic que emprava s'enfonsà, essent ampliada posteriorment l'obertura de la cavitat. Al dia següent, el dissabte dia 27, en Miquel Font Oliver i el fotògraf llucmajorer Magín Clar duen a terme una primera exploració de la cova i fan algunes fotografies. El diumenge dia 28, el *Diario de Mallorca* publica a tota plana la notícia del descobriment d'unes coves a la zona de Vallgornera. Al llarg del mes de maig de 1968, la cova és visitada per una comissió de l'Ajuntament de Lluçmajor integrada per Pere Cabrer (president del *Sindicato Provincial de Hostelería*), Antoni Garau (cap de la *Demarcación de Costas*), Luis Sanz (cap de l'*Oficina de Información y Turismo*) i acompanyats pel ja citat Miquel Font, aleshores tinent de batlle de Lluçmajor.

Durant els mesos següents realitzaren exploracions en la cavitat diferents equips espeleològics mallorquins, com són el Centro de Actividades Espeleológicas (CAE), el Grup Espeleològic EST i l'Speleo Club Mallorca (SCM).

Alguns anys més tard, el propietari de l'hotel contractà els serveis d'uns espeleòlegs i bussejadors belgues, pertanyents al *Groupe Spéléo Namur-Ciney*, per tal que exploressin a fons la cova i emetessin un informe sobre les possibilitats d'habilitar-la per al turisme, al mateix temps que es procedia a l'aixecament d'una primera topografia (COLLIGNON, 1982). L'esmentat informe fou negatiu, i en conseqüència s'abandonaren els plans d'explotació. Posteriorment, arran d'una trobada que tingué lloc el 1990 entre membres del Grup Espeleològic EST i de la Secció d'Espeleologia de l'ANEM, es decideix emprendre la topografia i estudi de la cavitat, activitats que començaren l'any 1991 i es finalitzaren el 1992 (MERINO, 1993).

NOVES EXTENSIONS (1994-1999)

El 2 de juliol de 1994, els espeleòlegs mallorquins Miquel Àngel Barceló i Pedro Riera descobreixen un pas que dóna accés a noves galeries i realitzen l'exploració dels nous sectors, que designarem com a les **Noves Extensions**. En dates posteriors, comuniquen la troballa al col·lectiu espeleològic i es visita la cavitat per tal d'anar preparant l'aixecament topogràfic de les noves descobertes, tasca que s'inicia el dia 11 de desembre del mateix any per part de la Secció d'Espeleologia de l'ANEM i del Grup Espeleològic de Llubí (GELL).

Els treballs topogràfics se succeeixen durant tot el mes de gener de 1995, emperò es produeixen una sèrie de problemes que motiven que el 25 de febrer d'aquell any s'aturin els treballs en la cavitat. Malgrat això, els dies 1 i 29 de juliol es continua amb les tasques topogràfiques.

Durant tot l'any 1996 no es realitza cap treball a la cavitat. El dia 24 de maig de 1997 es reprèn la topografia. L'activitat continua al llarg de l'estiu, fins que el dia 2 d'agost de 1997 ens trobem que l'accés a la cova ha estat segellat amb una plataforma de formigó armat. En una reunió mantinguda amb l'empresa que es va encarregar d'abocar el formigó, ens comuniquen que l'ordre fou donat per l'Ajuntament de Lluçmajor.

S'inicia un període de conversacions amb la Conselleria de Medi Ambient i, gràcies a la intensa tasca realitzada per en Joan Mayol i la Federació Balear d'Espeleologia, s'aconsegueix arribar a un acord entre la Conselleria i l'Ajuntament de Lluçmajor, mitjançant el qual es procedeix a iniciar accions per tal de protegir la cavitat. Així, es realitzen una sèrie d'obres a l'entrada de la cova i el dia 4 de juliol de 1998 es reprenen els treballs de topografia, que es veuen interromputs el 15 d'agost del mateix any en desaparèixer la porta d'entrada a la caseta d'accés a la cova i ser segellada amb soldadura la porta metàl·lica que permet accedir a l'interior de la cavitat.

La Conselleria de Medi Ambient posa l'oportuna denúncia davant la Guàrdia Civil, i el 14 de novembre de 1998 s'inicia la darrera etapa de la topografia de la Cova des Pas de Vallgornera, tasca que finalitza el 27 de novembre de 1999. La cavitat passa a tenir en aquells moments un desenvolupament de 6.435 m (MERINO, 2000).

DESCOBRIMENTS 2004 (2004-2011)

En finalitzar la topografia de la cavitat, el 1999, membres del Grup Espeleològic Llubí i de la Secció d'Espeleologia de l'ANEM continuaren visitant assíduament la cova amb l'objectiu, entre d'altres, de continuar les investigacions i estudis en punts remots del sector de les **Noves Extensions**. D'ençà de l'any 2002, l'exploració es centra en la zona compresa entre el final del **Llac de na Gemma** i la **Sala de na Bàrbara**. Aquest interès es basa en l'existència d'un corrent d'aire, que fluctua en intensitat i sentit però sense una direcció clara. Per aquest motiu, es procedeix a un control exhaustiu tant de la pressió atmosfèrica com dels canvis del nivell dels llacs. Com a una primera conseqüència d'aquests treballs es

localitzaren, en la part N de la **Sala de na Bàrbara**, unes galeries de reduïdes dimensions i una sala amb un petit llac. Dos anys de treball continuat donaren com a resultat que, el juny de 2004, els espeleòlegs Guiem Mulet, Toni Mulet i Toni Merino pogueren seguir amb claredat el corrent d'aire i trobaren un pas per on aquest desapareixia. Una vegada desobstruït, es va accedir en primer lloc a un conjunt de galeries i passos estrets entre blocs rocosos, que donaven la impressió que acabarien tancant-se completament, impeding així la progressió. Després de diverses hores explorant entre blocs, un dels espeleòlegs segueix una estreta esclatxa que finalment conduí al solitari explorador fins a l'inici de la **Sala Que No Té Nom** (Figura 1). Amb l'emoció continguda, l'explorador tornà a buscar la resta de l'equip per tal de comunicar-les la troballa: s'havia aconseguit l'accés a un immens conjunt de galeries i sales que integra el sector que anomenarem **Descobriments 2004**.

A partir d'aquell moment s'inicia una frenètica activitat exploratòria i de topografia que es manté fins al dia d'avui (MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009c; GRÀCIA *et al.*, 2009a). Diferents grups de Mallorca se sumen a aquest esforç: Secció d'Espeleologia Voltors, Grup Espeleològic EST i espeleobussejadors del Grup Nord de Mallorca. Alguns dels projectes que es duen a terme compten també amb la participació d'institucions científiques locals com la Universitat de les Illes Balears (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a; MERINO *et al.*, 2009a, 2009b; MERINO & FORNÓS, 2010a, 2010b), o fins i tot estrangeres (DORALE *et al.*, 2010; TUCCIMEI *et al.*, 2010).

Descripció de la cavitat

La cavitat pot ésser dividida en tres parts principals, que es corresponen amb les diferents fases que abans han estat distingides en parlar de l'exploració de la cova: l'anomenat **Sector Antic**, les **Noves Extensions** i el gran sector recentment descobert que es designarà com a **Descobriments 2004**. La descripció de la cavitat s'efectuarà tot seguint aquesta divisió en tres grans zones, per bé que l'extensió dedicada als **Descobriments 2004** serà molt major en funció del gran desenvolupament que presenta aquesta zona, en la qual es distingiran fins a set sectors diferenciats addicionals (Figura 2).

SECTOR ANTIC

El **Sector Antic** està format per una sala –la **Sala d'Entrada**– a la qual s'accedeix mitjançant un pou artificial d'uns 6 m de fondària. El paviment de la sala està format per l'acumulació de blocs de diverses mides, cimentats en la seva majoria per colades pavimentàries. S'observa també una certa compartimentació deguda a l'existència d'abundants massissos estalagmítics i columnes, al temps que les estalagmites i estalactites abunden per tota la sala (Figura 3). Tot al voltant de la sala, aquesta davalla en diferents punts fins a arribar al nivell freàtic, on es disposen un seguit de petits llacs salabrosos al llarg de la seva perifèria.



Figura 1: El grup d'espeleòlegs que començaren l'exploració i topografia d'alguns dels sectors compresos en el que anomenem **Descobriments 2004**. (Foto: A. Merino).

Figure 1: The group of cavers who first explored and surveyed some of the passages within the **Descobriments 2004** sector of the cave. (Photo: A. Merino).

Si ens dirigim cap a la part E de la **Sala d'Entrada**, trobem un gran gour de poca fondària, superat el qual s'entra en un caos de blocs que cal travessar per accedir a un petit pou; en la seva base s'inicia la **Pista Americana**, caracteritzada per l'escassa presència de formes de reconstrucció. El sòl inclinat d'aquesta galeria està ocupat per grans blocs i tota la seva zona S està limitada per diminuts llacs. Al final de la galeria existeix una gran sala –la **Sala del Moonmilk**– de sòtil baix i sòl irregular; com a tret destacat, cal ressaltar l'existència de processos de descalcificació que motiven la presència de grans quantitats de *moonmilk*, que donen nom a la sala. Cap al final d'aquesta, i a través d'un pas entre blocs, es pot accedir a la **Via Max**, constituïda per una galeria que manté les mateixes morfologies que són comunes a tota aquesta zona.

De bell nou en la **Sala d'Entrada**, i avançant en direcció NW, es localitzen alguns passos entre blocs que comuniquen amb les zones del **Sector Antic** cobertes per les aigües salabroses, així com amb el conjunt de galeries que formen les **Noves Extensions**.

NOVES EXTENSIONS

Les **Noves Extensions** poden ser dividides al seu torn en dos sectors diferenciats, el primer d'ells format per una sèrie de galeries aquàtiques i llacs de notable extensió, entre les quals destaquen el **Llac de na Gemma** i la **Sala de na Bàrbara**. En finalitzar l'espectacular **Llac de na Gemma** –que fa devers 200 m de llargada– la galeria esdevé bastant estreta degut a la presència de colades i blocs que marquen el pas cap a la **Sala de na Bàrbara**, punt on se situa la comunicació amb els **Descobriments 2004**.

La segona part, el **Sector Laberíntic**, la constitueixen un entrellat de galeries de dimensions modestes (Figura 4) que mostren les parets i sostres coberts completament per cridaneres morfologies de dissolució de la roca calcària; clars exemples de galeries d'aquest tipus són la **Galeria d'Enmig** i la **Galeria de Llevant**. En alguns punts s'observen espeleotemes, malgrat que en general són escassos i de poca entitat.

DESCOBRIMENTS 2004

A grans trets les noves galeries i sales descobertes fa pocs anys a la cavitat –zona que anomenarem **Descobriments 2004**– es caracteritzen per l'existència de dos nivells netament diferenciats, a més dels sectors subaquàtics. El primer d'ells està situat en torn al nivell freàtic o uns pocs metres per damunt (Figura 6); en aquells llocs on s'han produït acumulacions de blocs, per l'esfondrament de les parets i sòtils, es desenvolupen des de galeries de mida variable fins a grans sales, algunes de notables dimensions. En segon lloc se situa el que anomenem "nivell superior", on es disposen conjunts de galeries (Figura 5) que formen extensos laberints situats entre 8 i 11 m per damunt del nivell freàtic. En nombrosos punts, ambdós nivells estan connectats entre sí.

En aquesta gran zona és on la cavitat adquireix una magnitud i desenvolupament notables, tant pel que fa al

volum de les sales i galeries com al seu recorregut. A efectes descriptius els **Descobriments 2004** seran dividits en els set sectors següents: **Sector de les Grans Sales**, **Sector de Gregal**, **Sector Subaquàtic de Gregal**, **Sector F**, **Sector del Clypeaster**, **Sector del Tragus** i **Sector Nord**.

Sector de les Grans Sales

Aquest sector estaria integrat per un conjunt de sales d'esfondrament, on sobresurten per les dimensions la **Sala Que No Té Nom** i la seva continuació natural anomenada **Galeria dels Espeleotemes**, el **Llac Quadrat**, i d'altres saletes de menor entitat com la **Sala Blanca**. Aquest conjunt de sales té com a denominador comú l'acumulació de grans blocs que formen el paviment de les mateixes, així com l'escassetat general d'espeleotemes (excepció feta de la galeria homònima) i l'existència de processos de descalcificació. Com a conseqüència dels mecanismes de reajustament mecànic dels blocs despresos, les gruixades colades pavimentàries que els cobreixen es troben en molts de casos rotes i fragmentades.

La **Sala Que No Té Nom** és, ara per ara, la de majors dimensions de tota la cavitat; té una longitud aproximada de 160 m, una amplada màxima que supera els 40 m i una alçada d'uns 10 m entre el sòtil i els punts més elevats del paviment de la sala. Es tracta d'un clar exemple de sala d'esfondrament (o *collapse chamber* segons GINÉS, 2000) per bé que d'unes mides poc habituals en el carst del Migjorn de l'illa. A ambdós costats del seu eix central els blocs han format sengles rosts descendents que assoleixen el nivell freàtic; així, es disposa al llarg del contorn de la sala tot un reguitzell de petits llacs d'aigües salabroses que la voregen gairebé en la seva totalitat. El **Llac Quadrat** és una altra sala de similars característiques, emperò es troba totalment ocupada per les aigües formant un extens llac amb el fons ocupat per blocs rocosos; les parets de la sala són verticals i llises de la mateixa manera que succeeix amb el sòtil.

Sector de Gregal

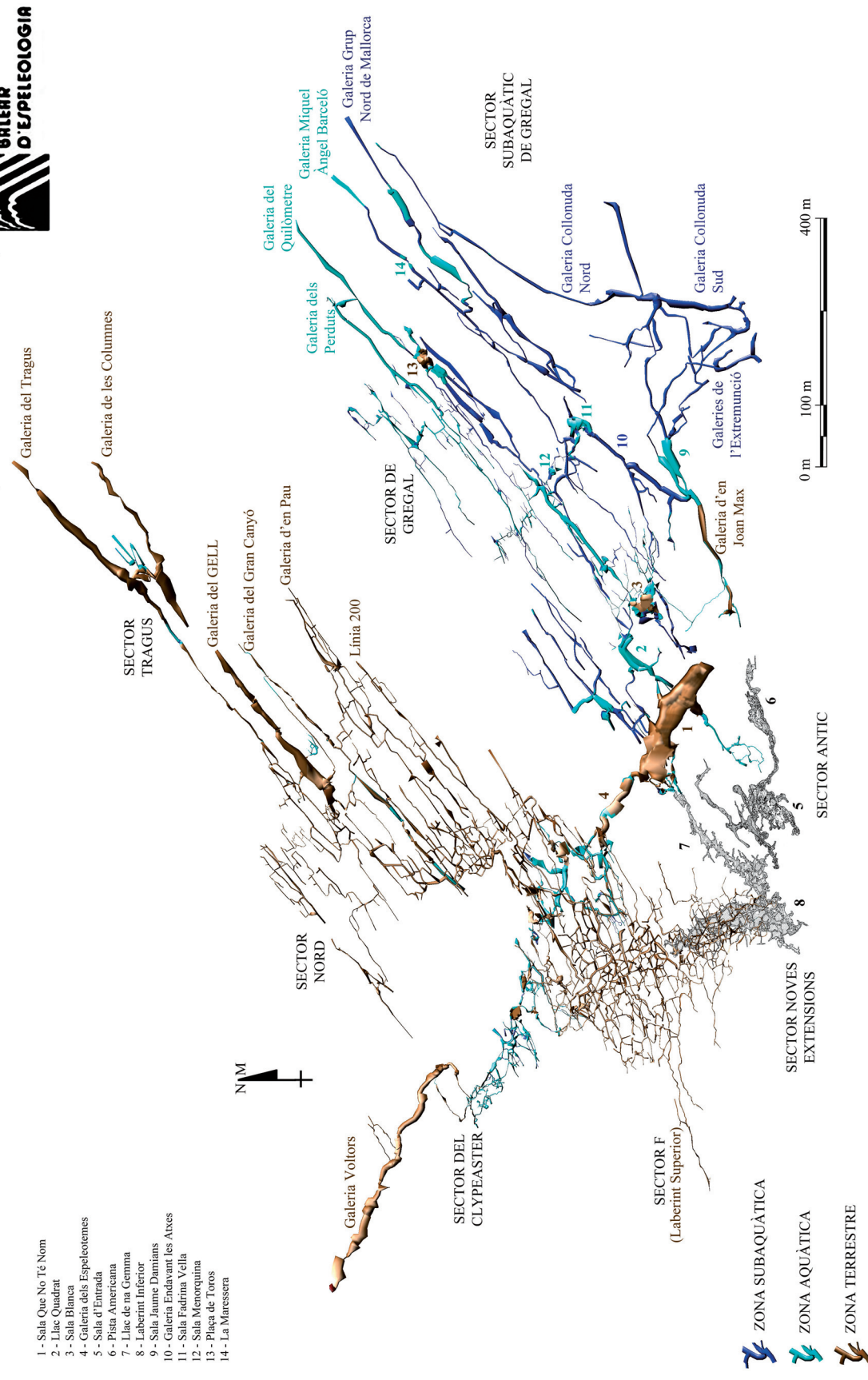
La zona que ens ocupa ara, així com el sector subaquàtic homònim, s'inicien a partir del **Llac Quadrat** localitzant-se respectivament en torn al nivell freàtic o per sota d'aquest. Sobresurten per la seva magnitud, entre d'altres, la **Galeria del Quilòmetre** i la **Galeria dels Perduts** que apareixen cobertes al llarg del seu recorregut per aigües salabroses, existint també acumulacions de grans blocs que dificulten el trànsit per la zona. Amb unes dimensions menors, cal ressaltar la **Galeria d'en Navarrete** per les notables acumulacions de sediments argilosos que entapissen bona part de la mateixa. Entre les galeries principals esmentades hi ha distribuïts, en distintes zones, laberints formats per galeries de petites dimensions, algunes de les quals resulten intransitables quan el nivell freàtic està elevat.

La **Galeria del Quilòmetre**, com el seu nom indica, presenta una longitud d'uns 1.000 m, la majoria dels quals estan negats constituint llacs més o manco

COVA DES PAS DE VALLGORNERA (LLUCMAJOR)



- 1 - Sala Que No Té Nom
- 2 - Llac Quadrat
- 3 - Sala Blanca
- 4 - Galeria dels Espeleotemes
- 5 - Sala d'Entrada
- 6 - Pista Americana
- 7 - Llac de na Gemma
- 8 - Laberint Inferior
- 9 - Sala Jaume Damians
- 10 - Galeria Endavant les Alxes
- 11 - Sala Fadrina Vella
- 12 - Sala Menorquina
- 13 - Plaça de Toros
- 14 - La Maressera



RECORREGUT TOTAL: 62.066 m

Figura 2: Topografia i toponímia detallada dels sectors, galeries principals i sales de la cavitat.

Figure 2: Survey and detailed toponymy of sectors, main galleries and chambers of the cave.



Figura 3: El **Sector Antic** està format per una galeria principal i una sala de col·lapse, bellament decorada per espeleotemes que cobreixen i cimenten la major part dels blocs rocósos que formen el paviment de la sala. (Foto: A. Merino).

Figure 3: **Sector Antic** is formed by a main gallery and a breakdown chamber beautifully ornamented with speleothems that cover and cement most of the large accumulations of boulders that floor the chamber. (Photo: A. Merino).

profunds; en determinats punts, i degut a processos de reajustament de les voltes, s'han produït col·lapses de blocs rocosos que interrompen el recorregut aquàtic, fet que obliga a petites remuntades i davallades per tal de sortejar aquests punts. De manera irregular apareixen sectors bellament decorats per diverses classes d'espeleotemes (Figura 7). Al llarg del costat SE d'aquesta galeria es presenten algunes sales d'esfondrament, de petites o mitjanes mides, com la **Sala de la Fradina Vella** i la **Sala de la Menorquina**. L'últim terç de la **Galeria del Quilòmetre** s'inicia en una nova sala d'esfondrament –la **Plaça de Toros**– de forma gairebé circular i amb el paviment constituït per un gran con de blocs que s'eleva uns 8 m per damunt del nivell freàtic. En els laterals de la sala és possible observar com les parets van descendint de manera esglaonada, per mor dels estrats calcaris que afloren en elles.

La **Galeria dels Perduts**, amb uns 600 m de longitud, no presenta pràcticament espeleotemes mentre que les seves parets i sòtils estan coberts en alguns punts per capes gruixades de *moonmilk*; en altres punts, la presència de morfologies de corrosió és molt patent. Aquesta galeria està també negada per les aigües freàtiques i és bastant estreta en general. Finalment, la **Galeria d'en Navarrete** destaca no tan sols per les abundants formes de corrosió que cobreixen les parets i sòtils, sinó pels notables dipòsits de masses argiloses apilades en el centre dels passadissos que arriben a tenir fins a un metre de potència.

Sector Subaquàtic de Gregal

Per raons pràctiques es denomina **Galeria Miquel Àngel Barceló** al tram subaquàtic format per la unió de galeries successives que s'enllacen linealment. El primer tram s'inicia a l'extrem NE del **Llac Quadrat** i enllaça amb la zona d'accés aeri de la **Galeria del Quilòmetre**; en total suposa 283 m de galeria. D'aquí parteix un altre passatge relativament estret que prossegueix 173 m en diverses direccions, encara que amb tendència E, per a després seguir 655 m generalment per una àmplia i profunda galeria, amb valors de fondària que arriben a assolir els 8 m. Les amplàries estan compreses generalment entre uns 1,5 m i 2 m els primers centenars de metres i entre 4 i 7 m gairebé els 500 m darrers. Uns 200 m abans del final s'arriba a un esfondrament profusament decorat d'espeleotemes sota les aigües, que fa tornar la galeria aèria i que per poc no tanca el pas **La Maresse**. Una vegada superat el col·lapse, la galeria torna a agafar mesures d'amplària considerables fins que finalitza en una zona bellament concrecionada, després de passar una llarga cambra aèria. El recorregut lineal total és de 1.091 m partint des del **Llac Quadrat** fins al final de la **Galeria Miquel Àngel Barceló**. La **Galeria Grup Nord de Mallorca (GNM)**, recorre 709 m en direcció aproximada de 50°, fins a finalitzar en una zona d'esfondrament, de sostre pla i amb margues al sòtil. Al llarg d'aquest passatge, de control clarament estructural, se succeeixen diverses morfologies, amb predomini de les



Figura 4: El sector de les **Noves Extensions** consta d'uns impressionants llacs d'aigües salabroses i d'una xarxa de galeries, que es desenvolupen en torn al nivell freàtic i es troben totalment cobertes per formes de dissolució. (Foto: A. Merino).

Figure 4: **Noves Extensions** sector comprises impressive phreatic ponds of brackish waters and a network of passageways situated at the water table level, covered in solutional sculpturings. (Photo: A. Merino).



Figura 5: Galeria de petites dimensions situada en el nivell superior, el qual es caracteritza per formar un entrellat de galeries rectilínies que configuren laberint complexos. (Foto: A. Merino).

Figure 5: Small size passage located at the upper level, the latter being characterized by networks of rectilinear passages that form complex mazes. (Photo: A. Merino).

leria pràcticament és de direcció N-S (8°), amb un volum important. El ramal N a partir del encreuament prossegueix un centenar de metres i presenta com a continuació la **Galeria Hidrotermal**, de gairebé 200 m lineals i direcció 73° ; es tracta d'una galeria a on es fan ben visibles les evidències sedimentàries de possible origen hidrotermal (GINÉS *et al.*, 2009a). En resum, la **Galeria Collonuda** representa linealment 615 m des de l'inici de l'encreuament (1.729 m des de l'inici del busseig al final del **Llac Quadrat**). Tota la zona compresa entre el final de la **Sala Jaume Damians**, al S, i fins a l'encreuament amb la **Galeria Collonuda Sud (Galeries de l'Extremunció)** constitueix un laberint de galeries que s'entrecreuen i que encara està en una fase inicial d'exploració i topografia.

Sector F

Aquest sector està integrat per un entrellat de petites galeries, que es localitzen en el nivell superior de la cavitat. Malgrat que el **Sector F** se situa per sobre del sector laberíntic de les **Noves Extensions**, de moment no s'ha aconseguit enllaçar ambdós pisos. En aquesta zona, les àrees amb morfologies de corrosió s'intercalen amb altres zones cobertes de formacions. Es caracteritza per estar constituït per una xarxa laberíntica de galeries de diverses mides i morfologies. Existeixen galeries

amb el sòl pla i regular, cobert per colades pavimentàries o format per la mateixa roca calcària; per altra banda, n'hi ha d'altres que són estretes i amb el sòl molt irregular degut a la diàclasi sobre la que s'ha desenvolupat la galeria. En general, quan els passatges són amples els paviments solen ser plans. El *moonmilk* entapissa gairebé completament parets i sòtils, alternant amb alguns punts proveïts d'abundants i variats espeleotemes. Destaquen els gours de forma allargassada, molts dels quals estan plens d'aigua dolça i amb el fons cobert de cristalls de calcita.

Sector del Clypeaster

Es caracteritza per l'existència d'un entramat laberíntic de galeries que es desenvolupen tant en torn al nivell freàtic com a un nivell més elevat; les parets estan cobertes per una gran varietat de formes de dissolució, mentre que els espeleotemes no són massa abundants. A més a més, hi ha diverses sales d'esfondrament de petites dimensions distribuïdes al llarg d'aquesta zona, com és el cas de la **Sala Fosca** i la **Sala del Compàs**. Aquestes sales solen tenir el sòl ocupat per grans blocs, en ocasions coberts per capes de colades pavimentàries que apareixen esquerdades allà on s'han produït fenòmens de solifluxió. Per altra banda, destaca la **Galeria Voltors** com a exemple paradigmàtic d'una galeria totalment coberta per morfologies de dissolució que afecten als coralls que formen la roca mare. Cal ressenyar també diverses galeries ben individualitzades, com són la **Galeria de les Toveres**, la **Galeria dels Clypeasters** i la **Galeria de la Costella**.

Començant per la **Galeria de les Toveres**, aquesta posa en comunicació la zona més septentrional del **Sector F** –pertanyent al nivell superior– amb la **Galeria dels Clypeasters**, localitzada en el nivell freàtic. Es caracteritza per l'abundància d'uns espeleotemes que han estat denominats amb el terme "tovera" (*cave rim*), que es desenvolupen en el sòl de la galeria (MERINO, 2006, 2007b). Hi ha nombroses colades pavimentàries i parietals, que arriben a crear passos bastant estrets; al mateix temps, i distribuïdes irregularment, s'observen zones cobertes d'abundant *moonmilk*.

La **Galeria dels Clypeasters** és totalment aquàtica i té una direcció NE-SW, presentant unes dimensions variables que no ultrapassen els 2 m d'amplada. Sobre aquesta galeria existeixen les dues finestres que la comuniquen amb el nivell superior. Pel que fa a la **Galeria de la Costella**, es tracta d'un estret passatge mig inundat en la seva primera meitat, amb algunes colades pavimentàries i les parets cobertes de formes de dissolució no massa cridaneres.

Finalment la **Galeria Voltors**, d'uns 500 m de llargada, està situada en l'extrem NW del **Sector del Clypeaster**. Totes les parets, sòtils i paviments presenten abundants i espectaculars morfologies espongiformes de dissolució (Figura 9) que arriben a afectar també als grans blocs caiguts, el que provoca que el trànsit per la galeria sigui més aviat difícil. Les formes de reconstrucció són pràcticament inexistent i destaquen les notables acumulacions de blocs de gran mida, en el terç final de la galeria.



Figura 6: El sector **Descobriments 2004** és on la cavitat assoleix les seves majors i realment notables dimensions. En línies generals aquest sector està clarament organitzat en dos nivells diferents, a part del conjunt de galeries subaquàtiques. El primer d'ells es localitza al voltant del nivell freàtic i comprèn galeries aquàtiques i sales. (Foto: A. Merino).

*Figure 6: **Descobriments 2004** sector is where the cave reaches its largest and notable dimensions. Generally speaking it is clearly organized in two different levels, besides the underwater extensions. The first one is located at the water table level and encompasses aquatic passages and chambers. (Photo: A. Merino).*

Sector del Tragus

El **Sector del Tragus** és el més extens i voluminós del que s'ha designat com a **Descobriments 2004**, i està integrat per una gran zona laberíntica on s'individualitzen una sèrie de galeries rectilínies, que es desenvolupen més o manco paral·leles en una direcció aproximada SW-NE. Les galeries es disposen tant al voltant del nivell freàtic com en el nivell superior, i es caracteritzen per tenir unes longituds remarcables; algunes presenten un desenvolupament proper al quilòmetre i estan estructuralment controlades per importants diàclasis. Destaquen per les seves dimensions i espectacularitat la **Galeria del Tragus** i la **Galeria del GELL**, mentre que altres galeries també dignes de menció són la **Galeria de les Columnes**, **Línia 200**, la **Galeria d'en Pau** i la **Galeria del Gran Canyó**. Des del punt de vista morfològic, cal destacar la varietat de formes de dissolució així com la presència d'espeleotemes de diferents tipologies; al mateix temps existeixen notables dipòsits de *moonmilk* en sòtils i parets.

La **Galeria d'en Pau** serveix de nexa d'unió entre el **Sector F** i el **Sector del Tragus**. Té una longitud total que supera els 800 m, essent la seva amplada molt variable però sense superar els 3 m. Les parets presenten formes destacables de dissolució i els espeleotemes es prodiguen en varis sectors, tenint especial importància els gours que ocupen llargs trams de la galeria i emmagatzemen quantitats significatives d'aigua dolça.

En la **Línia 200** se succeeixen trams amb abundants gours eixuts, proveïts de delicades cornises cristal·lines (*crescent shelfstones*). Al mateix temps, els plans d'estratificació han estat aprofitats per la dissolució, creant nínxols de sòl i sòtils plans sobre els quals s'han dipositat diversos espeleotemes. En general sovintegen les colades pavimentàries, banderes, helictites i estalactites fistuloses.

Pel que fa a la **Galeria del Gran Canyó** es poden diferenciar clarament dues parts. Per una banda, el tram situat més al NE té unes dimensions reduïdes i una marcada presència de blocs que cobreixen el sòl en la seva totalitat. Pràcticament no hi ha espeleotemes, i els pocs existents presenten estats avançats de descalcificació; a més a més, moltes de les parets estan cobertes de potents capes de *moonmilk*. Per altra banda, el tram que s'estén cap al SW adquireix unes magnituds majors i exhibeix una secció subrectangular. Aquesta part de la galeria està ocupada gairebé en tota la seva longitud per un llac d'aigües salabroses. En alguns punts del sòtil, que se situa a uns 6 m d'alçada, s'observa una fractura molt marcada que es perllonga al llarg de bona part de la galeria; aquesta circumstància ha propiciat el creixement de grans grups de banderes, que juntament amb colades pavimentàries, estalactites, estalagmites i estalactites fistuloses contribueixen a l'ornamentació de la galeria. L'últim tram –en direcció SW– destaca per les grans acumulacions de dipòsits argilosos, tant en el fons del llac com en punts situats per damunt del nivell



Figura 7: Els sectors de **Gregal** i **Subaquàtic de Gregal** estan formats per galeries de notable longitud ocupades per les aigües freàtiques salabroses. En alguns punts els passatges es troben esplèndidament decorats. (Foto: A. Merino).

Figure 7: **Gregal** and **Subaquàtic de Gregal** sectors are formed by long passages drowned by brackish phreatic waters. At some points the galleries show lavishly decorated spots. (Photo: A. Merino).



Figura 8: Les importants continuacions subaquàtiques que estan essent explorades i topografiades actualment, presenten una disposició morfològica similar a la de les galeries del nivell superior. (Foto: M.A. Perelló).

Figure 8: Extensive underwater passages that show a similar morphological setting to that of the upper level galleries, are still being explored and surveyed. (Photo: M.A. Perelló).

de les aigües, que apareixen esquerdats per abundants polígons de retracció.

La **Galeria del GELL** té una longitud d'uns 260 m i pot ser dividida en tres parts netament diferenciades. La primera d'elles –de SW a NE– està marcada per l'existència de grans amuntegaments de blocs que es perllonguen al llarg de la resta de la galeria, sobre els que s'han dipositat espeleotemes. La volta té el clàssic perfil semicircular d'equilibri. En la segona part s'assoleix el nivell freàtic, mantenint-se les acumulacions de grans blocs però faltant les formes de reconstrucció. Finalment, el tercer tram apareix decorat per tot tipus d'espeleotemes i finalitza en una zona ocupada per uns espectaculars gours de grans dimensions.

En la **Galeria del Tragus** es poden distingir dues parts ben diferenciades. La primera meitat, que s'estén cap al SW, mostra unes mides discretes tant en amplitud com en alçada. S'alternen zones ocupades per blocs inestables amb d'altres cobertes per colades pavimentàries i altres espeleotemes, alguns d'ells afectats per processos de descalcificació. Després de superar un tram angost, es travessen diversos gours plens d'aigua i proveïts de notables i delicades cristal·litzacions de calcita. Poc després es descendeix fins al nivell freàtic, començant a adquirir la galeria un volum major que supera en alguns punts els 8 m d'alçada (Figura 10). Aquest tram proper a l'encreuament que condueix a la **Galeria de les Columnes** és molt singular, degut a que es prodiguen estalactites i estalagmites de dimensions significatives.

A partir d'aquest punt, i fins el final de la galeria, la secció de la mateixa es torna gairebé quadrada, presentant el sòl cobert per potents dipòsits de materials al·lòctons formats per llims, argiles i sorres que contenen abundant fauna fòssil vertebrada endèmica pertanyent al gènere *Myotragus*. La galeria finalitza, cap al NE, en un col·lapse de blocs infranquejables.

La **Galeria de les Columnes** consta de dos trams; el primer d'ells té el sòl molt irregular i està ocupat per blocs, coberts en la seva majoria per espectaculars colades pavimentàries sobre les quals creixen estalagmites, columnes de bona mida i alguns massissos estalagmítics molt voluminosos. El tram que va cap al NE és de major longitud i comença amb un sector molt concrecionat, on sovintegen les columnes, massissos estalagmítics, estalactites de diversos tipus, estalagmites, colades, gours, etc. A aquesta zona segueix una altra coberta de blocs, que condueix fins a un gour de notables dimensions ocupat per l'aigua, que rep el nom del **Jacuzzi**.

Sector Nord

Aquest sector de la cavitat es localitza en la part situada més al SW del **Sector del Tragus**. En general es tracta de galeries de poca entitat desenvolupades en el pis superior, amb una disposició bastant laberíntica. A efectes descriptius la zona pot ser dividida en dues

parts, la primera de les quals té com a eix principal el passatge denominat **Meandre d'en Manolo**, que presenta una longitud aproximada de 250 m i les parets cobertes en molts de punts per colades parietals. Aquesta galeria d'aspecte meandriforme posseeix una alçada mitjana de 8 m, mentre que la seva amplada es manté entre 1 i 0,5 m, essent la part inferior la més estreta; els trams més baixos del sector meandriforme arriben fins al nivell freàtic. En la segona part sobresurt per les seves mides la **Galeria del Titani** la qual, amb 180 m de longitud aproximada, una alçada que assoleix els 6 m i una amplada variable d'entre 1 i 2 m és la de majors dimensions d'aquest sector. A les parets es poden apreciar els estrats rocosos coberts de formes de dissolució, que a mode d'esglaons conformen unes seccions transversals força peculiars en aquesta galeria.

Marc geològic

La cavitat està situada en la Marina de Lluçmajor, dins de la regió càrstica del Migjorn, la qual està constituïda per dipòsits calcaris tabulars postorogènics del Miocè superior (FORNÓS & GELABERT, 1995). Aquests dipòsits consisteixen bàsicament en les calcarenites i calcàries esculloses massives del *Complex d'Esculls* –d'edat Tortoniana superior-Messinià– i la seqüència car-

bonatada corresponent al *Complex Terminal*, d'edat messiniana (FORNÓS & GELABERT, 2004; POMAR *et al.*, 1983). Els materials rocosos que integren la plataforma de la Marina de Lluçmajor estan tan sols afectats per falles normals (distensives), amb sistemes associats de fractures d'orientació entre N-S i N060E, lligades a la subsidència de la conca de Campos durant el Neogen superior (LÓPEZ & MATEOS, 2006). La cavitat es desenvolupa íntegrament dins del *Complex d'Esculls* del Tortoniana, essent possible observar al llarg del seu recorregut les diferents fácies corresponents als diversos ambients deposicionals que es donen en aquesta unitat (GINÉS *et al.*, 2008, 2009b).

VARIABILITAT LITOLÒGICA I MORFOGÈNESI

L'acusada diversitat morfològica observable entre els distints sectors de la cova està fortament controlada per la important variabilitat litològica que presenten els materials carbonatats, segons la seva ubicació dins l'arquitectura de l'escull Miocè (POMAR *et al.*, 1996). Així, es poden distingir tres contextos litològics diferents que condicionen el desenvolupament del sistema espeleològic (Figura 11). Per una banda, les zones de la cavitat on s'han produït esfondraments i col·lapses generalitzats de les voltes (**Sector Antic**, **Sector de les Grans Sales** i **Sector del Clypeaster**) es desenvolupen en les fácies de front o barrera del *Complex d'Esculls*



Figura 9: Situada en el **Sector del Clypeaster**, la **Galeria Voltors** sobresurt per tenir les parets, sòtils i sòl coberts per morfologies de dissolució generades en condicions freàtiques. (Foto: A. Merino).

Figure 9: Located at the **Sector del Clypeaster**, the **Galeria Voltors** is an outstanding passage whose walls, ceiling and floor are covered in solutional morphologies produced in phreatic conditions. (Photo: A. Merino).



Figura 10: El **Sector del Tragus** presenta unes galeries rectilínies amb fort control estructural. En alguns llocs s'arriba al nivell freàtic i es possible observar antics nivells dels llacs enregistrats en les parets. (Foto: A. Merino).

Figure 10: **Sector del Tragus** shows rectilinear galleries with tight structural control. At some spots the phreatic level is reached and former drowning levels are clearly seen recorded on the walls. (Photo: A. Merino).

del Tortonian superior. En aquestes fàcies s'observen per tot arreu bioconstruccions de coralls, que apareixen buidades per la dissolució preferencial dels edificis coral·lins, tal i com succeeix tot al llarg de la **Galeria Voltors** que ressegueix fidelment la barrera de l'escull (GINÉS *et al.*, 2008, 2009b). Els materials de les fàcies de front d'esculls són molt porosos i d'elevada permeabilitat i, a més a més, la seva escassa consistència facilita els processos d'ajustament mecànic dels buits generats per dissolució. Per altra banda, les grans galeries i les zones laberíntiques que les envolten es corresponen amb els sectors més interns de la cavitat (**Sector del Tragus**, **Sector Nord** i **Sectors de Gregal**), els quals es desenvolupen en les fàcies de *lagoon extern* del *Complex d'Esculls* (POMAR *et al.*, 1996). Aquí els materials calcaris presenten un caràcter massiu i una baixa permeabilitat, al temps que estan afectats per una intensa fracturació en la que dominen les direccions SW-NE. En zones puntuals, aquestes galeries de notable longitud mostren també fenòmens de col·lapse que ocasionen importants eixamplaments (per exemple, la **Plaça de Toros**), relacionats amb la presència de construccions coral·lines aïllades (*patch reefs*) distribuïdes dins les fàcies de *lagoon extern* (GINÉS *et al.*, 2008, 2009b). Per últim, l'acabament de les galeries de major entitat que

constitueixen el **Sector del Tragus** i el **Sector de Gregal** pareix estar relacionat amb un nou canvi litològic, que correspondria a la presència de dipòsits atribuïbles a les fàcies de *lagoon intern* del *Complex d'Esculls* del Tortonian (POMAR *et al.*, 1996). Aquestes fàcies mostren una disposició en capes de materials més calcisil·tífics i fins i tot margosos, amb una potència entre decimètrica i mètrica.

Espeleotemes i morfologies de dissolució

La Cova des Pas de Vallgornera ja va destacar en el seu moment (MERINO, 1993, 2000) per l' excepcionalitat, abundància, riquesa i espectacularitat dels espeleotemes i morfologies de dissolució presents en la cavitat. Durant els treballs d'exploració i topografia dels nous sectors descoberts (GRÀCIA *et al.*, 2009a; MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009c) s'han anat documentant diferents espeleotemes i formes de corrosió que se sumen als ja coneguts i descrits en anteriors

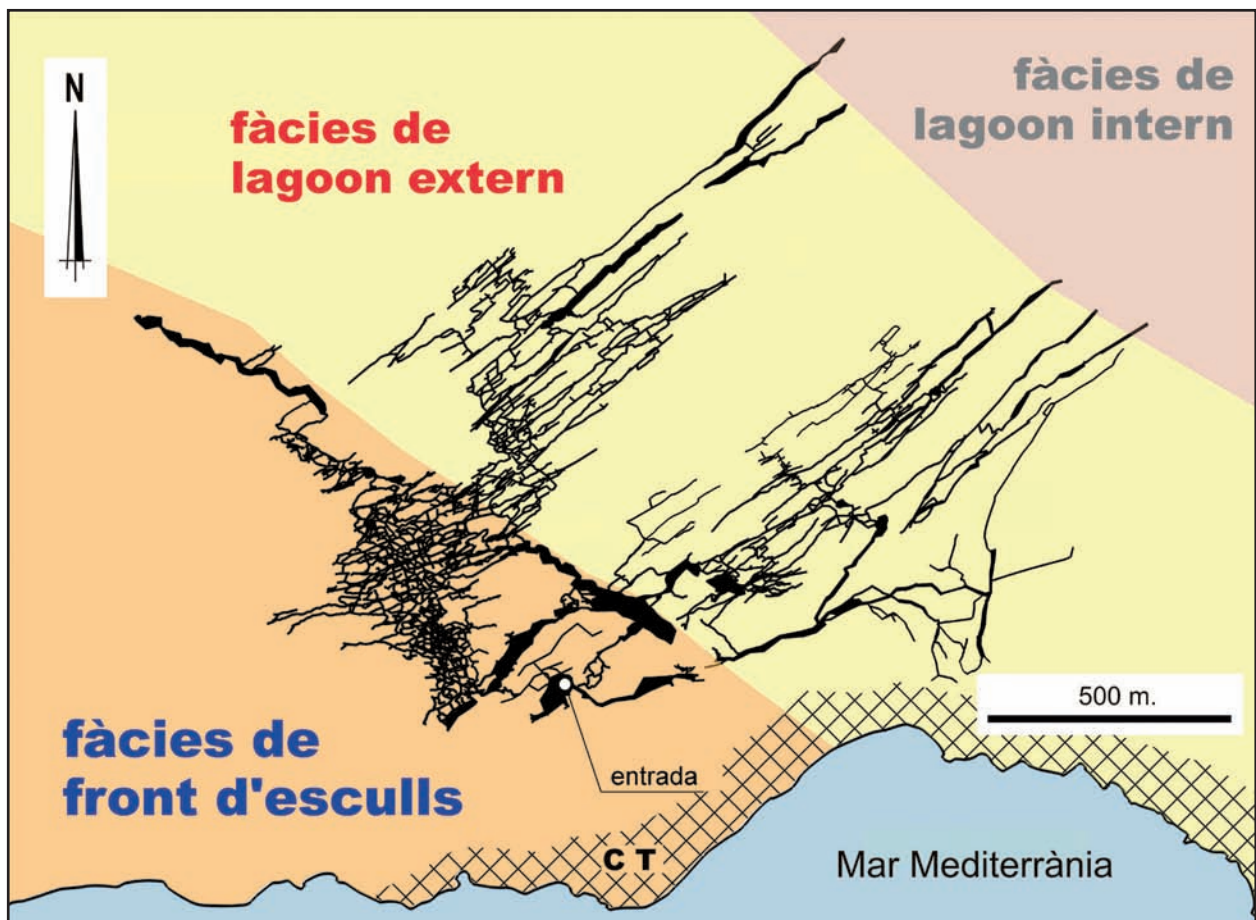


Figura 11: La topografia de la Cova des Pas de Vallgornera, en relació amb la disposició de les fàcies del Complex d'Esculls del Tortonian superior a la plataforma de Lluçmajor. CT: Complex Terminal messinià.

Figure 11: The plan of Cova des Pas de Vallgornera shows clear connection with the facies disposition within the Upper Tortonian Reef Complex in the Lluçmajor platform. CT: Messinian Terminal Complex.

treballs (MERINO, 2006, 2007a, 2007b, 2008). Els dipòsits cristal·lins documentats fins al moment a la cavitat abracen la gran majoria d'espeleotemes carbonàtics presents habitualment en les coves càrstiques (GINÉS, 1995; HILL & FORTI, 1997). En aquest sentit, estan ben representats els espeleotemes produïts pels degoteigs procedents del sòtil de la cova (estalactites de tot tipus, estalagmites, columnes i banderes), així com els precipitats generats pel flux de petites quantitats d'aigua sobre les parets i el paviment de la cavitat (colades parietals i pavimentàries). D'altra banda són remarcables, per la seva abundància i riquesa de formes, els espeleotemes de percolació localitzats en els sòtils, parets o sòls de les distintes galeries i sales, com per exemple les estalactites excèntriques o helictites, els discos, i les concrecions botrioidals. Cal ressaltar també els espeleotemes subaquàtics dipositats en condicions vadoses, com són els gours, làmines de calcita flotant, estalagmites còniques subaquàtiques, plats, cornises, etc. Finalment, és necessari remarcar la presència de tipologies d'espeleotemes no representades en altres localitats de l'illa, com és el cas de les toveres –o *cave rims*– i de les *U-loops*, per citar tan sols alguns exemples significatius (MERINO *et al.*, 2009a, 2009b; MERINO & FORNÓS, 2010b).

Una menció apart mereixen els espeleotemes subaquàtics dipositats en condicions freàtiques, en relació amb el present nivell marí o fins i tot amb antics nivells de la Mediterrània (GINÉS, 2000b; TUCCIMEI *et al.*, 2006). En aquest sentit, són ben cridaners els espeleotemes freàtics d'aragonita de superfície llisa, que delimiten bandes groguenques de cristal·litzacions en les voreres dels llacs salabrosos de la cavitat; aquests dipòsits són de cronologia clarament holocena i enregistren el nivell marí subactual (TUCCIMEI *et al.*, 2010). Altres cristal·litzacions freàtiques de calcita, amb textures rugoses, coral·loides o macrocristal·lins, corresponen a antics nivells de la Mediterrània durant l'últim interglacial –entre 81 ka i 120 ka BP– i se situen respectivament a 1,5 i 2,6 m per sobre de l'actual nivell freàtic (DORALE *et al.*, 2010).

Les formes de dissolució originades en condicions freàtiques són destacables pel que fa a la seva abundància i varietat, i poden ser relacionades amb els processos de mescla costanera tal i com s'ha proposat per a la generalitat de coves del Migjorn de l'illa (GINÉS & GINÉS, 1992, 2009). En un primer treball (MERINO, 2000), ja es feia patent la singularitat d'aquestes morfologies i es descrivien les formes presents en les zones de la cavitat aleshores conegudes, incloent la part designada com a les **Noves Extensions**. En aquest sector, així com en les zones recentment explorades, s'ha descrit una àmplia varietat de formes de corrosió: morfologies espongi-formes (*spongework*), ninxols i concavitats de dissolució (*solution pockets*), cúpules (*bell holes*), regates horitzontals (*solution notches*) amb facetes inclinades de dissolució (*facets* o *solution bevels*), sòtils ondulats de relleu suau, túnels de secció lenticular i galeries freàtiques de diversa morfologia (GRÀCIA *et al.*, 2009b; MERINO, 2006, 2007a, 2007b). També estan representats els pouets de dissolució, produïts per degoteigs en condicions vadoses, els quals assoleixen de vegades profunditats superiors al metre (MERINO, 2006).

Sediments

Un altre aspecte remarcable de la cavitat és l'existència de sediments de caràcter al·lòcton que es distribueixen en diverses zones, especialment al **Sector del Tragus**, **Sector Nord** i **Sector de Gregal**. En el primer cas, existeixen uns dipòsits molt massius i de notable potència –prop de 2 m d'espessor– consistents en llims i arenas bastant classificats que contenen, entre d'altres, restes de vertebrats endèmics extints pertanyents al gènere *Myotragus* (Figura 12); aquests materials ossis semblen tenir una cronologia que es remunta al Pliocè superior. Els altres dos sectors contenen acumulacions de llims vermells que cobreixen el sòl de moltes galeries. Finalment, és precís esmentar la presència –en distintes zones dels **Descobriments 2004**– de sediments de coloracions negrenques, rics en ferro i manganès, que podrien tenir relació amb els processos hipogènics que es tractaran tot seguit.

Els processos d'espeleogènesi hipogènica

Qualsevol observació més o manco detallada de la Cova des Pas de Vallgornera posa de manifest que es tracta d'una cavitat del tot singular, en comparació amb els fenòmens endocàrstics habituals en la regió del Migjorn de Mallorca. A més del seu excepcional recorregut, que supera els 65.000 m, alguns aspectes morfològics peculiars i l'existència de dipòsits minerals específics apunten cap a la implicació d'altres mecanismes espeleogènics, que se sumarien als processos lligats a la zona de mescla litoral (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a). En aquest sentit, una recàrrega basal de caràcter hipogènic –en el sentit enunciat per KLIMCHOUK (2007)– pareix haver jugat un paper important en l'excavació de la cova, en base a una sèrie d'evidències que es tractaran a continuació.

EL PATRÓ TOPOGRÀFIC DE LA COVA

El desenvolupament planimètric de la cavitat és realment complex i s'enquadraria en la categoria general de coves laberíntiques, que han estat estudiades en profunditat per PALMER (1991, 2007). No obstant això, el patró topogràfic de la cova no és gens homogeni ja que varia des d'una disposició ramiforme-espongi-forme, en els sectors situats cap al SW i més propers a la línia de costa, fins a un conjunt laberíntic de galeries amb un fort control estructural, en els sectors més interns de la cova. D'aquesta manera, la disposició espacial i les morfologies presents en els sectors més propers a la costa –excavats en les fàcies molt permeables de front d'esculls– són similars a les d'altres cavitats de la regió del Migjorn. Contràriament, les galeries que formen les zones més internes de la cova es corresponen amb un patró de laberint irregular 2D, generat en condicions freàtiques somes en les fàcies de *lagoon*, i on sovint

tegen les morfologies que evidenciaríen una recàrrega basal de tipus hipogènic (GINÉS *et al.*, 2009a); aquesta recàrrega no meteòrica podria estar relacionada amb l'existència d'anomalies geotèrmiques locals (LÓPEZ, 2007), a les que es farà referència més endavant. No obstant això, cal tenir present la participació d'una gens menyspreable alimentació epigènica evidenciada pels episodis de sedimentació al·lòctona abans referits, configurant un context espeleogenètic força complex en el que participen: la dissolució lligada a la zona de mescla litoral, l'alimentació profunda hipogènica i la recàrrega superficial meteòrica (GINÉS *et al.*, 2008).

LES MORFOLOGIES DE DISSOLUCIÓ ASCENDENT

Aquest conjunt de morfologies generades per fluxos ascendents –denominat en anglès *Morphologic Suite of Rising Flow*– ha estat descrit recentment per KLIMC-HOUK (2007, 2009). Per a l'esmentat autor, aquesta associació morfològica estaria lligada a mecanismes de dissolució de caràcter hipogènic provocats per fluxos d'origen profund, que generen tota una gamma de formes amb funcionalitats hidrològiques específiques. Recentment s'han publicat diversos treballs sobre la Cova

des Pas de Vallgornera (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a; GRÀCIA *et al.*, 2009b; MERINO & FORNÓS, 2010a; FORNÓS *et al.*, 2011) on es descriu aquesta associació de morfologies, integrada per punts d'alimentació (*feeders*) situats en el sòl de les galeries, formes ascendents de dissolució a les parets i sòtils (*rising wall channels*, *ceiling channels*), i punts de descàrrega localitzats als sòtils dels passatges (*outlets*, *bell holes*). També s'han descrit una sèrie de morfologies associades, que solen estar representades en les cavitats d'origen hipogènic encara que no són exclusives d'aquestes, com poden ser els envans de roca (*partitions*) i les galeries cegues (*dead ends*).

ELS DIPÒSITS MINERALS

Cal fer referència ara a determinats dipòsits minerals trobats fins al present, les característiques dels quals són singulars en comparació amb el que és habitual en altres coves de les Balears. Per una banda, ja han estat esmentats els sediments detrítics de colors negreus, rics en Mn i Fe, que apareixen en els sòls i parets inclinades de determinades galeries, alternant de vegades amb llims i argiles vermelles; en ocasions



Figura 12: En la **Galeria del Tragus** la gran acumulació de llims i sediments arenosos conté, entre d'altres, restes de vertebrats extints pertanyents al gènere *Myotragus*. (Foto: A. Merino).

Figure 12: At **Galeria del Tragus**, the massive and thick accumulation of silt and sandy deposits contains, among others, remains of extinct vertebrates belonging to the *Myotragus* genus. (Photo: A. Merino).

es presenten com a crostes negres, ben endurides, que entapissen les parets d'alguns passatges del **Sector del Tragus**. En les zones més internes de la cova s'han descrit toveres i conductes respiradors (MERINO, 2006, 2007b) que alberguen una interessant associació mineral. Les toveres consisteixen en una crosta cristal·lina que es projecta des dels límits d'un conducte respirador cap a la galeria on es localitza. Als voltants d'aquestes morfologies s'observen cristallitzacions on s'han identificat espècies minerals com huntita, celestina, guix, estroncianita, etc (MERINO *et al.*, 2009a, 2009b). Els conductes respiradors, i molt sovint les parets i sòtils de les galeries, estan cobertes per uns dipòsits de coloracions més aviat fosques de composició molt rica en Fe i Mn. Aquests dipòsits es presenten com a masses esponjoses amb aspecte de malla i amb un grossor variable que no acostuma superar els 5 mm; exhibeixen diferents colors, que van des de les tonalitats groguenques, als colors vermellorsos, negrencs, marronencs i fins i tot verdosos. Presumiblement, aquestes mineralitzacions estarien relacionades, en certa mesura, amb elements químics (Sr, Ba...) aportats pels fluxos hipogènics durant les fases inicials de l'evolució de la cavitat.

LES ANOMALIES GEOTÈRMiques DE LA PLATAFORMA DE LLUCMAJOR

Les morfologies i dipòsits minerals descrits en els paràgrafs anteriors posarien en evidència la participació de processos hipogènics en l'excavació de la cavitat (KLIMCHOUK, 2007, 2009), la hidrogeoquímica dels quals està encara per determinar. Aquests processos, que impliquen una recàrrega hídrica basal, estarien relacionats amb les anomalies geotèrmiques estudiades a l'aqüífer de la plataforma de Lluçmajor, on han estat documentades aigües termals amb temperatures superiors als 50° C (LÓPEZ, 2007; LÓPEZ & MATEOS, 2006). Els processos geoquímics que podrien estar implicats en l'espeleogènesi hipogènica d'aquest gran sistema endocàrstic abracen des del refredament d'aigües termals, fins a la recàrrega d'aigües profundes riques en CO₂, passant pels processos de mescla entre l'aqüífer meteòric costaner i les aigües d'origen profund (DUBLYANSKY, 2005; KLIMCHOUK, 2007; PALMER, 2007). Finalment, un altre procés geoquímic que podria aportar CO₂ al sistema seria l'oxidació del metà (CH₄) d'origen profund; aquest gas ha estat identificat en pous i aigües termals de la zona meridional de Mallorca (LÓPEZ, 2007).

Epíleg

La Cova des Pas de Vallgornera és una localitat única dins l'endocarst desenvolupat en les calcàries esculloses del Miocè superior, que configuren la regió natural del Migjorn de Mallorca. Com a conseqüència de l'elevat valor patrimonial natural d'aquest sistema subterrani, la cova es troba sota la tutela de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear, i fou declarada Lloc d'Inte-

rès Comunitari, dins la xarxa Natura 2000 (Directiva del Consell Europeu 92/43/CEE) i s'aprova el LIC el 2006. Malgrat aquesta situació de protecció efectiva per part de l'autoritat mediambiental autonòmica, resta encara pendent la redacció i implementació d'un pla de gestió i protecció de la cova, que salvaguardi aquesta localitat excepcional i reguli de forma clara i duradora el seu ús.

Agraïments

Les exploracions i activitats topogràfiques que s'han dut a terme han estat realitzades pel Grup Espeleològic de Llubí, la Agrupació Voltors, el Grup Espeleològic EST i el Grup Nord de Mallorca. A nivell individual s'ha d'agrair de manera especial la seva col·laboració a Pedro Calafat, Vicente Villalonga i Santi García, de l'Agrupació Voltors; a Mateu Fiol del Grup Espeleològic EST; així com a Pere Gamundí i Bernat Clamor del GNM.

S'ha de destacar la bona predisposició de la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear, en especial la tasca de Margalida Femenía, per autoritzar i recolzar les tasques efectuades a la cova, així com la seva inestimable ajuda en la protecció de la cavitat.

Les tasques d'exploració i documentació sota l'aigua s'han pogut realitzar en una primera fase d'estudi 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 2008. Part del present treball queda emmarcat dins del projecte de recerca finançat per Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

- COLLIGNON, M. (1982): Une première des spéléos namuroises a Majorque (Espagne). *Au Royaume d'Hades. Groupe Spéléo Namur-Ciney*, 2: 15-26.
- DORALE, J.A.; ONAC, B.P.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; TUCCIMEI, P. & PEATE, D.W. (2010): Sea-level highstand 81,000 years ago in Mallorca. *Science*, 327: 860-863.
- DUBLYANSKY, Y. (2005): Hydrothermal caves. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds.) *Encyclopedia of caves*. Elsevier. Academic Press. 300-305. Burlington, USA.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litología i tectònica del carst de Mallorca / Lithology and tectonics of the Majorcan karst. 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: 27-43.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2004): Balears. In: VERA, J.A. (ed.) *Geología de España*. Sociedad Geológica de España - IGME. 450-464. Madrid.
- FORNÓS, J.J.; MERINO, A.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2011): Solutional features and cave deposits related to hypogene speleogenetic processes in a littoral cave of Mallorca Island (western Mediterranean). *Carbonates and Evaporites*, 26 (1): 69-81.
- GINÉS, A. (1995): Els espeleotemes de les coves de Mallorca / The speleothems of Majorcan caves. 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: 87-97.

- GINÉS, A. (2000a): Patterns of collapse chambers in the endokarst of Majorca (Balearic Islands, Spain). *Acta Carsologica*, 29 (2): 139-148.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, J. (2000b): *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. Inèdita.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogènica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- 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.
- 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, Ucraïna.
- 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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerrville, USA.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; PO-COVÍ, J. & PERELLÓ, M.A. (2009a): 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.; FORNÓS, J.J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B. & PO-COVÍ, 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.
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *Cave minerals of the World*. National Speleological Society, 238 pp. Huntsville, USA.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective*. National Cave and Karst Research Institute. Special paper 1. 106 pp. Carlsbad, USA.
- KLIMCHOUK, A.B. (2009): Morphogenesis of hypogenic caves. *Geomorphology*, 106: 100-117.
- LÓPEZ, J.M. (2007): *Las manifestaciones hidrotermales del sur de Llucmajor, Mallorca*. Memoria d'Investigació. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 132 pp. Inèdita.
- LÓPEZ, J.M. & MATEOS, R.M. (2006): Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la plataforma de Llucmajor y la cubeta de Campos (Mallorca). *Las aguas subterráneas en los países Mediterráneos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 17: 607-613. Madrid.
- MERINO, A. (1993): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 19: 17-23.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70.
- MERINO, A. (2007a): Algunos espeleotemas poco habituales hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. Nuevas observaciones. *Endins*, 31: 111-116.
- MERINO, A. (2007b): Solutional sculpturings and uncommon speleothems found in the Cova des Pas de Vallgornera, Majorca, Spain. *NSS News*, 65 (9): 14-20.
- MERINO, A. (2008): Nueva aportación al conocimiento de los espeleotemas y morfologías existentes en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins* 32: 43-48.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010a): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphological Suite of Rising Flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 87-102.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010b): Presencia de Pool Fingers y U-loops en la Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca, España). *Endins*, 34: 103-107.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (2009a): Preliminary data on mineralogical aspects of cave rims and vents in Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. In: White, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 307-311. Kerrville, USA.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. & ONAC, B. (2009b): Datos preliminares sobre la mineralogía de los precipitados asociados a los respiraderos y toberas existentes en la Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca). *Endins*, 33: 99-104.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilómetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48.
- 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.
- 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.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2009c): Cova des Pas de Vallgornera: an exceptional littoral cave from Mallorca Island (Spain). In: WHITE, W.B. (ed.) *Proc. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 522-527. Kerrville, USA.
- PALMER, A.N. (1991): Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 1-21.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave Books. 454 pp. Dayton, Ohio, USA.
- POMAR, L.; ESTEBAN, N.; CALVET, F. & BARÓN, A. (1983): La Unidad Arrecifal del Mioceno Superior de Mallorca. In: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J.J. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (eds.) *El Terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca* 83. Institut d'Estudis Balears. Universidad de Palma de Mallorca. 139-175. Palma.
- POMAR, L.; WARD, W.C. & GREEN, D.G. (1996): Upper Miocene reef Complex of the Llucmajor area, Mallorca, Spain. In: FRASEEN, E.; ESTEBAN, M.; WARD, W.C. & ROUCHY, J.M. (eds.) *Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of the Mediterranean regions*. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology, 5: 191-225.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 (1): 1-21.
- TUCCIMEI, P.; SOLIGO, M.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; KRAMERS, J. & VILLA, I.M. (2010): Constraining Holocene sea levels using U-Th ages of phreatic overgrowths on speleothems from coastal caves in Mallorca (Western Mediterranean). *Earth Surface Processes and Landforms*, 35 (7): 782-790.

EVIDÈNCIES MORFOLÒGIQUES DE PROCESSOS HIPOGÈNICS A CAVITATS DE MALLORCA

per Antoni MERINO ^{1,2}, Joaquín GINÉS ^{2,3} i Joan J. FORNÓS ²

Abstract

Until very recently, most of the caves in Mallorca were considered to be of epigenic origin, where the endokarst phenomena was mainly originated by the circulation of meteoric waters carrying biogenic CO₂, and by different speleogenetic mechanisms associated to the littoral mixing zone along with extensive breakdown processes. The breakthroughs achieved along the last years have contributed not only to identify new morphologies, but also to distinguish a new speleogenetic process hitherto unknown in Mallorca: the hypogenic speleogenesis, related to a water recharge of deep origin. To address challenging questions regarding with it, a detailed investigation of suspicious caves harbouring hypogenic evidences was carried out, yielding unexpected data. In this paper, special attention is given to the morphological signs found predominantly in caves located within the south-western sector of Migjorn karst region and surrounding area. The following morphologies have been documented: a morphologic suite of rising flow integrated by feeders, rising wall channels and outlets; dead ends; partitions; the associations of cave rims–vents and bubble trails–folia; as well as likely condensation-corrosion features in the form of bell-holes and small subspherical chambers.

Resum

Fins fa pocs anys es considerava que la majoria de les cavitats de Mallorca tenien un origen epigènic, en el que les formes endocàrstiques estaven relacionades principalment amb la infiltració d'aigües meteòriques que portaven en dissolució CO₂ d'origen biogènic, i també amb diferents mecanismes espeleogenètics associats a la zona litoral de mescla d'aigües i a importants processos d'esfondrament i reajustament de les voltes. Les noves troballes realitzades en els darrers anys han servit no tan sols per identificar noves formes, sinó que també ens han permès distingir un nou mecanisme espeleogenètic, desconegut fins a la data a Mallorca: l'espeleogènesi hipogènica, relacionada amb una recàrrega hídrica d'origen profund. Amb l'objectiu d'aclarir els possibles dubtes relacionats amb aquesta temàtica, es va dur a terme una recerca detallada a aquelles cavitats susceptibles de presentar evidències dels esmentats processos, donant aquestes investigacions uns resultats inesperats. En aquest treball es posarà un èmfasi especial en les evidències morfològiques, trobades en la seva major part en cavitats situades al sector sudoccidental de la regió càrstica del Migjorn de Mallorca i la seva àrea circumdant. Les formes que s'han documentat són les següents: conjunts morfològics de flux ascendent formats per punts d'alimentació (*feeders*), canals ascendents de paret (*rising wall channels*), i punts de descàrrega (*outlets*); galeries cegues (*dead ends*); envans de roca (*partitions*); els binomis tovera–respirador i canals de desgasificació (*bubble trails*)–*folia*; així com possibles evidències de processos de condensació–corrosió en forma de cúpules (*bell-holes*) i petites sales subsfèriques.

Resumen

Hasta hace pocos años, se consideraba que la mayoría de las cavidades de Mallorca tenían un origen epigénico, donde las formas endokársticas estaban relacionadas principalmente con la infiltración de aguas meteóricas llevando en disolución CO₂ de origen biogénico, así como con diferentes mecanismos espeleogenéticos asociados a la zona litoral de mezcla de aguas y a importantes procesos de hundimiento y reajuste de bóvedas. Los descubrimientos realizados a lo largo de los últimos años han servido no solo para identificar nuevas morfologías, sino que también han permitido distinguir un nuevo mecanismo espeleogenético, desconocido hasta la fecha en Mallorca: la espeleogénesis hipogénica, relacionada con una recarga hídrica de origen profundo. Con el objetivo de aclarar las dudas relacionadas con este tema, se llevó a cabo una investigación detallada de aquellas cavidades que pudieran contener evidencias de los citados procesos, dando unos resultados inesperados. En este artículo se pone un énfasis especial en las evidencias morfológicas, halladas mayoritariamente en cavidades situadas en el sector sudoccidental de la región kárstica del Migjorn y en su área circundante. Las morfologías que se han documentado son las siguientes: conjuntos morfológicos de flujo ascendente formados por puntos de alimentación (*feeders*), canales ascendentes de pared (*rising wall channels*), y puntos de descarga (*outlets*); galerías ciegas (*dead ends*); tabiques de roca (*partitions*); los binomios tobera–respiradero y canales de desgasificación (*bubble trails*)–*folia*; así como posibles evidencias de procesos de condensación–corrosión en forma de cúpulas (*bell-holes*) y pequeñas salas subsféricas.

1 Grup Espeleològic de Llubí (Mallorca).

2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les

Illes Balears. Ctra de Valldemossa, km 7.5. 07122 Palma (Mallorca).

3 Grup Espeleològic EST. Palma (Mallorca).

Introducció

Fins a dates relativament recents l'espeleogènesi de les cavitats de Mallorca s'havia considerat lligada a processos epigenètics (GINÉS, 1995), on els sistemes endocàrstics es formen principalment per la infiltració directa de les aigües meteòriques carregades de CO₂ d'origen edàfic i atmosfèric, o per la recàrrega procedent de les formacions superficials i/o dipòsits no carstificables, mostrant sempre una relació amb la topografia exterior. En general les cavitats desenvolupades d'aquesta manera tenen una connexió hidrològica amb la superfície que correspon, normalment, amb les entrades dels mateixos sistemes subterranis. S'hi ha d'afegir a això els processos de distensió mecànica que afecten a les elevacions de les serres mallorquines i que donen lloc a cavitats d'origen mecànic, amb poca o nul·la intervenció dels mecanismes de carstificació. Al mateix temps, i per mor de les característiques geològiques, i especialment litològiques, de les illes que mostren una gran presència de dipòsits tabulars, formats en la seva major part per plataformes de calcarenites d'edat Miocè superior i que es disposen a llarg de bona part de la costa, existeixen uns altres processos espeleogenètics relacionats amb la mescla d'aigües d'origen meteòric i aigües d'origen marí a la franja litoral. Aquests processos duen associada una evolució que implica fases en les que la dissolució dels materials provoca inestabilitats locals que donen lloc a esfondraments i reajustaments en les voltes dels buits generats prèviament, creant sales de col·lapse molt freqüents a l'endocarst de Mallorca (GINÉS *et al.*, 1992; GINÉS & GINÉS, 2007, 2009).

En el decurs dels darrers anys s'han formulat noves teories espeleogenètiques, recolzades per investigacions realitzades en diversos països, on es defineixen nous mecanismes generadors de cavitats que se relacionen amb la circulació transversal de fluids ascendents d'origen profund (KLIMCHOUK, 2007, 2009). L'agressivitat d'aquells fluids correspon a les seves característiques geoquímiques lligades al caràcter profund de la recàrrega (PALMER, 1991, 2000, 2007), que aporta concentracions elevades de CO₂ no biogènic, H₂S o CH₄, a més de tota la munió de processos geoquímics associats al geotermalisme (DUBLYANSKY, 2000, 2005). Es tracta d'un complex entrellat de processos que es designen actualment com a espeleogènesi hipogènica.

Pel que fa referència a l'endocarst de Mallorca, diversos autors ja han deixat constància de l'existència de formes que estarien associades a processos hipogènics en diferents cavitats. Per una part, GINÉS *et al.* (2006) en un estudi sobre la Cova Nova de Son Lluís a Porreres, observen i descriuen la presència de cúpules i morfologies esfèriques que podrien tenir un origen hidrotermal. Posteriorment diversos treballs duts a terme a la Cova des Pas de Vallgornera, a Lluçmajor (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b; MERINO *et al.*, 2010; FORNÓS *et al.*, 2011), han aportat noves dades que d'una manera molt aclaridora posen de manifest l'existència de formes que indicarien la participació de processos hipogènics en la gènesi de la cavitat.

A aquest fet se li han d'afegir els estudis duts a terme sobre les anomalies geotèrmiques presents a l'aqüífer de la plataforma de Lluçmajor (LÓPEZ *et al.*, 2004; LÓPEZ & MATEOS, 2006). Així, els sondeigs de captació d'aigües realitzats en zones properes a aquesta localitat, d'uns 100 m de profunditat, han posat de manifest l'existència d'aigües termals amb unes temperatures que arriben als 51,6° C. Per als autors esmentats aquests fenòmens hidrotermals estan relacionats amb importants falles normals amb una orientació SW-NE. Aquestes fractures permetrien l'ascens d'aigües termals d'origen profund que a la llarga es mesclarien amb l'aqüífer lliure del Miocè superior de la plataforma tabular de Lluçmajor i també de la cubeta de Campos. Tots aquests fets han provocat que es dugui a terme una revisió molt més acurada de les cavitats de la zona compresa entre la plataforma de Lluçmajor i Campos, a la que hi podríem afegir alguna cavitat de la zona de Manacor i altres del municipi de Porreres. Per tot això, i a l'espera de completar la revisió sistemàtica de l'endocarst desenvolupat en la citada àrea, s'han documentat noves morfologies, espeleotemes i dades que aporten una nova visió sobre la importància i extensió de l'espeleogènesi lligada a processos d'origen hipogènic i hidrotermal a l'illa de Mallorca. Aquest conjunt de formes documentades fins a l'actualitat està constituït, per una banda, per un conjunt de formes relacionades amb fluxos ascendents –*morphologic suite of rising flow*– integrat per punts d'alimentació (*feeders*), morfologies de sostre i paret, així com per punts de descàrrega (*outlets*) (KLIMCHOUK, 2007, 2009; MERINO *et al.* 2010). A aquest conjunt se'ls hi hauria d'afegir uns espeleotemes denominats toveres (*cave rims*) i respiradors (*vents*), que estan relacionats amb moviments convectius de l'aire entre diferents nivells de la cavitats (MERINO, 2006).

Per altra banda hi haurien els solcs de desgasificació, *bubble trails* (PALMER, 2007), que presenten similituds morfològiques amb els canals ascendents de paret, *rising wall channels*, però en els que la seva gènesi està lligada a fluids ascendents en els que s'hi ha produït un alliberament gasós de CO₂ en condicions evidentment freàtiques (CHIESA & FORTI, 1987; AUDRA *et al.*, 2002, 2009a, 2009c). Relacionat amb aquest mecanisme de generació de bombolles de CO₂, s'ha posat en evidència l'existència d'un espeleotema denominat *folia* amb una morfologia molt peculiar i inconfusible (HILL & FORTI, 1997; PALMER, 2007). Aquest binomi *bubble trails* – *folia* n'és una clara indicació dels processos d'espeleogènesi hipogènica produïda per desgasificació de CO₂ (AUDRA *et al.*, 2009a).

Finalment, s'han trobat formes esfèriques i cúpules a sostres de cavitats en les que la seva gènesi podria estar associada amb fenòmens convectius i de condensació-corrosió, induïts per la presència de llacs subterranis d'aigües més o menys calentes que provocarien l'existència de cèl·lules convectives que intercanviarien calor i aigua entre zones diferents de la cavitat (AUDRA *et al.*, 2007). L'aire calent i humit que ascendeix des de la superfície del llac es refreda en entrar en contacte amb les parets i els sostres produint condensació. Aquesta aigua a la vegada es capaç de dissoldre quantitats variables de CO₂ procedent de l'atmosfera de la cova,

provocant l'increment de la seva agressivitat i, en estar en contacte íntim amb la roca calcària, la va dissolent (DREYBRODT *et al.*, 2005). Els majors fenòmens de condensació –i el desenvolupament més evident de les esferes i cúpules– es donen als sostres de les galeries o pous d'aquelles cavitats que contenen llacs d'aigües termals i estan properes a la superfície, al ser els llocs on existeix una major diferència de gradient tèrmic. La presència de cúpules és un fet molt comú en les cavitats d'origen hidrotermal o hipogènic en general (OSBORNE, 2004) i acostumen anar acompanyades d'altres evidències que remarquen aquesta possible gènesi, tals com les regates de corrosió (*wall notches*), concavitats de sostre (*ceiling pockets*), ponts de roca (*rock bridges*) etc. Existeixen altres treballs a la literatura científica, en relació amb l'origen d'aquestes morfologies subesfèriques, que postulen la dissolució per aigües termals (BAC-MOSZASWILL & RUDNICKI, 1978; RUDNICKI, 1978; DUBLYANSKY, 1980), o la dissolució per convecció produïda per fluids amb diferents gradients de densitat en condicions freàtiques (CURL, 1966). És possible que tant les cúpules com les formes esfèriques siguin poligèniques i que la seva formació estigui lligada a més d'un procés, depenent de cada situació particular (OSBORNE, 2004). Per altre banda, altres autors (MYLROIE & MYLROIE, 2009) han posat en dubte el caràcter diagnòstic de bona part de les formes atribuïdes a l'espeleogènesi hipogènica, al estar també representades en ambients freàtics de poc dinamisme, com és el cas de la carstificació litoral associada amb la zona de mescla marina; de totes maneres, el caràcter hipogènic d'algunes formes específiques, com són els canals ascendents i *bubble trails*, resulta força evident i per tant difícil de qüestionar.

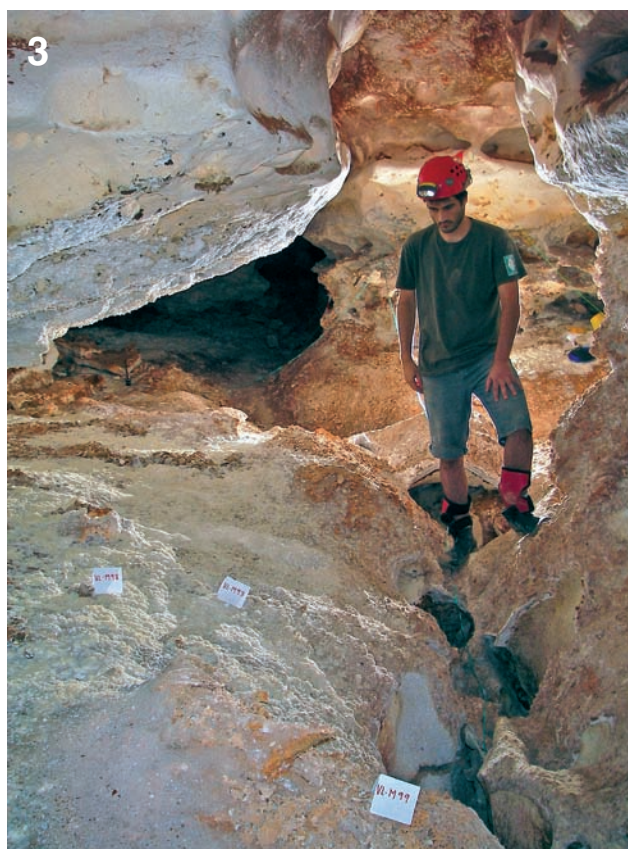


Figura 1: Cova des Pas de Vallgornera. Grup de tres respiradors que presenten les seves parets calcàries recobertes d'un nivell d'alteració i dipòsits minerals. S'hi poden observar toveres formades per unes cristallitzacions de color blanc al voltant de la seva boca. (Foto A. Merino).

Figure 1: Cova des Pas de Vallgornera. Group of three vents showing their walls covered in weathered limestone and mineral deposits. Cave rims formed by white crystallizations can be clearly seen around their lips. (Photo A. Merino).

Figura 2: Antic punt d'alimentació (*feeder*) situat en el terra d'una galeria de la Cova des Pas de Vallgornera. Actualment es tracta d'un respirador (*vent*) que en fases anteriors i en condicions freàtiques va actuar com a punt d'alimentació (*feeder*). S'hi pot apreciar la seva forma tubular i els dipòsits multicolors adossats a les seves parets. Es tracta d'un fet molt comú a la cavitat on és molt fàcil trobar nombrosos exemples. (Foto A. Merino).

Figure 2: Former feeder located in the floor of a passage in Cova des Pas de Vallgornera. 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 3: Fractura sobre la que s'observa un conjunt de punts d'alimentació (*feeders*), en el trespol d'una galeria de la Cova des Pas de Vallgornera. (Foto A. Merino).

Figure 3: Group of feeders developed along a fissure in the floor of a gallery in Cova des Pas de Vallgornera. (Photo A. Merino).

La dicotomia canals ascendents de paret, *rising wall channels*, i *bubble trails*

A treballs anteriors publicats sobre les diferents formes de corrosió existents a la Cova des Pas de Vallgornera, es fa menció dels *bubble trails* (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b). Es tracta d'uns canals de dissolució desenvolupats sobre les parets verticals o sobreplomades, i que han estat provocats per l'alliberació gasosa de CO₂ en condicions evidentment freàtiques (CHIESA & FORTI, 1987), com a conseqüència de la disminució de la pressió en anar decreixent la profunditat durant l'ascens de les aigües d'origen profund, carregades amb diòxid de carboni en dissolució. Aquest alliberament de gas dissolt es produeix a una profunditat determinada per a una concentració donada de CO₂ (PALMER & PALMER, 2000; PALMER, 2007), la qual cosa suposa que per a concentracions mitjanes de gas la formació de bombolles s'acostuma a produir pocs metres per davall del nivell freàtic. Això implica que les formes ascendents de dissolució tipus *bubble trails* es deuen produir en nivells clarament estratificats, a no ser que s'hagin estat produït de forma continuada en el temps amb diferents cotes del nivell freàtic. Aquesta estratificació no es dona de forma clara i inequívoca a la cavitat, ja que les formes de dissolució ascendent es troben pràcticament en tots els nivells i cotes, tan en els sectors subaquàtics, situats uns quants metres per davall del nivell de l'aigua, com en la zona de fluctuació del nivell freàtic, uns quants metres per damunt d'aquest; i també presenten un desenvolupament molt significatiu en el nivell superior de la cavitat que va des dels +5 fins als +10 m sobre el nivell freàtic actual; podem afirmar, per tant, que presenten una àmplia distribució vertical al llarg de tota la cova. Per altra banda, i pel que fa referència a les diferents formes i mides dels canals ascendents de dissolució, aquests no mostren un determinat patró per a un nivell concret sinó que, tal i com succeeix amb la seva distribució, es presenten combinats en tots els sectors de la cavitat.

Segons AUDRA *et al.* (2002) la pèrdua de CO₂ en un fluid ascendent donaria lloc a una aigua supersaturada en CaCO₃ la qual cosa provocaria la precipitació de tot un seguit de dipòsits i espeleotemes:

- Entre aquests i donada la seva particular relació amb les *bubble trails* destacarien les *folia*, amb una forma inconfusible i on la seva presència sembla estar quasi exclusivament relacionada amb un context hipogènic que inclouria l'alliberament de bombolles de diòxid de carboni a poca profunditat (AUDRA *et al.*, 2009a). L'aspecte d'aquest espeleotema és conseqüència, per una banda, d'una forta pèrdua de CO₂ que té lloc per davall del nivell freàtic, així com de l'existència de parets sobreplomades i el confinament de bombolles de diòxid de carboni que provoca la precipitació de calcita als voltants de les mateixes.
- Pinacles coral·loides subaquàtics, *tower coral*.
- Estalagmites còniques subaquàtiques, *cave cones*, i calcita flotant, *cave rafts*.

D'aquests dos últims espeleotemes, només s'han localitzat a la Cova des Pas de Vallgornera alguns exemplars d'estalagmites còniques subaquàtiques i acumulacions de calcita flotant, de forma majoritària d'origen vadós, en punts concrets i quasi sempre relacionats amb *gours* que tenen les seves aigües sobresaturades en carbonat càlcic. Els pinacles coral·loides subaquàtics han estat trobats, de moment, tan sols en un tram de la Galeria del Tragus (MERINO *et al.*, 2008), on hi ha una espècie de cubeta, actualment seca, amb les parets recobertes d'una capa d'aragonita que es va dipositar en règim freàtic (MERINO, 2006). Fins ara no s'ha localitzat cap exemplar ni conjunt de *folia*, en tots els més de 65 km de recorregut que té la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2009a). Tot això, juntament amb l'omnipresència en tots els nivells dels canals ascendents de corrosió i la manca de dipòsits massius de calcita flotant en les seves diferents formes, du a pensar que la gènesi de la major part d'aquestes formes estaria relacionada amb l'ascens de fluxos hipogènics molt agressius, més que amb l'alliberament de bombolles de diòxid de carboni. Tot i això, és molt probable que en alguns estadis durant tota la prolongada gènesi de la cavitat s'hagin produït fenòmens d'alliberament de bombolles de CO₂ procedents d'aigües profundes. Per contra a la Cova de s'Ònix, s'ha pogut documentar la presència de *folia* i d'un grup de canals de desenvolupament ascendent, que es presenten tan sols a un nivell concret de la cavitat i que es podrien correspondre clarament amb *bubble trails*.

Les cavitats amb evidències hipogèniques

Els fenòmens endocàrstics que fins avui presenten plausibles evidències d'aquests processos es localitzen, pràcticament en la seva totalitat, en el sector meridional de Mallorca, concretament en la plataforma de Lluçmajor i la seva extensió vers la cubeta de Campos, així com en algunes elevacions properes a aquesta àrea. Tan sols una cavitat es localitza fora d'aquestes zones, a les rodalies de Portocristo. Les localitats investigades i les evidències observades les passem seguidament a descriure.

COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Lluçmajor)

Aquesta cova és en l'actualitat el fenomen espeleològic de major extensió a la illa de Mallorca, superant els 65 km de desenvolupament, i està situada a la Marina de Lluçmajor en la zona costanera que s'estén des de Cala Pi a s'Estanyol. S'inicia amb una successió de sales que arriben al nivell freàtic i que comuniquen amb unes espectaculars galeries aquàtiques, que a la vegada connecten amb un sector format per grans sales; des d'aquest punt, es desenvolupen tot un seguit de conductes laberíntics de diferents dimensions, existint també galeries de gran longitud estructurades sobre fractures de direcció NW-SE. En línies generals la cavitat s'estructura en tres nivells clarament diferenciats, un situat al voltant del nivell freàtic amb abundants galeries

inundades, un altre a uns 11 m sobre l'anterior on són abundants les xarxes laberíntiques de galeries, així com un tercer format per passatges subaquàtics.

Aquesta cavitat conté un nombre important de formes certament peculiars entre les que s'hi troben les toveres, *cave rims*, i els respiradors, *vents*, que es troben distribuïts per diferents sectors (Figura 1). Les toveres són projeccions minerals amb aspecte de copinya que presenten dues cares netament diferenciades: el costat orientat cap a la galeria és rugós i amb textura lleugerament coral·loide, mentre que el localitzat prop del respirador és llis i mostra en la seva superfície clares evidències de corrosió. Les toveres es desenvolupen normalment sobre la part superior d'una altra forma que denominem respirador, que consisteix en un estret tub, quasi sempre impenetrable, que uneix dos nivells diferents de galeries. Les parets dels respiradors són llises i estan cobertes de roca calcària molt alterada i diversos precipitats minerals (MERINO *et al.*, 2009a, 2009b).

En aquesta cova s'han documentat els millors exemples de conjunts morfològics de flux ascendent, *Morphologic Suite of Rising Flow* (KLIMCHOUK, 2007, 2009), formats per punts d'alimentació (*feeders*), formes de sostre i paret (*rising and ceiling channels*) i punts de descàrrega (*outlets*), a més d'altres formes que impliquen una gènesis similar com són les galeries cegues (*dead ends*) o els envans de roca (*partitions*) (MERINO *et al.*, 2010; FORNÓS *et al.*, 2011).

Punts de alimentació (*feeders*)

Es tracta de conductes, en general verticals o subverticals, mitjançant els quals els fluids més lleugers i agressius circulen en sentit ascendent des d'un nivell basal o inferior fins a un altre situat directament per sobre d'ell. Aquesta forma es localitzaria en la part inferior del sistema de flux transversal (KLIMCHOUK, 2007).

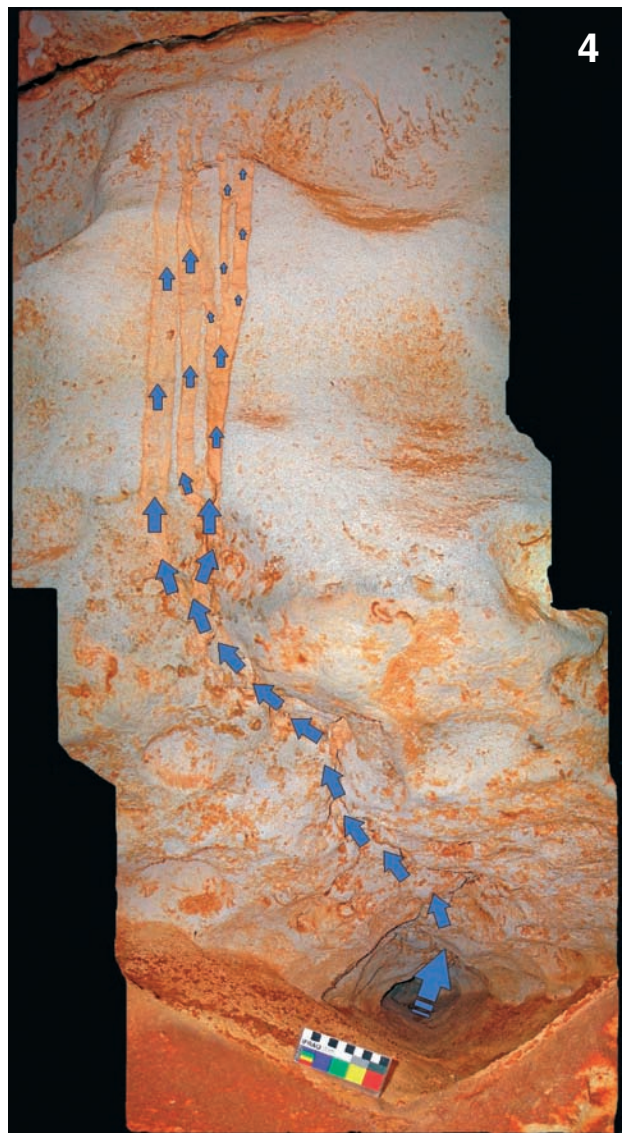
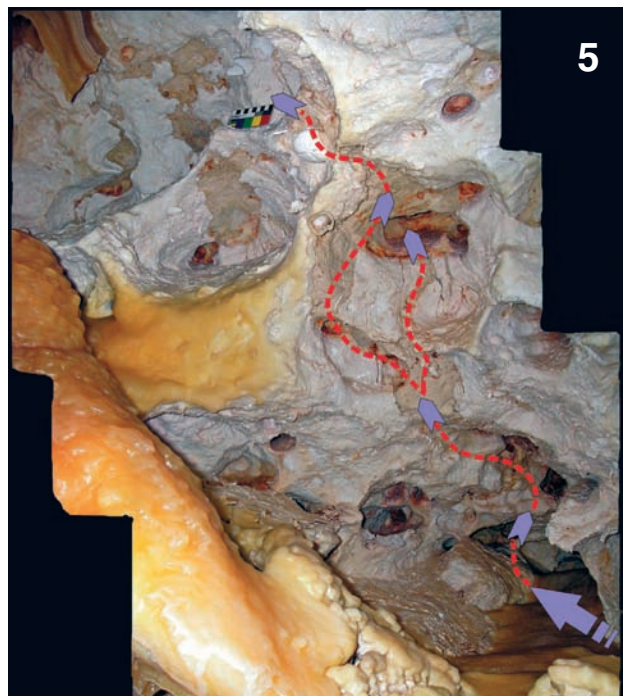


Figura 4: Punt d'alimentació (*feeder*) lateral a la Cova des Pas de Vallgornera. En la foto s'hi pot apreciar un complet conjunt de formes hipogèniques de flux ascendent. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos hipogènics en tot el seu recorregut. (Foto A. Merino).

Figure 4: Side feeder in Cova des Pas de Vallgornera. A complete set of hypogenic morphologies of rising flow is plainly observed. Arrows indicate the hypogenic flow direction along its path. (Photo A. Merino).

Figura 5: Cova des Pas de Vallgornera. Canals ascendents de dissolució que afecten a un conjunt de *wall pockets* i *ceiling pockets*. Es pot apreciar com des d'un petit punt d'alimentació (*feeder*) lateral, s'ha generat un canal (es pot observar clarament tot el seu recorregut pel canvi de color) que recorre el sostre i penetra en una petita concavitat on el flux és concentrat dins la zona més voltada; es crea així un nou solc que el comunica amb una concavitat veïna, repetint-se en diverses ocasions el mateix procés. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos hipogènics en tot el seu recorregut. (Foto A. Merino).

Figure 5: Cova des Pas de Vallgornera. 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 flow direction along its path. (Photo A. Merino).



En aquesta cavitat aquest conjunt de formes es troba representat pels *feeders* puntuals, *feeders* amb aspecte d'esquerda o fractura i *feeders* laterals. Aquestes formes es desenvolupen en general en el trespol de galeries i estan distribuïts de forma aïllada per nombrosos punts de la cova.

Els *feeders* puntuals (Figura 2) acostumen a presentar una boca d'aspecte el·líptic i en alguns casos circular; les seves dimensions són molt variables anant des d'uns pocs decímetres fins a 1 m de diàmetre major. La part interna presenta una forma tubular d'aspecte irregular. Els *feeders* amb aparença de fractura o esquerda



Figura 6: Canals ascendents de dissolució generats a partir d'una fractura en una paret sobrepomada de la Cova des Pas de Vallgornera. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos hipogènics durant el seu recorregut. (Foto A. Merino).

Figure 6: Rising wall channels generated from a fracture on an overhanging wall in Cova des Pas de Vallgornera. Arrows indicate the hypogenic flow direction along its path. (Photo A. Merino).

Figura 7: Cova des Pas de Vallgornera. Canals ascendents de dissolució de petita longitud desenvolupats a partir de petits punts en les parets de les diferents concavitats. (Foto A. Merino).

Figure 7: Cova des Pas de Vallgornera. Short rising solutional channels developed from tiny points located in wall pockets. (Photo A. Merino).

Figura 8: Espectacular canal de sostre amb nombroses cúpules i concavitats associades. S'hi pot observar com una diàclasi ben visible al sostre d'una galeria de la Cova des Pas de Vallgornera, en condiciona el desenvolupament del canal i de les cúpules. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos hipogènics durant el seu recorregut. (Foto A. Merino).

Figure 8: Stunning ceiling channel with a great deal of associated cupolas and pockets. The visible fracture in the ceiling of a passage in Cova des Pas de Vallgornera rules the channel and cupolas development. Arrows indicate the hypogenic flow direction along its path. (Photo A. Merino).

Figura 9: Canal de sostre molt evident condicionat per l'existència d'una fractura. Cova des Pas de Vallgornera. (Foto A. Merino).

Figure 9: Particularly pronounced ceiling channel controlled by a fracture. Cova des Pas de Vallgornera. (Photo A. Merino).

(Figura 3) arriben a tenir alguns metres de longitud, i es perllonguen al llarg de nombroses galeries on formen el trespol irregular de les mateixes, arribant en alguns casos a tenir fins a 1 m d'amplada.

En la zona de la cavitat coneguda com a Sector F, situada uns 5 m per sobre del nivell freàtic, s'han localitzat galeries que es troben superposades sobre unes altres del Sector del Clypeaster (MERINO *et al.*, 2008);

aquelles presenten en el trespol conjunts de *feeders* puntuals i altres de tipus fractura que posarien en comunicació ambdós nivells de galeries a través dels *outlets* localitzats en el sostre de les galeries del nivell inferior.

Finalment els *feeders* laterals (Figura 4) estan distribuïts per quasi tots els sectors de la cavitats i en els seus diferents nivells. Es tracta de formes localitzades en les parets de les galeries a diferents altures, forma-

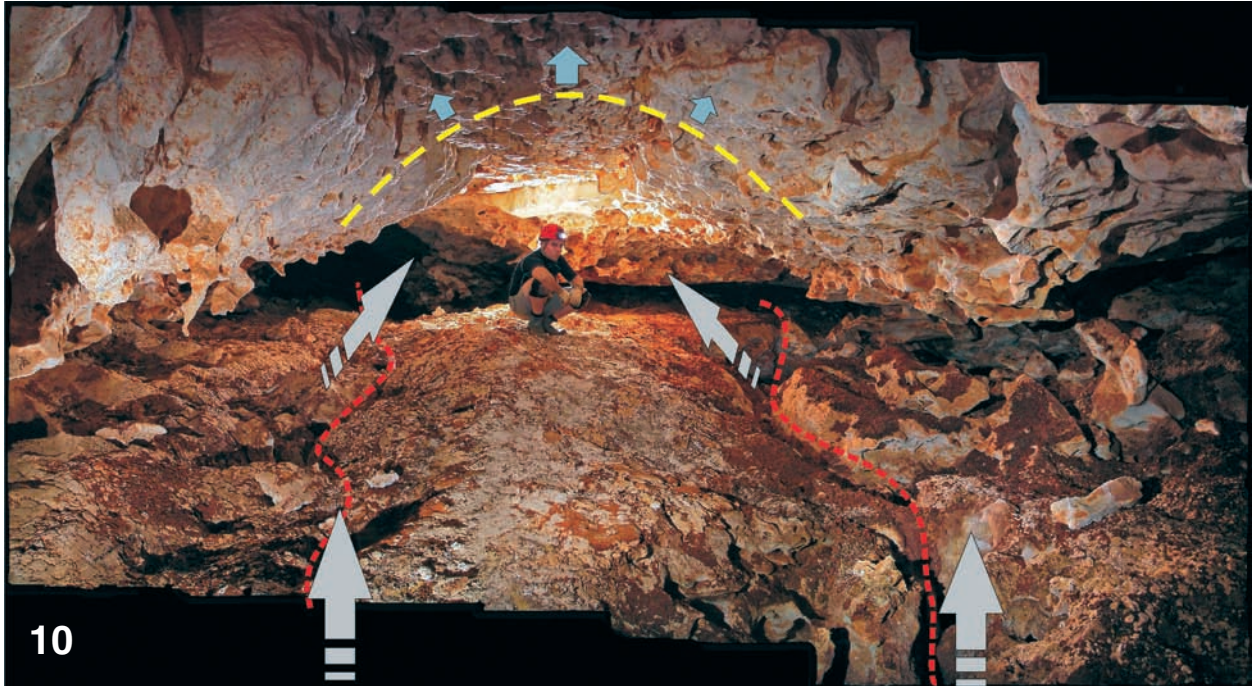


Figura 10: Cova des Pas de Vallgornera. Canal de sostre de dimensions considerables que presenta un avançat estat de desenvolupament per la individualització dels *pendants*. En el trespol, a ambdós costats de la foto s'hi poden apreciar dos punts d'alimentació relacionats amb fissures (*fissure-feeders*) que es prolonguen uns quants metres al llarg de la galeria. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos hipogènics durant el seu recorregut. (Foto A. Merino).

Figure 10: Cova des Pas de Vallgornera. 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 flow directions along its path. (Photo A. Merino).



Figura 11: Anastomosis de canals de sostre i *pendants* individualitzats a una galeria de la Cova des Pas de Vallgornera. (Foto A. Merino).

Figure 11: Anastomoses of ceiling channels and isolated pendants in a passage of Cova des Pas de Vallgornera. (Photo A. Merino).



Figura 12: Conjunt de cúpules i punts de descàrrega (*outlets*) de mida petita en el nivell superior de la Cova des Pas de Vallgornera. Les cúpules de major mida representen exemples de punts de descàrrega poc desenvolupats (*underdeveloped outlets*) ja que són formes tancades sense continuïtat cap a nivells superiors. (Foto A. Merino).

Figure 12: Group of cupolas and small-scale outlets located at the upper level of Cova des Pas de Vallgornera. The largest cupolas provide examples of underdeveloped outlets on account of being closed morphologies with no continuities to upper levels. (Photo A. Merino).

Figura 13: Punt de descàrrega (*outlet*) de mitjana dimensió situat a pocs metres sobre el nivell freàtic actual de la Cova des Pas de Vallgornera, vist de forma vertical des de la seva part inferior. A les parets s'hi observa un grup de canals de dissolució ascendents estrets. (Foto A. Merino).

Figure 13: Medium-sized outlet located a few metres above the current phreatic level of Cova des Pas de Vallgornera, viewed vertically from below. An assemblage of tiny rising channels is seen on the walls. (Photo A. Merino).

des per conductes de dimensions variables, que poques vegades excedeixen 1 m d'eix màxim, essent la seva part més interior de dimensions menors que la part externa. És possible observar com el conducte desenvolupat des d'un punt en el interior de la roca va guanyant amplada i altura fins arribar a la galeria. La secció d'aquests tubs és variable, trobant-se des de formes més o menys circulars, subrectangulars fins a romboïdals; a sostre d'aquests conductes existeix un solc que a modus d'esquerda o canal posa en comunicació la part més interna d'aquesta forma amb la paret de la galeria.

Formes de sostre i paret: canals ascendents de paret (*rising wall channels*), cúpules i canals de sostre (*ceiling channels*)

Les formes de sostre i parets inclouen entre d'altres, canals ascendents de dissolució (*rising wall channels*), cúpules i canals de sostre (*ceiling channels*); aquestes estructures connecten els *feeders* amb els *outlets*, essent per tant formes que indiquen un flux en sentit ascendent (KLIMCHOUK, 2007). Aquestes formes són molt abundants en tota la cavitat, on hi destaca l'abundància de canals de sostre en el nivell superior de la cova.

Els *rising wall channels*, canals ascendents de dissolució, ja van ser descrits en aquesta cavitat (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a, 2009b; GRÀCIA *et al.*, 2009a, 2009b). Es tracta d'estructures de dimensions molt variables que posen en comunicació els *feeders* amb els *outlets* o amb diferents tipus de cúpules (Figura 4). Els conjunts més característics estan formats per un *feeder* lateral, i presenten en el seu sostre un solc que en forma d'esquerda el recorre en tota la seva longitud des de la seva part més interna; té una forma sinuosa i la seva profunditat és molt variable. En arribar a la zona més exterior i trobar-se amb l'angle de la paret, el solc esdevé més profundat, arribant fins als 60 mm de profunditat. A partir d'aquest punt i per sobre de la boca del *feeder*, es configura un canal o conjunt d'ells que de manera ascendent van desenvolupant-se al llarg de la paret, observant-se sovint com aquests canals entren en coalescència els uns amb els altres. La seva forma i dimensions van variant d'acord amb l'angle que presenta el pla de la paret respecte a la vertical. S'observa com en les parets que presenten un angle força sobreplomtat és major l'amplada i sobretot la profunditat, a la vegada que la longitud dels canals augmenta, arribant a tenir més de 1 m de longitud per uns 35 mm d'amplada i profunditats màximes que oscil·len entre els 22 i 25 mm. En fer-se la paret més vertical els canals van perdent profunditat i amplada, desapareixent totalment quan el pla de la mateixa es disposa de forma subvertical. En els casos en els que la geometria de la paret ho permet, els canals ascendents arriben a comunicar amb els *outlets* situats al sostre. Ocasionalment la trajectòria dels canals ascendents, en el seu recorregut des de les zones d'alimentació fins a les zones de descàrrega, queda interrompuda per l'existència de petites cúpules a les que hi arriben un o varis canals i de les que hi acostuma a sortir un de sol, però presentant aquest sempre una major profunditat.

Un altre conjunt de canals ascendents característic i que es repeteix al llarg de nombrosos punts de la cavitat, és el format en zones on les parets estan cobertes

d'abundants concavitats poc marcades, *subdued pockets* (GRÀCIA *et al.*, 2005; MERINO, 2006), *wall pockets* i *ceiling pockets* (Figura 5) que en ocasions entren en coalescència donant lloc a *composed pockets* (GRÀCIA *et al.*, 2009b). Partint d'un *feeder* lateral existeix un canal de dimensions variables que recorre les parets de les concavitats, que en arribar a la zona més voltada, crea unes cúpules de corrosió que afecten a una bona part del sostre d'aquestes galeries. D'aquí s'obre un nou canal més profund i de menor amplada que talla l'angle existent entre dues formes contigües, creant de nou un solc que recorre la següent concavitat. Aquesta combinació de formes es pot repetir varies vegades en funció de la densitat de les concavitats existents. En tots els casos, aquest canals ascendents així com les cúpules estan molt marcats i diferenciats de la resta de la paret, degut a canvis de color produïts per la corrosió que ha actuat sobre les parets cobertes de formes de reconstrucció, colades parietals, o bé sobre parets que presenten un cert grau d'alteració com a conseqüència d'haver estat per davall del nivell freàtic durant determinats períodes.

A més, s'han localitzat una sèrie de conjunts de canals ascendents que es desenvolupen a partir de plans de fractures, que cobreixen en alguns casos amples zones de les parets de les galeries (Figura 6). Es tracta de solcs de dimensions variables que rarament arriben a presentar dimensions centimètriques en les seves amplada i profunditat, al contrari del que passa amb la seva longitud que pot superar 1 m de recorregut (GRÀCIA *et al.*, 2009b). Es disposen de forma paral·lela i en ells s'hi observen fenòmens de coalescència. La característica més peculiar, i que els distingeix de la resta de canals, és que aquests neixen aparentment d'esquerdes i fractures molt estretes i també des de juntes d'estratificació; aquestes formes queden exposades al caure blocs o ensorrar-se les parets. El seu recorregut al llarg dels plans sobreplomats de les parets acaba en molt casos en una nova esquerda o fractura per on desapareixen. S'ha posat en evidència la presència d'aquest tipus de canals ascendents, que en molts casos passa quasi desapercebuda, en nombrosos

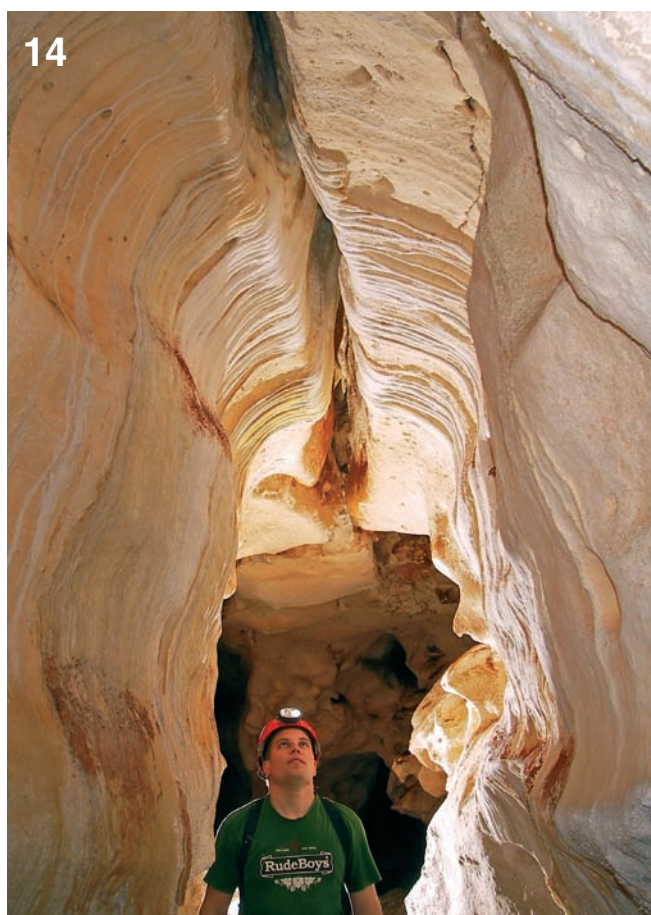


Figura 14: Típica forma de desguàs que aprofita una fractura situada al llarg del sostre d'una galeria que actua com a un punt de descàrrega (*outlet*) longitudinal. Aquesta forma és molt comuna en tota la Cova des Pas de Vallgornera. (Foto A. Merino).

Figure 14: 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 Cova des Pas de Vallgornera. (Photo A. Merino).

Figura 15: Cova des Pas de Vallgornera. Galeria cega (*dead end*) de petites dimensions que acaba de forma brusca. Al sostre és visible un punt de descàrrega (*outlet*); al trespol no s'hi observen formes, al estar cobert d'una capa de colada. (Foto A. Merino).

Figure 15: Cova des Pas de Vallgornera. Dead end, consisting in a 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).



Figura 16: *Partition* a la Cova des Pas de Vallgornera. Envà de roca que presenta un aspecte de tascó. (Foto A. Merino).

Figure 16: *Partition* in Cova des Pas de Vallgornera. Wedge-shaped rock separation. (Photo A. Merino).

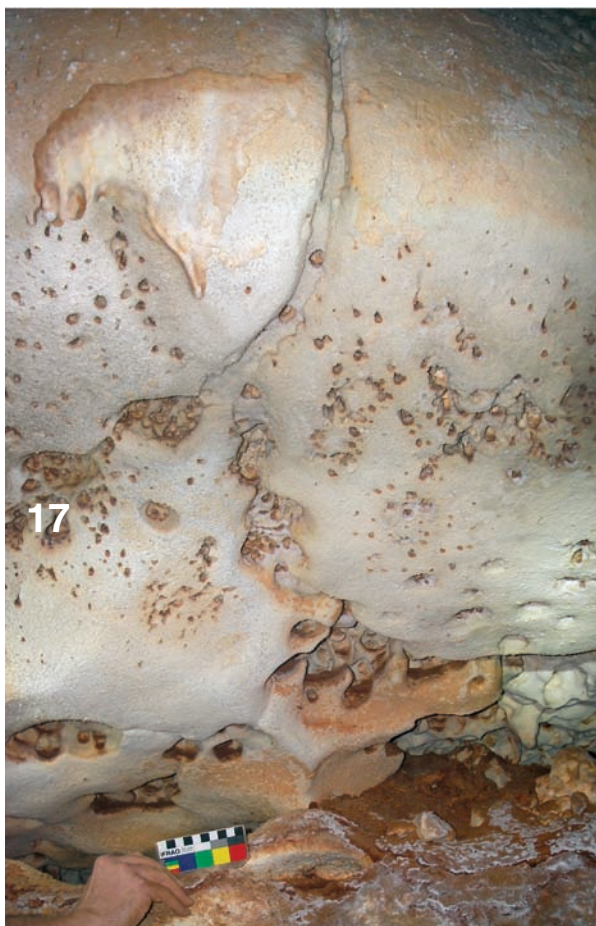


Figura 17: Nombroses concavitats petites de dissolució cobreixen la paret inclinada d'una galeria, a la Cova des Pas de Vallgornera; també hi són clarament visibles un punt d'alimentació lateral (*feeder*) i el seu corresponent canal ascendent, la zona més interna del qual presenta unes parets totalment cobertes de concavitats amb un major desenvolupament. (Foto A. Merino).

Figure 17: Great variety of small solutional hollows affecting an overhanging wall in a passage of Cova des Pas de Vallgornera. At the same time a side feeder as well as its rising wall channel, whose inner part is covered by larger hollows, are clearly seen. (Photo A. Merino).

punts de la cova trobant-se associat a llocs on s'han produït desprendiments de blocs de les parets. Aquest fet fa pensar en el paper que juga aquest tipus de forma de corrosió en la morfogènesi de la cavitat, ja que la dissolució preferencial que ha tingut lloc al llarg de les esquerdes i fractures que afecten a la roca encaixant, pot haver provocat zones d'inestabilitat local que hauran sofert posteriorment desequilibris mecànics que acaben produint esfondraments i trencament de blocs.

Finalment, s'ha observat la presència d'unes formes similars als canals ascendents de paret, però de menor recorregut, ocasionalment inferior al decímetre. Se situen normalment sobre les parets de concavitats poc marcades, *subdued pockets*, i sobre *wall pockets* (Figura 7). El inici d'aquests estrets, i ocasionalment, profunds canals a manera d'incisions a la roca, sol ser un punt de dimensions mil·limètriques de la que neix un petit solc que es perllonga en sentit ascendent fins a varis centímetres. Algunes vegades aquests canals conflueixen en una cúpula on se concentren i de la qual neix un nou canal de majors dimensions. Aquest tipus de canal ascendent podria estar controlat per les característiques litològiques dels materials dipositats en les fàcies de *lagoon*. En concret és possible observar com en les zones on es donen aquest tipus de formes la roca presenta una abundància de restes fòssils que integren la matriu de la roca, que a la vegada presenta una major porositat al ser el gra de la mateixa molt més groller.

Els *ceiling channels*, o canals de sostre (Figura 8), es troben molt ben representats principalment en les galeries que constitueixen el nivell superior de la cavitat. Les galeries que tenen un control estructural accentuat poden presentar formes acanalades que recorren grans trams del sostre de les mateixes (Figura 9). Per altra part, en llocs on el sostre no està afectat per discontinuïtats de la roca, aquestes formes presenten un recorregut molt sinuós amb el sostre completament pla i amplades que arriben a tenir varis decímetres, amb una profunditat variable. En aquest cas, quan els *ceiling channels* són abundants i estan entrellaçats però separats per *pendants* arribant a presentar fenòmens d'anastomosis (Figures 10, 11).

Les cúpules es localitzen al sostre de les galeries i en la part més voltada d'alguns *wall pockets* i *ceiling pockets*; la forma pot ser circular, allargada o presentar formes mixtes entre ambdues (Figura 12). Les seves dimensions són decimètriques arribant algunes d'elles a ordres mètrics. El seu desenvolupament en profunditat és variable i crea en ocasions uns buits importants. Les cúpules aïllades més peculiars presenten uns canals ascendents que penetren per la seva part inferior, donant lloc llavors a un nou canal o conjunt d'ells que surten de la seva part més superior. En altres ocasions, allà on aquestes formes es presenten superposades, el conjunt de canals que les connecta i recorre sol ser sinuós, iniciant-se en la seva zona més baixa i arribant finalment a la part més elevada del conjunt.

Punts de descàrrega (*outlets*)

Aquestes formes consisteixen en cúpules i conductes verticals que, partint des del sostre d'una galeria d'un nivell determinat, connecten amb el següent nivell situat sobre ella (KLIMCHOUK, 2007).

Figura 18: Cova des Pas de Vallgornera. Esquema evolutiu d'una concavitat de dissolució ascendent. a) Concavitat de petites dimensions i buits molt petits existents en l'interior de la roca. b), c), d) Diferents estadis evolutius que mostren el creixement de la concavitat tot entrant en coalescència els petits buits que es van desenvolupant a l'interior de la roca. e) Direcció i sentit de la circulació dels fluxos en la concavitat i a la roca. f) Secció d'una concavitat de sentit ascendent on s'hi pot observar com els fluxos han aprofitat la porositat primària de la roca per anar penetrant cap al seu interior, produint la seva dissolució i iniciant una progressió en sentits vertical i lateral d'aspecte dendriforme.

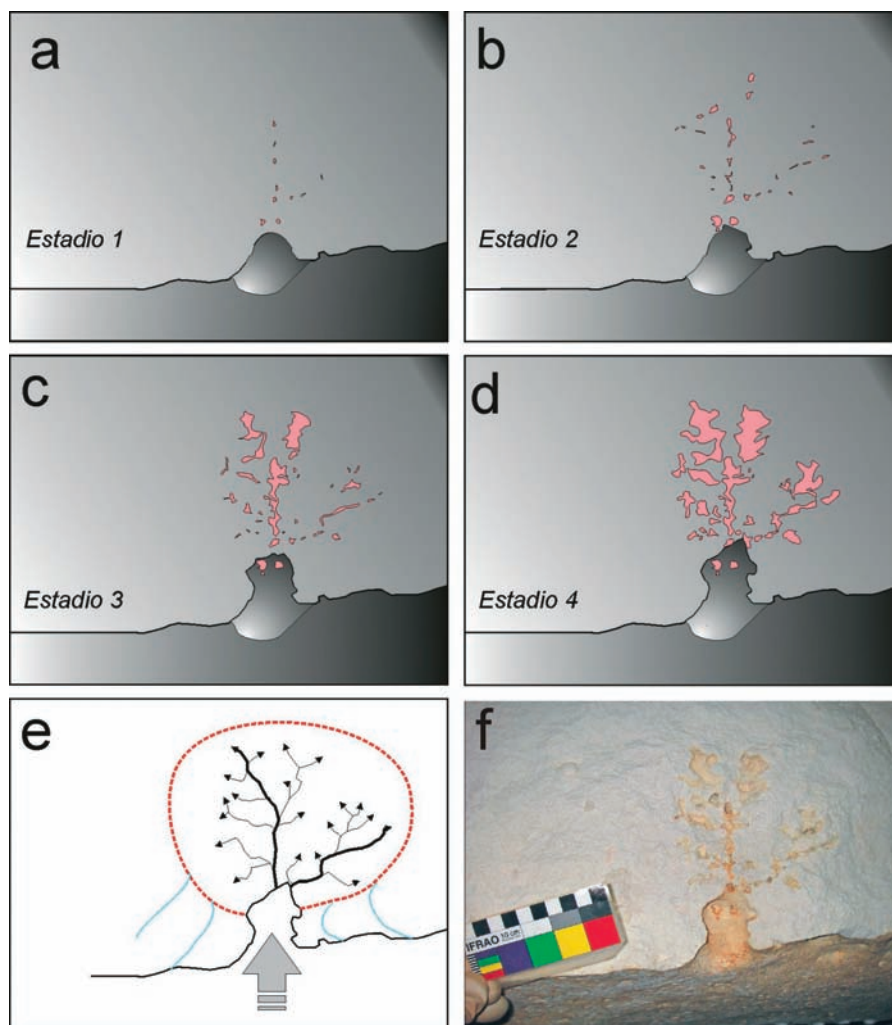


Figure 18: Cova des Pas de Vallgornera. Evolutionary diagram of a small solutional ascending hollow. a) Reduced hollow and small-scale voids within the rock. b), c), d) Different evolutionary stages where the hollow is enlarged, at the same time that small voids coalesce within the rock mass. e) Flow 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.

Estan representats per cúpules de parets molt suaus, i principalment per conductes verticals estrets que ascendeixen des del sostre de les galeries i que s'estenen al llarg de les mateixes durant alguns metres (Figures 13, 14). Aquesta forma representa una continuïtat dels *rising wall channels* o canals ascendents de paret. Dins d'aquest conjunt de formes de descàrrega es localitzen *successful outlets* que aconsegueixen posar en comunicació dos nivells de la cavitat, com és el cas descrit abans en el Sector del Clypeaster (MERINO *et al.*, 2008). Per altra part s'han trobat cúpules pràcticament cegues que se correspondrien amb els *outlets* en estadis mitjans de desenvolupament, o *underdeveloped outlets*. Les formes més representatives i abundants estan constituïdes per uns *outlets* estrets i de varis metres de longitud, que aprofiten les fractures existents en el sostre de les galeries.

Galeries cegues (*dead ends*) i envans de roca (*partitions*)

Un altre conjunt morfològic associat a les cavitats d'origen hipogènic són les galeries cegues, que acaben en cul-de-sac, *dead ends*, i els envans de roca, o *partitions*. La gènesi d'aquestes formes és difícil d'explicar mitjançant mecanismes relacionats amb fluxos laterals

que afecten a les galeries; per contra encaixen perfectament dins del marc d'un procés generat per fluxos transversals (KLIMCHOUK, 2007, 2009). Els *dead ends* (Figura 15) són galeries que acaben per cegar-se, però que estan obertes a la recàrrega per mitjà de *feeders* en la part més baixa i a la descàrrega per mitjà dels *outlets* localitzats al sostre.

Per altra part els envans de roca (Figura 16) separen galeries adjacents, mostrant una estructura planar. La gruixa és variable, presentant una major amplada en la part superior al contrari de lo que passa en la part més inferior que és molt més prima, el que li dona al conjunt un aspecte de tascó.

Altres tipus de concavitats

Si bé els fluxos ascendents es concentren en moltes ocasions en canals que els van guiant cap a zones més elevades (*rising wall channels*) també es pot produir una circulació d'aquests fluids de menor densitat, que afecta de manera generalitzada a les parets i sostres de les galeries així com a les zones on existeixen diferències texturals relacionades amb variacions en la porositat de la roca. Aquesta circulació produeix, depenent de la geometria de les parets de la galeria, uns moviments convectorius d'aquests fluxos agressius que provoquen la for-



mació de diferents tipus de concavitats ascendents de dissolució de dimensions variables (Figura 17).

Aquestes cèl·lules convectives anirien produint una dissolució preferencial en una mateixa zona de les parets i sostres, que acabaria provocant un estadi inicial de desenvolupament d'una concavitat. Amb el temps, i sempre que es mantinguessin les mateixes condicions de circulació, la concavitat s'aprofundiria arribant a capturar fluids que iniciarien un procés de dissolució en sentit ascendent (Figura 18), que aprofitaria la marcada porositat primària de la roca per a penetrar més cap a l'interior i d'aquesta manera accelerar el procés erosiu i de debilitament de la zona afectada. Aquest mecanisme sembla ser un important factor a tenir present en els processos d'esfondrament i ajustament mecànic que es produeixen a les galeries en tot l'estadi evolutiu de la cavitat. Tot això provocaria que en estadis més avançats d'aquesta evolució, la massa de roca es veïés afectada per una elevada concentració de concavitats de dissolució, que per coalescència arribarien a donar verdaderes formes espongiformes d'ordre mètric o centimètric (*spongework*).

COVA NOVA DE SON LLUÍS (Porreres)

Aquesta cavitat va ser descrita en detall per GINÉS *et al.* (2006) y GINÉS & GINÉS (2009), en uns treballs en els que ja es deixava entreveure l'existència d'una sèrie de formes que podrien tenir relació amb processos hipogènics de caràcter hidrotermal. Es tracta d'una cova constituïda per diverses grans sales fortament descendents a les que

Figura 19: Cova Nova de Son Lluís. Cúpula de grans dimensions amb parets arrodonides que connecta amb una cúpula de sostre, totes dues localitzades a la part superior de la cavitat. (Foto A. Merino).

Figure 19: Cova Nova de Son Lluís. Big cupola with rounded walls connecting with a ceiling cupola, both located at the upper part of the cave. (Photo A. Merino).

Figura 20: Cova Nova de Son Lluís. Interessant canal de paret desenvolupat al llarg d'una junta d'estratificació, que acaba a una cúpula lateral. (Foto A. Merino).

Figure 20: Cova Nova de Son Lluís. Interesting wall channel developed along a bedding plane that ends in a side cupola. (Photo A. Merino).

Figura 21: Cova de sa Guitarreta. Sala principal on s'hi troben grans acumulacions de blocs produïts per processos d'esfondrament, possiblement induïts per la dissolució hipogènica en profunditat. (Foto A. Merino).

Figure 21: Cova de sa Guitarreta. Main chamber containing a large accumulation of boulders caused by breakdown processes, perhaps induced by hypogenic dissolution occurring in depth. (Photo A. Merino).

Figura 22: Cova de sa Guitarreta. Vista des de la part inferior de la xemeneia. Les parets llises i la cúpula que s'observa a la part superior són formes que podrien estar relacionades amb processos de condensació-corrosió. (Foto A. Merino).

Figure 22: Cova de sa Guitarreta. The chimney view from below. The smooth walls and the dome pit at the top are significant features that could be related to condensation-corrosion processes. (Photo A. Merino).

s'hi accedeix per una sèrie de curioses cavitats subesfèriques, en les que no s'hi distingeixen evidències que permetin relacionar la seva gènesi amb el drenatge en profunditat d'aigües meteòriques; de fet no s'hi observen en aquest sector d'accés les formes habituals lligades a la infiltració de les precipitacions, com són les xemeneies i cavitats verticals típiques de la zona vadosa.

En tot el terç superior de la cavitat s'hi donen uns buits similars a petites càmeres i cúpules, que han entrat en coalescència provocant unes ramificacions tridimensionals formades per elements més o menys esfèrics de entre 0,5 i 8 metres de diàmetre (Figures 19, 23). Aquestes formes presenten unes parets llises pràcticament sense formacions; a la vegada hi són observables alguns envans de petita gruixa que separen les cúpules que s'han anat sobreposant. Ocasionalment les zones que posen en comunicació dues d'aquestes formes esfèriques són estretes, i en general no s'hi observen de manera clara fractures o diàclasis que hi tinguin una relació genètica. Aquestes petites càmeres de dimensions molt regulars serien similars a les descrites per DUBLYANSKY (2000, 2005) i es correspondrien amb cavitats d'origen hipogènic que se relacionen a una carstificació hidrotermal poc profunda. Les formes amb aquestes característiques tenen relació freqüentment amb processos actius de condensació-corrosió, alimentats per l'existència de llacs subterranis d'aigües termals (DUBLYANSKY & DUBLYANSKY, 2000; AUDRA *et al.*, 2009b).

Cap el 30 m de profunditat, la cavitat augmenta de volum donant lloc a una gran sala central en la que predominen els processos d'esfondrament i reajustament mecànic de les voltes, que provoquen l'exposició de potents paquets d'estrats calcaris-dolomítics del Retià, amb un cabussament uniforme d'uns 40° de direcció N80E. En aquests estrats s'hi ha localitzat un canal ascendent d'uns 10 a 15 cm de profunditat y uns 20 cm d'amplada (Figura 20), que aprofitant una junta d'estratificació la recorre al llarg d'uns 5 cm, penetrant lateralment en una forma que actualment es presenta semi-esfèrica; aquesta concavitat globular ha estat posada en evidència gràcies al col·lapse de part dels paquets d'estrats que formen el sostre i les parets de la sala.

Cal assenyalar que en una petita cavitat descoberta a algunes desenes de metres de la Cova Nova de Son Lluís, i que no arriba als 10 m de profunditat, s'han observat també una sèrie de cúpules desenvolupades en el sostre del terç superior de la mateixa, que presenten un diàmetre inferior a 1 m.

COVA VELLA DE SON LLUÍS (Porreres)

Aquesta cavitat, situada a uns centenars de metres al S de la Cova Nova de Son Lluís, és un fenomen subterrani que arriba als 13 m de profunditat. Està format per una sala amb el trespòl inclinat recobert de blocs i amb una sèrie de massissos estalagmítics i obstruccions de blocs que la compartimenten. El sostre de la primera sala és una lumaquel·la d'edat pliocena, que presenta algunes cúpules incipients no molt desenvolupades; per contra cap a les cotes inferiors, en direcció SW, s'han localitzat diverses cúpules semiesfèriques ben definides d'aproximadament 1 m de diàmetre.

COVA DE SA GUITARRETA (Llucmajor)

Uns 5 km al S de les manifestacions termals de Païssa es localitza la Cova de sa Guitarreta, que arriba a una profunditat d'uns 58 m. La cavitat està constituïda per un petit pou subvertical d'accés que condueix fins una rampa, la qual gira tot baixant en sentit levogir fins arribar a la base d'una xemeneia d'uns 11 m d'altura. En aquest punt hi ha una finestra que posa en comunicació el punt mencionat amb una sala d'un diàmetre aproximat de 20 m i una altura d'uns 9 m (Figura 21). Baixant entre els blocs que constitueixen el trespòl de la mateixa s'arriba al nivell freàtic en la cota més baixa



Figura 23: Cova Nova de Son Lluís. A: Cúpula lateral aïllada. (Foto A. Merino); B: Algunes seccions de detall de les sales superiors de la cavitat.

Figure 23: Cova Nova de Son Lluís. A: Side isolated cupola. (Photo A. Merino); B: Some detailed profiles of the upper chambers of this cave.



de la cavitat. Aquí hi ha un petit llac que presenta unes aigües amb una temperatura anòmalament alta, 27,1° C (Figura 24), fet aquest que vendria a confirmar la influència hidrotermal en la gènesi de la cavitat, teoria ja insinuada per GINES & GINÉS (2009) els quals apuntaven el seu possible origen hipogènic. A més, la direcció de la fractura principal sobre la que es desenvolupa la cavitat, NNE, ve a coincidir amb l'alineació general de les falles, N060E, relacionades amb les aigües subterrànies que presenten anomalies tèrmiques.

Fins al present, i després de dur a terme una exhaustiva recerca de formes relacionades amb els processos hipogènics, aquestes no s'han trobat. L'única cosa que això semblaria demostrar és que aparentment no ha existit un ascens d'aigües termals agressives, sinó que la carstificació hipogènica d'origen més o menys profund ha anat creant els buits primigenis en profunditat, la qual cosa ha afavorit els esfondraments generalitzats de masses de roques sobrejacentes que han donat lloc a la configuració actual d'aquest fenomen endocàrstic. Finalment cal assenyalar que la xemeneia, que s'eleva quasi des del fons de la sala, mostra unes parets força llises acabant en una espècie de cúpula molt propera a la superfície topogràfica del terreny; aquesta cavitat vertical no presenta cap relació amb fractures ni tampoc amb cap punt d'infiltració preferent en la superfície (Figura 22), malgrat que és evident que actualment la boca de la cova actua com a engolidor de l'escorrentia exterior. Les formes de la xemeneia podrien tenir l'origen en fenòmens de condensació-corrosió (AUDRA *et al.*, 2009c) provocats pel gradient tèrmic diferencial existent entre l'aire humit i calent, que puja des del nivell freàtic, i les parets i sostre de la xemeneia que es mantenen a una temperatura més baixa degut, entre d'altres raons, a la seva proximitat amb la superfície.

Figura 24: Cova de sa Guitarreta. Nivell freàtic localitzat a -58 m de profunditat; l'aigua té una temperatura anormalment alta de més de 27° C. (Foto A. Merino).

Figure 24: Cova de sa Guitarreta. Phreatic level located at -58 m; the water shows an anomalous high temperature of over 27° C. (Photo A. Merino).

Figura 25: Pou de Can Carro. Foto presa en el terç superior de la cavitat on pot veure's clarament el contacte entre les eolianites pliocenes i les calcarenites del Miocè superior, a més de fragments cimentats de roca que formen una bretxa. (Foto A. Merino).

Figure 25: Pou de Can Carro. Photo taken at the upper third of the cave where a clear contact between the Pliocene eolianites and the Upper Miocene calcarenites can be seen, as well as cemented rock fragments resulting in a breccia. (Photo A. Merino).

Figura 26: Pou de Can Carro. Pareds de la cavitat que delimiten una secció circular en planta, corresponents a una antiga cúpula que ha evolucionat pel creixement remuntant de la cavitat. (Foto A. Merino).

Figure 26: Pou de Can Carro. The cave walls delimitate a circular section in plan view, corresponding to a former cupola that evolved due to the ascending growth of the cave. (Photo A. Merino).

POU DE CAN CARRO (Campos)

Aquesta cavitat –també coneguda amb anterioritat com a Cova de ses Sitjoles– està formada per un conjunt de petits pous connectats entre sí, que acaben desembocant en una sala amb el trespol inclinat que arriba fins el nivell freàtic, situat a uns 40 m de profunditat, on hi ha uns petits llacs amb una bomba extractora d'aigua. La cova sembla estructurada sobre una fractura de direcció NE, i està desenvolupada principalment en calcarenites del Miocè superior, encara que també hi destaquen uns materials arenosos vermells molt compactats que podrien correspondre a uns dipòsits dunars d'edat pliocena, en els que s'hi desenvolupa el terç superior de la cavitat (Figura 25).

L'aigua del llac presenta una temperatura de 23,6° C, la qual cosa indica un gradient tèrmic elevat per al

que caldria esperar en aigües subterrànies de la zona. En el terç superior de la cavitat s'observen unes cúpules arrodonides i *ceiling pockets* que es desenvolupen en el sostre i que arriben fins a 1 m de diàmetre, presentant una planta circular i una secció semiesfèrica. A més, els mateixos pous que formen aquest sector de la cavitat tenen unes parets còncaues que mostren també una secció circular en planta, el que podria indicar que diferents buits de forma esfèrica haurien entrat en coalescència degut a un creixement remuntant dels buits (Figures 26, 27). Bona part d'aquestes cúpules presenten la peculiaritat d'estar desenvolupades en eolianites pliocenes de color vermell, amb alta compactació i un ciment calcari que hauria estat dissolt per processos de meteorització relacionats amb episodis de condensació-corrosió (AUDRA *et al.*, 2009c). Aquests fenòmens estarien provocats per masses d'aire calent i humit que

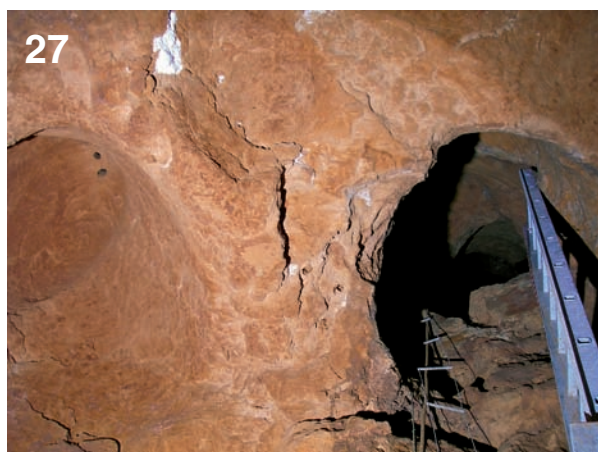


Figura 27: Pou de Can Carro. Cap a l'esquerra s'observa una cúpula amb alguns *ceiling pockets*, desenvolupada a les eolianites pliocenes. A la dreta s'observa l'obertura que comunica amb el conjunt d'antigues cúpules que formen la zona d'accés a la cavitat. (Foto A. Merino).

Figure 27: Pou de Can Carro. To the left a cupola with *ceiling pockets* is visible, being developed in Pliocene eolianites. To the right, the opening that communicates the chain of former cupolas that constitutes the entrance series of the cave. (Photo A. Merino).

Figura 28: Cova de s'Ònix. Conjunt de *folia* amb un desenvolupament en capes controlat per la geometria de la paret. (Foto A. Merino).

Figure 28: Cova de s'Ònix. Group of *folia* whose development in layers is controlled by the wall geometry. (Photo A. Merino).

Figura 29: Cova de s'Ònix. Conjunt de *folia* de color blanc adossades al llarg d'una paret sobreplomada. (Foto A. Merino).

Figure 29: Cova de s'Ònix. Assemblage of white *folia* spread along an overhanging wall. (Photo A. Merino).



procediria d'un llac situat per sobre del nivell freàtic actual, on la seva existència sembla haver quedat marcada per la presència en la part més alta de la sala del que aparentment seria una regata de corrosió, o *wall notch*. Aquest tipus de meteorització hauria donat lloc a l'acumulació d'arenas i petites partícules de roca que cobreixen el trespol inclinat d'aquesta part de la cavitat.

COVA DE S'ÒNIX (Manacor)

Aquesta cavitat es troba situada a les rodalies de Portocristo. Presenta un recorregut que supera els 600 m de desenvolupament i està intensament decorada per diferents tipus d'espeleotemes (GINÉS *et al.*, 2007). Està formada per dues sales principals que es comuniquen mitjançant uns passadissos que van estar molt retocats artificialment, quan aquesta cavitat va ser dedicada a l'extracció de pedra ornamental; en el punt més baix s'arriba al nivell freàtic a uns 47 m de profunditat. Una de les particularitats geològiques i espeleogenètiques d'aquesta cova és que el seu desenvolupament afecta tant a les calcarenites del Miocè superior com a les calcàries del basament mesozoic. De fet, la majoria de les cavitats descrites en el present treball estan desenvolupades en calcarenites del neogen post-orogènic (FORNÓS & GELABERT, 1995); en canvi, la secció d'aquesta cova compresa entre el nivell freàtic (situat a -47 m) i la cota -38 m està instal·lada en una roca calcària ben cimentada de color ocre clar que pertany al Juràssic superior (Malm), amb una composició mineralògica bàsicament calcítica, presentant una molt baixa porositat primària (GINÉS *et al.*, 2007).

La cova, fins a data molt recent, no tenia documentada cap forma que la podés classificar dins del grup dels fenòmens endocàrstics relacionats amb l'espeleogènesi hipogènica. Aquest fet hauria passat desapercebut a efectes del present treball si no s'hagués reconegut de forma totalment casual, en una fotografia presa pel nostre company Mateu Fiol, una forma que era similar a les *folia*. Aquest fet va incentivar una nova visita a la cavitat per dur a terme un reconeixement a fons, a la recerca de possibles

Figura 30: Cova de s'Ònix. Detall de les *folia* vistes des de la part inferior; destaca el seu aspecte que recordaria als *gours* invertits juntament amb la presència de petites cristallitzacions de calcita. (Foto A. Merino).

Figure 30: Cova de s'Ònix. Detail of *folia* viewed from below; a remarkable "inverted rimstone" pattern is visible along with the presence of small calcite crystallizations. (Photo A. Merino).

Figura 31: Cova de s'Ònix. Canals de desgasificació (*bubble trails*) de diferents mides generades a partir d'una fractura a la paret sobreplomada. (Foto A. Merino).

Figure 31: Cova de s'Ònix. Bubble trails of different dimensions arising from a fracture on an overhanging wall. (Photo A. Merino).

Figura 32: Cova de s'Ònix. Canal de paret ascendent desenvolupat al llarg d'una paret inclinada. (Foto A. Merino).

Figure 32: Cova de s'Ònix. Rising wall channel developed along an overhanging wall. (Photo A. Merino).

morfologies hipogèniques. Les troballes van superar amb escreix totes les expectatives, i es van centrar principalment en el sector desenvolupat en els materials del Juràssic superior.

Les *folia* han estat trobades en dos punts de la cavitat, a uns 2,5 m per sobre del nivell freàtic actual. Aquests espeleotemes, formats per calcita, es distribueixen al llarg d'una banda de uns 50 cm d'amplada, corresponent a un paleonivell marí de Pleistocè, i ocupen una superfície molt petita. Es tracta d'unes formes que semblen a apilaments de *gours* invertits, d'aspecte acampanat o en forma de didal, disposats subhoritzontalment sobre les parets sobreplomades (AUDRA *et al.*, 2009a) i també sobre altres espeleotemes preexistents (Figures 28, 29). La seva mida és variable, mostrant llocs on les parets presenten unes formes poc marcades a manera de rivets, mentre que en altres les *folia* es mostren com a projeccions individualitzades amb dimensions que van des d'1 a uns 5 cm, essent la seva gruixa inferior a 1 cm. En altres casos existeix una acumulació vertical d'individus adossats a estalactites que, qual torres, pengen des del sostre o les parets sobreplomades de la cavitat. Vistes des de sota, les *folia* més desenvolupades presenten una zona central més o menys còncava mentre que les parts projectades estan constituïdes per conjunts de cristalls de calcita de mida petita (Figura 30); aquest fet dóna a la part inferior un aspecte més irregular i rugós, al contrari del que passa amb la part superior que presenta una superfície més o menys convexa i llisa.

Per altra banda, s'han identificat també interessants formes de dissolució presents sobre parets i sostres. Es tracta d'uns canals de configuració ascendent que en alguns casos surten des de petites fractures, desenvolupant-se al llarg de la paret; la seva longitud pot superar el metre, essent la seva profunditat d'escassos mil·límetres mentre que la seva amplada és molt variable, des d'uns 2 cm fins a casi 20 cm. Aquests canals ascendants són molt evidents degut a que en la majoria dels casos ressalten sobre la paret com a conseqüència de les variacions de color produïdes per la corrosió que ha actuat sobre les parets, que estan recobertes de fins dipòsits o alterades superficialment (Figura 31). Aquests canals podrien correspondre amb els *bubble trails*, (PALMER, 2007) amb una gènesi relacionada amb bombolles de CO₂ produïdes per processos de desgasificació en aigües ascendants d'origen profund (CHIESA & FORTI, 1987; AUDRA *et al.*, 2002; AUDRA *et al.*, 2009a, 2009b, 2009c). Finalment, s'han documentat uns canals de paret de major entitat que els anteriors formant uns solcs de major amplada i molta més profunditat (Figura 32); presenten una secció acanalada i un desenvolupament serpentejant que mostra també una certa juxtaposició de formes que crea morfologies similars a una anastomosis. En el sostre existeixen canals d'aquestes característiques que, partint de zones properes a fractures, es van desenvolupant al temps que varien les seves dimensions; en un primer tram, que té aproximadament 1 m de longitud, el canal presenta una profunditat i amplada d'uns 10 cm, mentre que posteriorment duplica la seva amplada mantenint la profunditat.

Conclusions

Malgrat que el seu nombre sigui escàs, les investigacions espeleològiques recents han posat de manifest l'existència d'unes poques cavitats mallorquines que contenen evidències relacionades amb una espeleogènesi hipogènica, en el sentit definit per KLIMCHOUK (2007). La pràctica totalitat de las coves d'aquestes característiques es localitza a la plataforma carbonatada del Miocè superior de Lluçmajor-Campos, o en les elevacions properes de materials mesozoics estructurats; aquests peculiars fenòmens endocàrstics semblen relacionar-se genèticament amb les anomalies geotèrmiques existents en aquesta zona de l'illa (LÓPEZ & MATEOS, 2006), les quals han propiciat l'existència d'algunes cavitats dotades de formes i sediments no representats en altres localitats de Mallorca. En aquest sentit, la presència de canals ascendants de dissolució així com de cúpules i càmeres esfèriques lligades a processos actius de condensació-corrosió –per citar tan sols qualcunes de les formes més singulars– apunten a l'existència de processos hipogènics de caràcter hidrotermal, els quals han participat activament en la formació d'algunes cavitats actuant conjuntament amb altres mecanismes espeleogenètics com són, per exemple, la carstificació litoral associada a la zona de mescla.

Tan sols una de les cavitats investigades (la Cova de s'Ònix, a les rodalies de Portocristo) es troba fora de l'àrea esmentada; tot i així es tracta d'una localitat interessant que travessa el Miocè superior postorogènic arribant al basament mesozoic plegat. Queda pendent d'establir el caràcter de la recàrrega que es pugui donar en aquest cas a través del basament estructurat de les Serres de Llevant, així com esbrinar si es tracta d'un cas aïllat o si els processos hipogènics són d'un caràcter més generalitzat en la costa oriental de Mallorca.

Agraïments

Els autors desitgen agrair als companys del Grup Espeleològic de Llubí la seva valuosa ajuda, molt especialment a Antoni Mulet i Guiem Mulet per la seva infatigable companyia en les tasques d'exploració i recollida de dades en les diferents cavitats. També volem expressar el nostre reconeixement a Anders Kristofersson, Santiago García i Toni Croix de la Agrupació Voltors pel seu recolzament. A la Conselleria de Medi Ambient pel seu interès i per haver autoritzat les visites a les cavitats. Punt i a part mereixen Antonio González i la seva dona Nathalie, propietaris de la finca on es troba el Pou de Can Carro per la seva gratificant acollida i el seu permís per accedir a la cavitat.

El present treball queda emmarcat dins del projecte de recerca finançat per Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

- AUDRA, P.; BIGOT, J.Y. & MOCOCHAIN, L. (2002): Hypogenic caves in Provence (France). Specific features and sediments. *Acta Carsologica*, 31 (3): 33-50. Postojna.
- AUDRA, P.; HOBLEA, F.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2007): The role of condensation-corrosion in thermal speleogenesis; Study of a hypogenic sulfidic cave in Aix-les-Bains, France. *Acta Carsologica*, 36 (2): 185-194. Postojna.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009a): 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.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009b): Hypogene cave patterns. 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: 17-22. Simferopol, Ucraïna.
- AUDRA, P.; MOCOCHAIN, L.; BIGOT, J.Y. & NOBÉCOURT, J.C. (2009c): Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens. 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: 23-32. Simferopol, Ucraïna.
- BAC-MOSZASWILL, M. & RUDNICKI, J. (1978): On the possible hydrothermal origin of the Dziura Cave (Tatra Mts.). *Kras i Speleologia*, 2 (XI): 84-91. Katowice.
- CHIESA, M. & FORTI, P. (1987): Studio morfologico di due nuove cavita carsiche dell'Iglesiente (Sardegna Sud occidentale). *Ipoantropo*, 4: 40-45. Reggio Emilia, Italia.
- CURL, R.L. (1966): Cave conduit enlargement by natural convection. *Cave Notes*, 8(1): 2-6. Castro Valley, California.
- DREYBRODT, W.; GABROVSEK, F. & PERNE, M. (2005): Condensation corrosion: a theoretical approach. *Acta Carsologica*, 34 (2): 317-348. Postojna.
- DUBLYANSKY, Y. (1980): Hydrothermal karst in the alpine folded belt of the southern parts of U.S.S.R. *Kras i Speleologia*, 3: 18-36. Katowice.
- DUBLYANSKY, Y. (2000): Hidrotermal speleogenesis: its setting and peculiar features. In KLIMCHOUK, A.; PALMER, A.N.; FORD, D.C. & DREYBRODT, W. (eds) *Speleogenesis: Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 292-297. Huntsville, USA.
- DUBLYANSKY, Y. (2005): Hydrothermal caves. In: CULVER, D.C. & WHITE, W.B. (eds) *Encyclopedia of caves*. Elsevier, Academic press. 300-305. Burlington, USA.
- DUBLYANSKY, V.N. & DUBLYANSKY, Y.V. (2000): The role of condensation in karst hydrogeology and speleogenesis. In: KLIMCHOUK, A.B.; PALMER, A.N.; FORD, D.C. & DREYBRODT, W. (eds) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 100-112. Huntsville, USA.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 562 pàgs. Chichester, UK.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. *Endins*, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 27-43. Palma de Mallorca
- FORNÓS, J.J.; MERINO, A.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2011): Solutional features and cave deposits related to hypogene speleogenetic processes in a littoral cave of Mallorca Island (western Mediterranean). *Carbonates and Evaporites*, 26 (1): 69-81.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-8: 5-20. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion on coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*. 26 (2): 57-67. Bologna, Itàlia.
- GINÉS, J. (1995): L'Endocarst de Mallorca: Els mecanismes espeleogenètics. *Endins*, 20: 71-86. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2006): La Cova Nova de Son Lluís (Porreres, Mallorca). Notes sobre aspectes històrics i geoespeleològics. *Endins*, 29: 5-24. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfo-genètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; TRIÁS, M.; GINÉS, A. & SANTANDREU, G. (2007): Els fenòmens endocàrstics de la zona de Ca n'Olesa: La Cova de s'Ònix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31: 5-30. 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 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, Ucraïna.
- 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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerrville, U.S.A.
- 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 (Llucmajor, 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 sumergida 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.
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society, 238 pgs. Huntsville.
- 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.; MATEOS, R.M. & BALLESTER, A. (2004): Aportaciones del sondeo de investigación geotérmica Lluís Moragues al modelo de funcionamiento hidrogeológico de las aguas termales de la plataforma de Llucmajor (Mallorca). *VII Simposio de Hidrogeología*. Asociación Española de Hidrogeólogos. 2: 379-388. Zaragoza.
- LÓPEZ, J.M. & MATEOS, R.M. (2006): Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la plataforma de Llucmajor y la cubeta de Campos (Mallorca). *Las aguas subterráneas en los países mediterráneos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 17: 379-613. Madrid.
- 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. & FORNÓS, J.J. (2010): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphologic Suite of Rising Flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 87-102. 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.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. 15th 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.
- MYLROIE, J.E. & MYLROIE, J.R. (2009): Diagnostic features of hypogenic karst: is confined flow necessary?. In: STAFFORD, K.W.; LAND, L. & VENI, G. (eds.) *NCKRI Symposium 1, Advances in hypogene karst studies*. 12-26. Carlsbad, U.S.A.
- OSBORNE, R.A.L. (2004): The troubles with cupolas. *Acta Carsologica*, 33: 29-36. Postojna.
- PALMER, A.N. (1991): Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 1-21.
- PALMER, A.N. (2000): Hydrogeological control of cave patterns. In: KLIMCHOUK, A.B.; FORD, D.C.; PALMER, A.N. & DREYBRODT, W. (eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 77-90. Huntsville, USA.
- 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.
- RUDNICKI, J. (1978): Role of convection in shaping subterranean karst forms. *Kras i Speleologia*, 2 (XI): 92-100. Katowice.

Espeleotemes i minerals de les coves de les Illes Balears

per Antoni MERINO ^{1,2}, Joan J. FORNÓS ¹ i Angel GINÉS ^{1,3}

Abstract

Caves in the Balearics are renowned by its remarkable scenic values due to the great variety and abundance of carbonate speleothems, whose mineralogy is mainly composed by calcite being aragonite relegated to a second place. Other minerals are also represented but in a very minority way, such as gypsum. This situation is due to the monotonous carbonate lithology that characterizes the Balearics geology. The mineral monotony is counterweighted by the utmost morphological diversity showed by the speleothems, being caused by diverse genetic processes and influenced by climatic as well as temporary factors. The following types of cave crystallizations are distinguished: dripping water speleothems, flowing water speleothems, capillarity speleothems, vadose subaqueous speleothems and littoral phreatic speleothems. On the other hand, a wide range of uncommon minerals have been identified linked to the hypogenic processes documented in southern Mallorca, which are related to a deep seated recharge connected with the geothermal anomalies existing in the area. The presence of bat populations in some caves results in a specific series of phosphate minerals.

Resum

Les cavitats de les Balears es caracteritzen per presentar un elevat grau d'ornamentació, consistent en una gran variació de dipòsits d'espeleotemes que presenten de forma quasi exclusiva una mineralogia carbonatada en la que la calcita és el mineral predominant, quedant en un segon terme l'aragonita. Altres minerals hi són presents, però ja de forma molt minoritària, entre els que hi destaca el guix. Aquest fet és el resultat de la monòtona litologia carbonatada que caracteritza la geologia de les Illes Balears. Aquesta monotonia mineral es veu compensada per l'extrema diversitat morfològica que presenten els espeleotemes, i que és deguda al seu procés genètic i als factors climàtics i temporals en els quals s'han originat. S'hi descriuen espeleotemes de degoteig, espeleotemes de flux, espeleotemes produïts per capil·laritat, espeleotemes subaquàtics d'origen vadós i espeleotemes subaquàtics d'origen freàtic costaner. Per altra part, dins d'aquesta monotonia carbonatada, i en relació amb els processos d'hipogènesi lligats a les estructures tectòniques distensives presents al Migjorn de Mallorca, tenim tota una sèrie de minerals molt poc comuns relacionats amb l'aportació de determinats elements en solució per part de les aigües hipogèniques profundes. L'existència d'activitat biològica, normalment de ratapinyades, a l'interior de les coves dona lloc a la presència de determinats minerals fosfatats.

Resumen

Las cavidades de Baleares se caracterizan por presentar un elevado grado de ornamentación, consistente en una gran variedad de depósitos de espeleotemas que presentan de forma casi exclusiva una mineralogía carbonatada en la que la calcita es el mineral predominante, quedando en segundo término el aragonito. Están también presentes otros minerales de forma muy minoritaria, destacando entre estos el yeso. Este hecho se debe a la monótona litología carbonatada que caracteriza la geología de las Islas Baleares. Dicha monotonía mineral se ve compensada por la extrema diversidad morfológica que presentan los espeleotemas, y que se debe a sus procesos genéticos y a los factores climáticos y temporales en los cuales se han formado. Se describen espeleotemas de goteo, espeleotemas de flujo, espeleotemas producidos por capilaridad, espeleotemas subacuáticos de origen vadoso y espeleotemas subacuáticos de origen freático costero. Por otra parte, dentro de esta monotonía carbonatada, y ligados a los procesos hipogénicos asociados a las estructuras tectónicas distensivas presentes en la zona meridional de Mallorca, hay toda una serie de minerales muy poco comunes relacionados con el aporte de determinados elementos en disolución por parte de las aguas hipogénicas profundas. La presencia de actividad biológica, normalmente murciélagos, en el interior de las cavidades da lugar a determinados minerales fosfatados.

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

2 Grup Espeleològic de Llubi.

3 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció

Les cavitats subterrànies de les Illes Balears són prou conegudes des del segle XIX per la bellesa i abundància dels espeleotemes que les decoren i per la rica varietat de formes que presenten. Ben prest els llibres de viatges varen incloure descripcions elogioses de les formacions estalagmítiques de diverses coves balears i més particularment de les Coves d'Artà i les Coves del Drac (ambdues localitzades a la costa oriental de Mallorca), de manera que amb el temps aquestes coves varen gaudir d'una notable fama i esdevingueren recursos turístics molt apreciats al llarg del segle XX. L'atracció popular de la visita a les coves va impulsar l'adaptació i obertura al públic d'altres cavitats, i en la majoria dels casos eren precisament els exuberants conjunts de cristallitzacions el principal reclam que es volia mostrar als visitants. Certament, la presència massiva d'espeleotemes no constitueix un fet aïllat i excepcional a les coves de les Illes Balears sinó que, en tractar-se d'un fenomen tan generalitzable, suggereix l'existència a l'àrea balear d'uns condicionaments geoclimàtics òptims per a la cristallització, dipòsit químic i creixement d'una remarcable varietat d'espeleotemes (GINÉS, 1995a).

Durant les tres darreres dècades s'han portat a terme diverses prospeccions i estudis sistemàtics dels espeleotemes i minerals que es poden trobar a les coves balears; especialment a les cavitats de les illes de Mallorca i Menorca, i d'una manera molt menys exhaustiva a les illes Pitiüses i al subarxipèlag de Cabrera. Aquests coneixements, juntament amb nombroses descripcions de cavitats que inclouen dades més o manco detallades sobre els seus espeleotemes, han permès acumular una gran quantitat d'informació de caire morfològic i fins i tot han servit de base per a un primer assaig de classificació tipològica (GINÉS, 1995a). Recentment, s'han realitzat recerques més específiques sobre diverses mineralitzacions presents a diferents coves de Mallorca i s'han pogut identificar tot un seguit d'espècies minerals poc freqüents (ONAC *et al.*, 2005; MERINO *et al.*, 2009a); els resultats preliminars revelen un camp d'investigació potencialment obert a noves interessants troballes.

Influència de la litologia en els minerals de les coves i tipus d'espeleotemes

La composició litològica de les roques que constitueixen les distintes illes de l'arxipèlag balear és bastant uniforme i la major part dels materials carbonatats carsificables es caracteritzen per presentar molt poques impureses; cal indicar que les escasses mineralitzacions d'òxids i sulfurs metàl·lics existents es troben associades a roques poc o gens solubles (GINÉS, 1995a). L'illa de Mallorca presenta notables dipòsits de roques d'edat mesozoica formats majoritàriament per calcàries juràsiques, a les quals acompanyen sediments margosos i

estalactites	A
<i>estalactites fistuloses</i>	A
estalagmites	A
<i>estalagmites isodiamètriques</i>	C
columnes	C
banderes	F
conulites	R
colades pavimentàries	A
colades parietals	A
estalactites excèntriques	C
concrecions botrioidals	C
coral-loides	F
<i>flors de guix</i>	R
<i>antodites d'aragonita</i>	R
<i>anemolites</i>	O
helictites	F
<i>helictites filiformes</i>	O
<i>helictites vermiformes</i>	F
<i>helictites en forma de banyes</i>	R
<i>heligmities</i>	O
toveres	R
moonmilk	F
discos	O
gours	C
pisolites (perles de les cavernes)	O
calcita flotant	C
cons de calcita flotant	R
bombolles	R
plats	R
cornises	O
palmatòries	R
revestiments subaquàtics vadosos	C
revestiments subaquàtics freàtics	F
<i>revestiments de calcita espàtica</i>	R
<i>revestiments subaquàtics d'aragonita</i>	R
<i>revestiments subaquàtics botrioidals</i>	O
<i>revestiments de coral-loides subaquàtics</i>	O
engrossiments en bandes de nivell	F
estalactites globuloses i de base plana	F

Taula 1: Abundància relativa d'espeleotemes (Escala ACFOR: A, abundant; C, comú; F, freqüent; O, ocasional; R, rar).

Table 1: Relative abundance of speleothems (ACFOR scale: A, abundant; C, common; F, frequent; O, occasional; R, rare).

alguns potents nivells de gresos triàsics; tots aquests dipòsits conformen el conjunt dels importants relleus de la Serra de Tramuntana, així com de les muntanyes de les Serres de Llevant i Centrals. D'altra banda, les acumulacions de sediments escullosos i calcarenífics postorogènics corresponents al Miocè superior formen les plataformes tabulars de la Marina de Migjorn i de les Marines de Llevant a la costa oriental mallorquina. L'illa d'Eivissa presenta una litologia prou semblant a la de les Serres de Llevant de Mallorca, amb dipòsits calcaris

i margosos. A les Pitiüses destaquen també els materials tabulars del Miocè superior, que afluïren de manera espectacular als penya-segats de l'illa de Formentera. I, finalment, l'illa de Menorca es pot dividir en dues meitats clarament diferenciades pel que fa a la seva composició litològica: una, situada cap al nord-est, i formada sobretot per roques silícies (gresos i pissarres); i l'altra, orientada cap al sud-oest, on predominen les roques tabulars postorogèniques del Miocè superior.

Tot aquest context de materials predominantment carbonatats i ben poc heterogenis, condiona que sigui la **calcita** el mineral més abundant -amb molta diferència- a les cavitats de les Illes Balears, seguida de l'**aragonita**, que forma part de diversos tipus d'espeleotemes menys freqüents, com ara certs ramells de cristallitzacions parietals i alguns espeleotemes freàtics de creixement subaquàtic. Recentment s'ha constatat la presència de **guix** a distintes cavitats (ONAC *et al.*, 2005; GINARD *et al.*, 2006; MERINO, 2007) i l'existència de diversos minerals molt minoritaris a diferents coves (ONAC *et al.*, 2005; MERINO *et al.*, 2009a i 2009b; FORNÓS *et al.*, 2010), entre els quals cal enumerar: **hidromagnesita**, **dolomita**, **ankerita**, **huntita**, **estroncianita**, **celestina**, **barita**, **ardealita**, **brushita** i **nordstrandita**.

L'esmentada uniformitat en la composició de les roques, que de fet no afavoreix una major diversitat mineral, no suposa en canvi cap impediment pel que fa a l'extrema diversitat d'espeleotemes que poden presentar les cavitats de les Illes Balears, donant lloc a una rica i variada representació de tipus i formes (Taula 1). Cal recordar que el terme espeleotema només es refereix a la manera en la qual es presenta un mineral dins les coves i no estrictament a la seva composició química. Aplicant aquest criteri, la calcita, que sens dubte és el constituent principal dels dipòsits més representatius que decoren les coves, no és un espeleotema; per bé que una estalactita de calcita, creixent dins una cavitat, sí que ho seria. A causa de la remarcable diversitat tipològica que mostren els espeleotemes, s'ha considerat convenient utilitzar la sistematització dels grups d'espeleotemes proposada per GINÉS (1995a) i HILL & FORTI (1997), segons la qual es diferencien els següents tipus genètics, en relació al mode en què es produeix l'aportament d'aigua: **espeleotemes de degoteig**, **espeleotemes de flux**, **espeleotemes produïts per capil·laritat**, **espeleotemes subaquàtics d'origen vadós** i **espeleotemes subaquàtics d'origen freàtic costaner**.

Espeleotemes de degoteig

Els espeleotemes més característics i comuns formats per aigua de degoteig a l'interior de les coves (*dripstone speleothems*) són sens dubte les estalactites i estalagmites. A les cavitats de totes les Illes Balears, aquests espeleotemes són potser els més abundants i mostren una freqüència d'aparició molt elevada en la totalitat de les regions càrstiques de l'arxipèlag. La gènesi d'aquests dipòsits minerals, que segueixen un eix vertical, està controlada per la gravetat, mentre que la precipitació química del carbonat càlcic, causant del seu creixement, s'engega quan l'aigua d'infiltració, que arri-

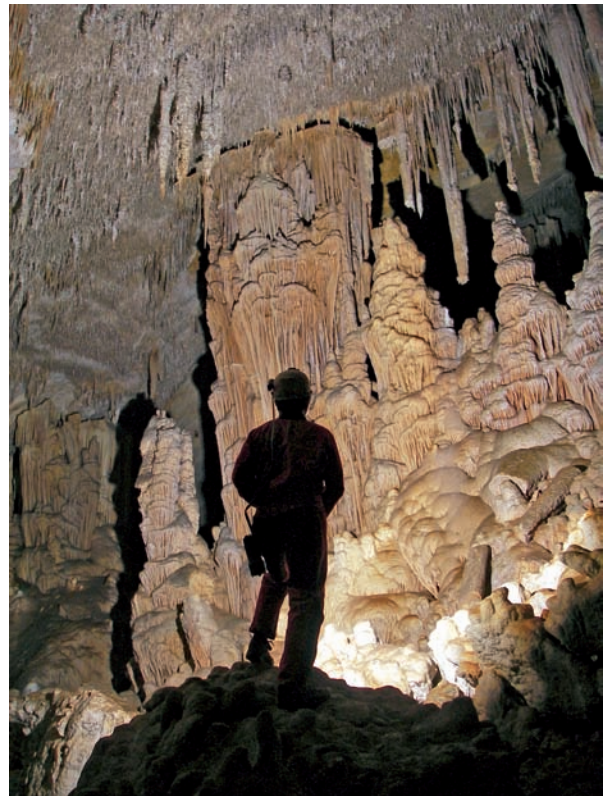


Figura 1: Vista d'un conjunt d'estalactites, estalagmites, columnes i colades parietals a les Coves del Pirata. (Foto: A. Merino)

Figure 1: Comprehensive view over stalactites, stalagmites and columns along with massive flowstone in Coves del Pirata. (Photo: A. Merino)

ba al sostre de la cova després d'haver circulat a través de les fissures de la roca, després diòxid de carboni per tal de reajustar-se a la disminució de la pressió parcial d'aquest gas que experimenta l'aigua en contactar amb l'aire menys confinat de la cova. La pèrdua de diòxid de carboni al voltant de la gota causa un desequilibri químic, i la sobresaturació resultant provoca la precipitació d'una petita quantitat de carbonat càlcic; es produeix així el lent creixement d'un anell de cristallització molt prim que, mentre les condicions siguin adients, permetrà el desenvolupament d'una estalactita. Aquest procés químic, prossegueix quan la gota cau al terra i allibera una quantitat addicional de diòxid de carboni; la precipitació del carbonat càlcic sobre el trespol de la cavitat dipositarà noves capes de cristallitzacions, formant una estalagmita. El creixement simultani, en un mateix punt de degoteig, d'una estalactita i de la seva corresponent estalagmita pot donar lloc a la formació d'una columna, que uneix mitjançant un mateix espeleotema el sostre i el terra de la cova (Fig. 1).

L'abundància d'estalactites és un tret que comparteixen moltes coves de Mallorca i que també es pot generalitzar a la majoria de cavitats de les altres illes. Algunes de les estalactites més notables es troben a cavernes desenvolupades dins les calcàries mesozoiques de la Serra de Tramuntana i de les Serres de Llevant, com és el cas de les Coves d'Artà, però en canvi les majors densitats d'estalactites semblen anar associades a l'elevada porositat que presenten les calcarenites del

Miocè superior de la Marina de Manacor, com succeeix a les Coves del Drac. Entre les varietats d'estalactites més freqüents i peculiars cal destacar les anomenades estalactites fistuloses (*soda straws*), que estan constituïdes per tubs cilíndrics molt prims que tenen un conducte interior buit de menys de 9 mm de diàmetre (Fig. 2). Es tracta de l'espeleotema que potser presenta una distribució més ubíqua, si bé els principals boscos d'estalactites fistuloses es localitzen a la Cova des Pas de Vallgornera (Migjorn de Mallorca), on arriben a cobrir notables extensions de les seves voltes i on no és gens excepcional trobar exemplars de 3 m de longitud. A l'oest de Menorca, la Cova de sa Tauleta destaca també per la gran quantitat d'estalactites d'aquest tipus que decoren les seves sales.

Les estalagmites i columnes són espeleotemes de degoteig que es formen en condicions molt semblants i que també són generalment abundants a les coves riques en estalactites. Gairebé totes les cavitats balears contenen estalagmites de diverses formes i mides. Alguns notables conjunts d'espeleotemes formats per boscos d'estalagmites isodiamètriques de dimensions mitjanes, constitueixen una part molt significativa del paisatge subterrani de les cavernes del Migjorn de Mallorca, com és el cas de les Coves del Drac (GINÉS & GINÉS, 1992) i la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2000), però

en altres coves, com ara la Cova Genovesa, el sistema de coves Pirata-Pont-Piqueta i el sistema Gleda-Camp des Pou, moltes estalagmites romanen actualment submergides sota les aigües freàtiques del nombrosos llacs que caracteritzen a aquesta regió càrstica (GRÀCIA *et al.*, 2003a, 2006, 2010). A les cavitats de la Serra de Tramuntana els boscos d'estalagmites isodiamètriques no són tan comuns, però en canvi és freqüent trobar estalagmites còniques de grans dimensions, com succeeix a la Cova de sa Campana i a la Cova de Cornavaques. Encara que no és possible generalitzar, sembla que el desenvolupament dels espeleotemes de degoteig no sigui tan extremadament abundant a les coves i avencs de la Serra de na Burguesa, si bé les grans columnes de l'Avenc de sa Moneda i de l'Avenc de s'Embut són prou destacables (BARCELÓ, 1992; BARCELÓ *et al.*, 1998) (Fig. 3); i aquesta tendència pareix repetir-se a altres indrets de la principal serralada de Mallorca. L'abundància d'estalactites, estalagmites i columnes es manifesta d'una manera rellevant a les Coves d'Artà, a l'extrem més oriental de Mallorca. La Cova des Frare, a l'illa de Cabrera, conté un conjunt d'estalagmites i columnes al voltant d'una gran sala. Finalment, a l'illa de Menorca destaquen les estalactites, estalagmites i columnes presents a la Cova de s'Aigo, la Cova des Màrmol i la Cova de na Megaré (ARNAU *et al.*, 2008), localitzades als ma-



Figura 2: Espectacular bosc d'estalactites fistuloses on s'hi pot apreciar la naturalesa translúcida dels espeleotemes. Cova des Pas de Vallgornera. (Foto: A. Merino)

Figure 2: Impressive soda straw forest where the translucent nature of these speleothems is clearly visible. Cova des Pas de Vallgornera. (Photo: A. Merino)

terials calcarenítics del Miocè superior de Cala Blanca, a prop de Ciutadella.

Les banderes (*draperies*) són espeleotemes que pengen de les parets en volada o dels sòtils d'un gran nombre de caveres i que es formen quan les aigües de goteig van regalimant, formant petits filets mentre romanen aferrades a l'extravertical de la roca, fins que arriben a degotar. Depenent de les irregularitats de les superfícies de roca, i a mesura que aquests espeleotemes mixtes (de flux i degoteig) van creixent, les banderes desenvolupen plecs molt sinuosos que les hi confereixen un aspecte força característic. Les banderes són bastant freqüents a les cavitats balears, i més especialment a Mallorca.

Un darrer tipus d'espeleotema de degoteig que està present a alguns avencs i coves de les illes (MERINO, 2006) són les conulites (*conulites*). Consisteixen en petits tubs, de forma cilíndrica o cònica, que es formen allà on un goteig d'aigua cau de manera continuada sobre un sòl de material tou o poc consistent. L'impacte de les gotes remou i desplaça part dels materials i n'excava un tub. Al mateix temps, les parets d'aquests pouets queden folrades de carbonat càlcic, que precipita a causa de l'escapament del diòxid de carboni, com si es tractés d'una estalagmita. Això dona origen a una mena de closca interior rígida, que posteriorment pot quedar al descobert com a conseqüència de la retirada, per erosió, dels materials adjacents.

Espeleotemes de flux

Quan les aigües d'infiltració, sobresaturades en bicarbonat càlcic, s'escorren sobre les parets o el terra d'una caverna, produint un flux més aviat laminar, es disposen uns tipus d'espeleotemes que s'anomenen amb el terme genèric de colades (*flowstone speleothems*). Es tracta de formacions que poden ocupar grans superfícies i que, a petita escala, estan constituïdes per successives capes, generalment molt primes, de petits cristalls que van creixent perpendiculars a la superfície per on flueix l'aigua. Com a conseqüència de la gran varietat de situacions en què pot tenir lloc aquesta modalitat de precipitació química, s'originen innumerables formes, que es poden agrupar amb un criteri molt simple en colades parietals i colades pavimentàries, depenent de si recobreixen les parets o el trespòl de les coves (Fig. 4). Les formes mimètiques que es poden reconèixer a moltes colades són objecte d'atenció preferent a les coves turístiques, especialment en el cas de les colades parietals, que sovint recorden cascades, boscos i orgues. També poden presentar una àmplia gamma de colors i, junt amb els omnipresents espeleotemes de degoteig, abans esmentats, constitueixen la part més important de la decoració del paisatge subterrani de les caveres més apreciades pel turisme de masses.

Des d'un punt de vista més estrictament geològic i estratigràfic, cal destacar que les colades poden assolir gruixes molt importants i, fins i tot, poden arribar a colmar galeries. El seu creixement tendeix a cobrir i fossilitzar sediments més antics i a englobar fragments de roca i altres espeleotemes, especialment pel que fa a les



Figura 3: Magnífica columna de petit diàmetre; al fons s'hi pot apreciar un grup potent de columnes separades del sostre per l'efecte de moviments de subsidència del trespòl. Avenc de s'Embut. (Foto: A. Merino)

Figure 3: Excellently-made column of small diameter; at the back a huge group of columns separated from the ceiling due to adjustment movements of the floor can be seen. Avenc de s'Embut. (Photo: A. Merino)

colades pavimentàries, com succeeix a la Cova des Fum (GINÉS & FIOL, 1981). Amb molta freqüència, les colades pavimentàries poden recobrir i emmascarar grans acumulacions de blocs caiguts a causa dels esfondraments que afecten les voltes de la majoria de coves. Per això, a mesura que els processos d'esfondrament provoquen amuntegaments inestables de blocs i es produeixen els consegüents fenòmens d'assentament al terra de les sales de nombroses coves, es produeixen trencaments dels espeleotemes, i resulta molt significativa l'aparició de paviments fracturats i desplaçats, formació d'esquerdes a les crostes estalagmítiques, basculament de massissos estalagmítics i ruptura de columnes.

De manera general, les colades són espeleotemes molt abundants a la immensa majoria de cavitats de totes les Balears. A més dels típics exemples, representats per les coves turístiques, com ara les Coves del Drac i les Coves de Campanet, són nombroses les caveres mallorquines que mostren espectaculars conjunts de colades, tant pel que fa a les dimensions que presenten com en consideració a la varietat morfològica que exhibeixen per tot arreu.

Espeleotemes produïts per capil·laritat i formes botrioïdals

Les aigües d'infiltració, que percolen lentament aprofitant les diminutes fissures i els porus de mida molt petita que presenta la roca, són les causants d'un seguit d'espeleotemes que no mostren cap orientació vertical preferent, però que afegeixen a la seva trajectòria erràtica unes morfologies tan característiques com diversificades. Moltes d'aquestes formes corresponen als espeleotemes que tradicionalment s'han agrupat amb el nom d'estalactites excèntriques, però també inclou una considerable varietat de formes coral·loides i arraïmades. La precipitació del carbonat càlcic es produeix al voltant de porus molt petits, a partir de solucions que traspuen molt lentament a través de les parets de les cavitats (*seepage water speleothems*); en aquestes condicions, el creixement dels petits espeleotemes pot presentar girs que depenen més de les forces que actuen a nivell dels processos de cristal·lització que de la manera com la gravetat determina el pas de l'aigua d'infiltració i el seu flux, molt més ràpid i necessàriament descendent. Quan l'aportació d'aigua d'infiltració experimenta variacions al llarg del temps, es produeix una alternança entre les forces gravitacionals i les forces originades per capil·laritat (PALMER, 2007), de tal manera que les formes resultants poden ser molt més complexes. Com a conseqüència de tots aquests processos físico-químics, així com de la porositat de la roca i de distints paràmetres microclimàtics, s'originen una munió de tipus d'espeleotemes que mostren una aclaparadora diversitat morfològica. Això val tant pel que fa a les estalactites excèntriques com per a tot el conjunt de formes botrioïdals (concrecions en forma de raïm) i coral·loides, que recobreixen sostres i parets, i fins i tot les estalagmites i colades que constitueixen el trespol de moltes coves de les Illes Balears.

Dins de l'ample grup de les estalactites excèntriques, les quals es caracteritzen per constituir espeleotemes allargassats que creixen generalment des del sòtil o les parets de les cavitats, cal distingir diferents tipologies de difícil classificació. La majoria d'excèntriques presenten formes corbades, més o manco helicoïdals, motiu pel qual s'utilitza preferentment el terme *helicítita* (*helicítite*) per a la seva descripció (Fig. 5). Algunes varietats, generalment de major mida, creixen quasi perpendiculars a la superfície i mostren trajectòries més aviat anguloses, i de vegades amb branquillons que les confereixen forma de cornamenta (*antler helicítites*); és el cas d'alguns ramells d'excèntriques de la Cova de sa Campana (MIR & TRIAS, 1973) (Fig. 6) i de la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2006). Però la immensa major part de les helicítites de les coves mallorquines són més petites i mostren trajectòries molt sinuoses i cargolades. Entre elles cal distingir helicítites filiformes, extremadament primes, helicítites vermiformes, retorçudes i una mica més gruixudes, i fins i tot heligmites, similars a les anteriors però que creixen des del terra. Es tracta d'un conjunt d'espeleotemes bastant comú a bona part de les caveres de Mallorca, i recentment varies localitats riques en helicítites han estat objecte d'alguns treballs descriptius que mostren la presència d'excel·lents exemples d'helicítites,



Figura 4: Colades parietals de notable desenvolupament que cobreixen la paret d'un pou a la Cova de sa Bassa Blanca. (Foto: A. Merino)

Figure 4: Flowstones of remarkable development covering the wall of a pit in Cova de sa Bassa Blanca. (Photo: A. Merino)

tites, tant a les calcàries mesozoiques de la Cova de ses Llàgrimes (GRÀCIA *et al.*, 2003b) com a les calcarenites del Miocè superior de la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2006). D'altra banda, les Coves dels Hams deuen el seu nom a les concrecions excèntriques, moltes d'elles helicítites, que constitueixen el seu principal atractiu turístic. A l'illa de Menorca són remarcables les agrupacions d'helicítites que es troben a la Cova de na Megaré i a la Cova de sa Tauleta (ARNAU *et al.*, 2008).

A més de les estalactites excèntriques, dins d'aquest ample grup de morfologies més o manco erràtiques, cal incloure les anomenades formes botrioïdals i els coral·loides; la gènesi de les quals sembla lligada a complexes interaccions entre fenòmens de capil·laritat i la probable aportació d'aerosols causats per esquitxos produïts a causa del degoteig zenital. Es tracta, en general, de petits espeleotemes d'aspecte nodular (entre uns pocs mil·límetres i un parell de centímetres), que freqüentment apareixen formant raïms de formes globulars o bé sobresurten amb diminuts peduncles o branquillons que els donen una aparença més aviat coral·lina (Fig. 7). Es poden desenvolupar sobre qualsevol superfície, recobrint parets, sostres, trespols amb diferents sediments,

blocs caiguts o fins i tot espeleotemes, com ara colades i estalagmites. A més de les localitats mallorquines citades a la bibliografia disponible, com és el cas de les Coves de Garrafa, Es Bufador de Solleric, les Coves de Gènova o la Cova des Mirador, cal esmentar també alguns altres exemples publicats recentment, com els espeleotemes botrioidals de la Cova Nova de Son Lluís (GINÉS & GINÉS, 2006), la Cova des Coral-loides (GINARD *et al.*, 2009) i la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2006). La Cova de na Megaré, a l'extrem occidental de Menorca, conté una bona representació d'aquests espeleotemes (ARNAU *et al.*, 2008).

En certes circumstàncies poden intervenir també processos d'evaporació produïts com a conseqüència de petits corrents d'aire o de variacions molt subtils dels percentatges d'humitat relativa dins l'atmosfera de les cavitats; la precipitació de carbonat càlcic (o també d'altres minerals) es veuria afavorida tant per la pèrdua de diòxid de carboni com per l'eventual evaporació, que es produiria preferentment als microrelleus i a les voreres més afectades pels tènues fluxos d'aire. Aquest és el cas de les anemolites de l'Avenc de Fra Rafel i de la Cova de sa Campana (GINÉS, 1995a). Entre els espeleotemes poc freqüents que també estan relacionats amb aquests mecanismes de precipitació química cal esmentar dues varietats que van associades amb una

determinada mineralogia, com ara les flors de guix (*cave flowers*) i les antodites de cristalls aciculars d'aragonita (*frostwork*), que han estat documentades recentment a la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2007).

Un altre espeleotema d'aquesta classe que destaca per la seva singular complexitat són les anomenades toveres (*cave rims*). Es tracta d'estructures concoïdals, de dimensions mitjanes, que es desenvolupen per sobre dels llavis de forats o esquerdes que s'obren al terra d'algunes galeries (Fig. 8). La forma de les projeccions que delimiten les toveres és molt irregular i tendeixen a envoltar els forats de manera que els seus caires - d'entre 1 i 4 cm de gruixa- presenten dues cares d'aspecte ben distint: la part interna sol ser més llisa i fina, mentre que la part externa és més granelluda i pot estar recoberta de petits coral-loides. La gènesi de les toveres sembla estar relacionada amb els moviments d'aire que es produeixen entre dues galeries situades a diferents nivells, quan el nivell de galeries inferior està en contacte amb masses d'aigua que aporten humitat a l'aire des d'avall. Aquest fet podria promoure el creixement de les toveres mitjançant diversos mecanismes de condensació-corrosió. Magnífics exemplars d'aquest tipus d'espeleotema es troben distribuïts al llarg de diversos indrets a la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO *et al.*, 2009a i 2009b).



Figura 5: Conjunt d'helictites filiformes que creixen des d'una fractura oculta que afecta a una colada pavimentària. Cova des Pas de Vallgornera. (Foto: A. Merino)

Figure 5: Group of filamental helictites growing from a covered fissure affecting a flowstone. Cova des Pas de Vallgornera. (Photo: A. Merino)



Figura 6: Magnífic conjunt d'helictites en forma de banya desenvolupades sobre la paret d'una sala de la Cova de sa Campana. (Foto: D. Mayoral)

Figure 6: Magnificent assemblage of antler helictites developed over a wall in a chamber in Cova de sa Campana. (Photo: D. Mayoral)

Els dipòsits de *moonmilk* estan lligats genèticament amb les aigües de percolació que traspuen a través de la microporositat de la roca. El *moonmilk* constitueix una mena de recobriment de textura molt variable, constituït per una massa esponjosa, tova, de consistència més aviat pastosa, i que generalment conté un elevat percentatge d'aigua; per això, quan es troba amarat d'aigua té un tacte semblant a la mantega, però si està dessecat té una aparença pulverulenta que recorda al talc. Es troba freqüentment als sostres, parets i blocs caiguts de moltes cavitats balears i està format per agregats microcristal·lins de composició diversa, encara que les anàlisis fetes fins ara amb mostres de coves de Mallorca només han pogut confirmar la presència de carbonat càlcic.

Finalment, cal destacar l'existència d'un altre tipus d'espeleotema, molt particular, que evidencia una propera relació genètica amb els tipus anteriorment esmentats a causa de la manera com es produeix l'arribada de l'aigua; és a dir, mitjançant petites aportacions d'aigües de percolació que no produeixen degoteig continu i que en canvi provoquen el creixement d'un espeleotema ascendent. Es tracta dels anomenats discos (*shields*), que formen una complexa estructura ovalada o quasi circular, consistent en dos discos paral·lels separats entre si per una diminuta fissura a través de la qual petites quantitats d'aigua assoleixen el seu vorell i precipiten

carbonat càlcic al seu voltant. Apareixen ocasionalment a diverses cavitats de Mallorca desenvolupades en distintes litologies, però sens dubte la millor representació de discos, amb alguns exemples prou espectaculars, es troba a les Coves d'Artà (GINÉS, 1995a).

Espeleotemes subaquàtics d'origen vadós

La zona vadosa, també anomenada zona d'infiltració (*free-draining percolation zone*, segons FORD & WILLIAMS, 2007), es caracteritza pel trànsit vertical de les aigües sota l'efecte de la gravetat. El descens de les aigües d'infiltració ocasiona la formació d'embassaments temporals d'aigua, de molt variables dimensions, allà on localment es va acumulant l'aigua que degota o s'escola des de dalt junt amb l'aigua que s'escorre sobre el terra de les coves en forma de làmines o filets. Mentre les aigües vadoses romanen emmagatzemades formant tolls, poden créixer cristallitzacions subaquàtiques i es poden desenvolupar espeleotemes ben particulars. Una interessant varietat d'ells són les concrecions pisolítiques o

perles de les cavernes (*cave pearls*), que es troben ocasionalment a coves de Mallorca i que han estat objecte d'alguns estudis, entre els que destaca el d'AUROUX (1985). Sens dubte, els espeleotemes més representatius formats per les acumulacions d'aigua vadosa són els gours (*gours*, segons la versió catalanitzada que es proposa a RIBA, 1997).

Els gours són espeleotemes còncaus que posseeixen una paret subvertical, o extraplomada a contrapendent, on es pot embassar temporalment l'aigua d'infiltració procedent del degoteig o dels petits fluxos que s'escorren sobre les colades o el paviment de les coves (GINÉS, 1995a). Les seves dimensions poden fluctuar entre centímetres i metres de longitud i entre mil·límetres i metres de profunditat. La seva formació es deu inicialment a les petites perturbacions que provoquen les irregularitats del sòl sobre els fluxos laminars que circulen amb certa regularitat sobre el terra de les cavitats; d'aquesta manera comencen a formar-se uns cordons sinuosos que returen l'aigua en basses molt somes. Aleshores, el carbonat càlcic precipita més ràpid just en el caire de la paret que fa de resclosa, per on sobreix l'aigua, degut a que el flux turbulent fa augmentar la pèrdua de diòxid de carboni, i això determina el creixement en altura de la resclosa i fa que el gour vagi guanyant en profunditat i capacitat per a emmagatzemar més aigua. Aquests espeleotemes creixen generalment sobre colades pavimentàries o bé n'ocupen les depressions del trespòl de sales i galeries on s'acumula temporalment l'aigua vadosa. L'altura que assolix la paret depèn del pendent del substrat; sembla que les cubetes més somes van associades a pendents més suaus, mentre que els exemplars més fondos corresponen a les sales o galeries que tenen un major desnivell. Encara que es poden trobar gours separats i més o manco aïllats, el més freqüent és que es presentin formant grups connectats hidrològicament entre si, de manera que l'aigua que vessa d'un n'alimenta el següent aigües avall. A les coves de Mallorca són espeleotemes ben comuns i, entre els més destacables cal esmentar, per l'extensió que ocupen, els de la Cova de sa Campana (Fig. 9) i, molt especialment, els extensíssims conjunts de les galeries de la Cova des Pas de Vallgornera, on sens dubte es localitza la millor representació d'espeleotemes subaquàtics d'origen vadós de tota l'illa de Mallorca. A Menorca destaquen els gours de la Cova de na Megaré (ARNAU *et al.*, 2008).

Dins el seu interior i a les seves vores, els gours poden contenir altres varietats d'espeleotemes que tendeixen a recobrir el fons i les parets de la concavitat fins al nivell on se sol emplenar d'aigua i que, a més a més, produeixen diversos tipus de sobrecreixements que poden generar una munió de formes de recobriment molt diversificades. Es tracta d'espeleotemes mixtos que assoleixen, de vegades, una gran complexitat a causa de la sobreimposició d'etapes tant subaquàtiques com subaèries, depenent de les condicions fluctuants de dessecament i immersió que els hi afecten localment.

Entre aquestes varietats d'espeleotemes cal esmentar tots els relacionats amb la calcita flotant (*cave rafts*), que es forma amb molta freqüència sobre qualsevol superfície d'aigua estancada -siguin gours o llacs, i independentment de les seves dimensions- com a

conseqüència fonamentalment de la fuga de diòxid de carboni cap a l'atmosfera de la cova; la sobresaturació resultant causa un tranquil creixement de làmines molt primes de cristallitzacions de calcita que es mantenen surant per tensió superficial fins que el seu propi pes, en anar augmentant de mida, o sobretot les agitacions causades pel degoteig trenquen l'equilibri del pla de l'aigua i les làmines s'enfonsen i es dipositen al fons del gour. Ocasionalment, les làmines es van ajuntant entre si i, fins i tot, poden quedar adossades als vorells dels gours, el que facilita encara més que les làmines adquireixin una major gruixa, afavorides per l'estabilitat i suport que n'obtenen en quedar aferrades a les parets de la cubeta. Però també es poden produir acumulacions còniques de calcita flotant (*cave cones*) quan el freqüent degoteig sobre la superfície del llac o gour provoca l'enfonsament puntual de les làmines que s'estaven formant a ran d'aigua. Els espeleotemes subaquàtics resultants tenen aspecte d'estalagmita, encara que mostren molta porositat i escassa consistència, segons el seu grau de cimentació, així com dimensions variables i puntes més agudes que les autèntiques estalagmites. A més, als espeleotemes relacionats amb la calcita flotant, s'hauria d'afegir la recent troballa de bombolles (*cave bubbles*); es tracta de minúscules concrecions de carbonat càlcic, de forma ovoïdal i uns 5 mm de diàmetre, que suren formant grans grups sobre la superfície tranquil·la i quieta d'un petit gour de la Cova des Pas de Vallgornera (MERINO, 2007) (Fig. 10).



Figura 7: Conjunt de coralloides sobre una colada estalagmítica a la Cova Nova de Son Lluís. (Foto: A. Merino)

Figure 7: Group of coralloids covering a flowstone in Cova Nova de Son Lluís. (Photo: A. Merino)



Figura 8: Toveres desenvolupades sobre el trespol d'una galeria a la Cova des Pas de Vallgornera. (Foto: A. Merino)

Figure 8: Cave rims developed in a passage floor in Cova des Pas de Vallgornera. (Photo: A. Merino)

Uns altres espeleotemes ben curiosos es desenvolupen horitzontalment en forma de plats (*cave cups*); es tracta de concavitats aplanades, d'aspecte circular o de vegades ovalat i mida més aviat petita -entre 1 i 20 cm-, que tant es poden trobar al fons dels gours com adossats en diferents altures a les parets del seu interior (MARSART, 2004). Els que es formen al fons solen presentar una mena de peduncle de subjecció que correspon a l'extrem del con invertit que delimita la seva geometria, mentre que els que creixen enganxats pels seus costats a les parets es disposen en conjunts que indiquen successius nivells assolits per l'aigua dins els gours. La part superior del plat és generalment llissa, a diferència de la part inferior que es mostra recoberta de vistosos cristalls de calcita. D'una manera molt semblant, els relleixos o cornises (*shelfstones*) són espeleotemes plans que apareixen associats als vorells dels gours o que voregen, ells mateixos, d'altres espeleotemes parcialment submergits dins les aigües dels gours. La seva gruixa pot ser molt variable i depèn del temps i la freqüència amb que es manté un nivell d'immersió més o manco estable emplenant el gour. El contorn en planta és gairebé sempre curvilini, i en alguns casos amb forma de mitja lluna (*crescent shelfstones*), però pot mostrar moltes irregularitats (Fig. 11). En alguns casos extrems el creixement continuat d'aquest tipus d'espeleotemes pot ocasionar el tancament quasi complet del gour amb una crosta cristal·lina i translúcida. Altres varietats de cornises es presenten al voltant d'una columna o estalagmita donant lloc a

palmatòries (*candlesticks*), o bé destaquen com a grans estructures circulars en forma de plats (*coke tables*), les quals creixen a partir d'aquells punts que sobresurten per damunt del nivell màxim del gour, de manera que la part inferior del plat roman llarg temps mig submergida dins les aigües que l'emplen temporalment. Com a tendència general, les superfícies superiors d'aquests espeleotemes són llises, mentre que les superfícies interiors es caracteritzen pel desenvolupament de diverses microformes de recobriments (*coatings*) constituïdes per coral·loides o macrocristalls de calcita que li donen una aparença molt més rugosa i fins i tot aspra. El paper de l'activitat bacteriana s'ha posat recentment de manifest (MERINO & FORNÓS, 2010a) en uns espeleotemes molt particulars com són els *pool fingers* y *U-loops*.

Entre els diferents tipus de cristallitzacions que poden recobrir per complet les parets i el fons dels gours cal destacar la calcita espàtica (*pool spar*). Es tracta de microformes que creixen i es desenvolupen per davall del nivell de l'aigua, en condicions de sobresaturació que provoquen la precipitació del carbonat càlcic, però també poden créixer just a ran d'aigua on hi ha un escapament de diòxid de carboni més immediat. Les cristallitzacions subaquàtiques que es generen, folrant l'interior dels gours, produeixen superfícies rugoses de tipologia prou diversa, entre les quals no és difícil de trobar grans cristalls de calcita, de vegades molt ben desenvolupats. MERINO (2006) descriu alguns exemples de cristallitzacions d'hàbit romboèdric (*rhombohedral spar*), a més de cristalls de calcita d'aparença escalenoèdrica (*dogtooth spar*), als nombrosos gours de la Cova des Pas de Vallgornera.

La presència a l'esmentada Cova des Pas de Vallgornera d'una excepcional quantitat de gours, de característiques i dimensions també excepcionalment diverses, ha fet que tot el conjunt de formes subaquàtiques d'origen vadós compti ara a Mallorca amb un renovat interès, tant des del punt de vista morfològic com també estètic. La cavitat supera en l'actualitat els 67 km de desenvolupament i una part molt significativa del terra de les seves sales i passatges estan ocupades per gours (MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008 i 2009a; GRÀCIA *et al.*, 2009). Els gours, així com la gran varietat d'espeleotemes associats a ells, són especialment abundants a les grans galeries del nivell superior de les Noves Extensions de la cova (Sector de Gregal, Sector Tragus, etc.), i això suposa conseqüentment molts de quilòmetres de galeries amb una rica representació d'espeleotemes d'aquestes tipologies.

Espeleotemes subaquàtics d'origen freàtic costaner

Encara que la zona freàtica d'alguns sistemes càrstics pot presentar condicions geoquímiques aptes per a la deposició d'espeleotemes subaquàtics, les publicacions disponibles sobre espeleotemes freàtics són molt escasses, i només excepcionalment es fa referència explícita a la gènesi d'alguns espeleotemes dins aquesta zona

hidrogeològica del carst (caracteritzada per romandre permanentment saturada d'aigua subterrània, és a dir per sota del nivell freàtic). Nogensmenys, en el cas de les Illes Balears, són nombroses les cavitats càrstiques costaneres que presenten llacs freàtics, d'aigües més o manco salabroses, on es produeix actualment precipitació de carbonats i on creixen espeleotemes prou singulars a ran -o lleugerament per davall- del pla de les aigües freàtiques. Aquest medi geoquímic molt peculiar és el resultat de la inundació d'antigues sales i galeries dels sistemes càrstics litorals com a conseqüència de la pujada del nivell de la mar durant l'Holocè, segons s'ha pogut confirmar amb mètodes de datació radiomètrica per TUCCIMEI *et al.* (2009, 2010 i 2011). Coves afectades per aquests processos d'inundació postglacial són ben conegudes a la costa sud-oriental de Mallorca, però també s'hi troben a Menorca, Formentera, Dragonera i al subarxipèlag de Cabrera, si bé no tots els llacs costaners mostren necessàriament evidències de formació d'espeleotemes freàtics.

Els estudis dels espeleotemes subaquàtics d'origen freàtic a les coves costaneres de Mallorca es varen iniciar fa quasi quaranta anys i es focalitzaren inicialment a la Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) i posteriorment a la Cova A de Cala Varques (Manacor). Mentre en el primer cas es tractava d'un excepcional registre fòssil

de paleonivells freàtics que es remunten fins al Pleistocè Mitjà (GINÉS & GINÉS, 1974), en el segon cas la ubicació dels espeleotemes era coincident amb el nivell actual i mostrava una relació morfològica molt evident amb les petites oscil·lacions actuals del pla de l'aigua freàtica, controlades per les mareas i els canvis baromètrics (POMAR *et al.*, 1979); motiu pel qual es va introduir el terme "espeleotemes epiaquàtics", que intenta especificar el seu mecanisme genètic, lligat directament a la superfície fluctuant de les aigües dels llacs costaners. Emperò cal distingir els espeleotemes epiaquàtics costaners de les cornises o relleixos (*shelfstone*), que voregen els gours, i evitar-ne confusions malgrat les seves notables similituds morfològiques. Tant els uns com els altres comparteixen un creixement preferent que delimita relleixos horitzontals perfectament anivellats i mostren recobriments molt semblants constituïts per una gran diversitat de microformes subaquàtiques. Tanmateix, la principal diferència consisteix en la secció transversal, que als espeleotemes epiaquàtics tendeix a ajustar-se a una forma de campana de Gauss. Més recentment (VESICA *et al.*, 2000 i TUCCIMEI *et al.*, 2009), per tal de fer-ne una difusió més eficaç d'aquests espeleotemes dins l'àmbit del Quaternari marí, s'ha introduït a la bibliografia el terme *phreatic overgrowths on speleothems* (POS), que en resulta pràcticament sinònim.



Figura 9: Una part del trespol de la Sala des Gegants a la Cova de sa Campana està coberta de gours. (Foto: D. Mayoral)

Figure 9: A section of the Sala des Gegants in Cova de sa Campana is flooded with gours. (Photo: D. Mayoral)

La descripció tipològica, mineralògica i textural dels espeleotemes freàtics d'origen costaner és complexa i obliga a diferenciar un ampli conjunt de tipus i formes que han estat sistematitzades al llarg d'un seguit de publicacions (GINÉS & GINÉS, 1974; POMAR *et al.*, 1975, 1976 i 1979; GINÉS, 1995a; GINÉS *et al.*, 1981 i 2005). La classificació més recent, elaborada per GINÉS *et al.* (2005), enumera una associació d'espeleotemes constituïda per: calcita flotant, cons de calcita flotant (estalagmites còniques subaquàtiques), bandes de nivell que formen engrossiments a les parets o al voltant de qualsevol suport (*POS*), estalactites boterudes (de base plana i aspecte globular) i una gran varietat de revestiments subaquàtics (*subaqueous coatings*), que abraça des dels macrocristal·lins de calcita romboèdrica fins als llisos i d'aspecte vellutat formats per finíssimes agulles d'aragonita, passant per diversos revestiments botrioidals i d'aspecte coral·loide. Les localitats més remarcables de les Illes Balears són, sens dubte, la Cova de sa Bassa Blanca i les Coves de Cala Varques, però també es poden apreciar excel·lents exemples a les Coves del Drac i d'Artà, així com a les galeries submergides de la Cova de sa Gleda (GRÀCIA *et al.*, 2007) i també a alguns sectors de la Cova des Pas de Vallgornera, on la presència de formes subaquàtiques tant d'origen vadós com d'origen freàtic destaca per la seva extraordinària varietat i abundància.



Figura 10: Grup de bombolles, *cave bubbles*, format per multitud d'individus que es troben surant a les aigües d'un gour. Cova des Pas de Vallgornera. (Foto: A. Merino)

Figure 10: Assemblage of cave bubbles formed by dozens of individuals floating on a gour. Cova des Pas de Vallgornera. (Photo: A. Merino)

Factors que influeixen sobre la riquesa i varietat d'espeleotemes carbonatats de les cavitats de les Illes Balears

El creixement dels espeleotemes depèn de diversos factors, entre els quals cal destacar les característiques litològiques de les calcàries i les condicions climàtiques. Els distints tipus de roques carstificables que formen les Balears, abracen des de les dolomies triàsiques i les calcàries massives del Lias inferior, passant per les calcàries i conglomerats burdigalians, fins als dipòsits tabulars postorogènics constituïts per calcarenites del Miocè superior. Tots aquests dipòsits carbonatats presenten una permeabilitat molt diversa, en part com a conseqüència dels distints ambients deposicionals en què es varen formar, però també a causa dels esdeveniments tectònics i dels processos geològics que posteriorment els han afectat al llarg del temps; la porositat inicial de la roca, les línies de fracturació dominants i el progressiu desenvolupament de conductes càrstics, condicionen la infiltració d'aigua des de la superfície, així com també el trànsit de las aigües càrstiques a través de les coves i dels sistemes de drenatge subterrànies. A més dels condicionants estrictament geològics que hi determinen les



Figura 11: Cornises en forma de mitja lluna al voltant d'un gour, sobre les que s'hi han dipositat làmines de calcita flotant. Cova des Pas de Vallgornera. (Foto: A. Merino)

Figure 11: Crescent shelfstones ringing a gour; cave rafts deposited on them can be identified. Cova des Pas de Vallgornera. (Photo: A. Merino)

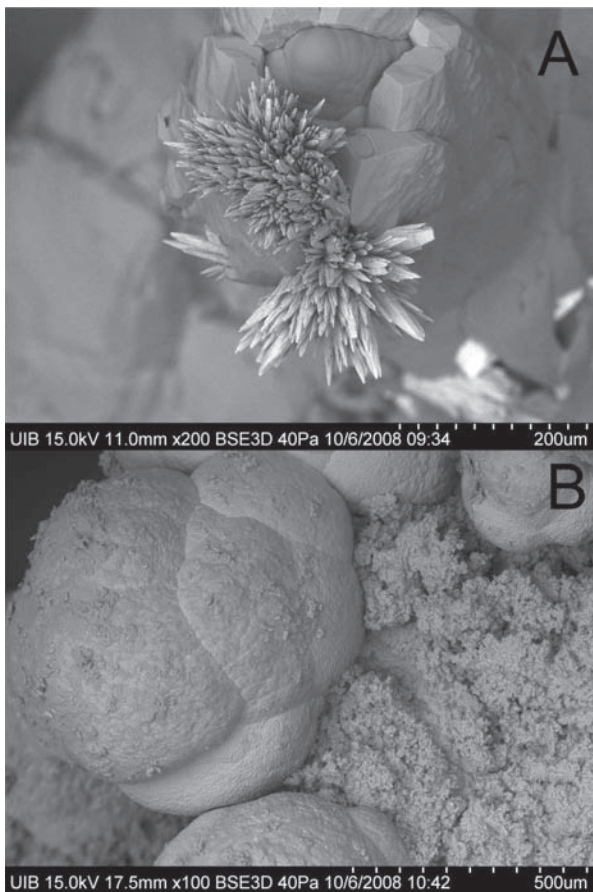


Figura 12: Cristalls d'estroncianita (A) i bolles d'huntita (B).

Figure 12: Strontianite crystals (A) and huntite balls (B).

modalitats d'arribada de l'aigua causant de la formació d'espeleotemes, les diferents localitzacions geogràfiques i topogràfiques on es desenvolupen les cavitats en produeixen molts d'ambients subterranis, amb microclimes prou diversificats (GINÉS, 1995a).

És important subratllar d'una manera molt particular algunes implicacions bioclimàtiques que tenen una certa rellevància en la formació dels espeleotemes. Com que l'arxipèlag balear es troba situat a una latitud mitjana dins de la Mediterrània occidental, des del Pleistocè inferior fins a l'Holocè s'han produït un seguit de fluctuacions climàtiques que corresponen a una alternança, més o manco cíclica, d'etapes fredes (glaciacions) separades per altres períodes alternatius càlids (interglacials). Encara que durant les glaciacions hi dominaven els esdeveniments climàtics de signe fred, mai varen significar un aturament dels processos càrstics i del creixement d'espeleotemes per causa del gel, mentre que en canvi els moments més temperats i fins i tot càlids es varen perllongar durant lapses de temps considerables. La recurrència de condicions climàtiques a bastament càlides i humides, que en resulten favorables per a la formació d'espeleotemes, ha estat sens dubte decisiva per al creixement d'aquests dipòsits a les coves de les Illes Balears, dins un context bioclimàtic mediterrani, caracteritzat per precipitacions intenses, temperatures relativament altes, acceleració estacional dels processos biològics a

nivell edàfic i elevada producció de diòxid de carboni i àcids orgànics. Això fa que les aigües que s'infilren esdevinguin molt agressives, i adquireixin la capacitat de dissoldre una quantitat significativa de roca calcària que finalment serà dipositada a l'interior de les cavitats quan es donin les condicions físico-químiques adients.

El desenvolupament d'un espeleotema obeeix, entre d'altres factors, a la rapidesa i abundància amb la qual arriben a un determinat punt de la cova els materials dissolts i al nivell de sobresaturació en que es troben les diferents substàncies químiques que porten en dissolució les aigües d'infiltració. En general la taxa de precipitació del carbonat càlcic ve determinada per la pèrdua d'una part del diòxid de carboni que du en dissolució l'aigua que alimenta l'espeleotema, i és per això proporcional al grau de sobresaturació en calcita que en presenta; la taxa de creixement es veu també incrementada per la temperatura, essent fins a 8 vegades major quan la temperatura de l'aigua passa de 0° a 25°C (PALMER, 2007). Aquests condicionaments es donen de manera molt favorable a les coves de l'arxipèlag balear, fet que explica en gran part l'abundància i varietat d'espeleotemes de composició carbonatada que adornen les cavitats.

Les altres mineralitzacions

Com ja s'ha comentat abans, recentment (ONAC *et al.*, 2005; MERINO *et al.*, 2009a) s'ha emprés una recerca sistemàtica de nous minerals a les cavitats balears, que es presenten en unes proporcions volumètriques molt petites i amb una escassa presència areal però que constitueixen una font d'informació excepcional. Des d'un punt de vista científic permeten reconèixer els processos que han actuat a les coves i que per tant els han generat. Entre aquests podem diferenciar dos grans blocs: els relacionats amb els processos de tipus hipogènic presents en algunes cavitats de Mallorca, com ha estat constatat recentment (GINÉS *et al.*, 2008, 2009a; MERINO *et al.*, 2009a; MERINO & FORNÓS, 2010b; FORNÓS *et al.*, 2010, 2011); i els relacionats amb la interacció entre la roca encaixant, els sediments de composició argilosa i els lixivats dels excrements de les ratapinyades.

Dins d'aquest darrer bloc destaquen els minerals del grup dels fosfats, ben representats en quant a nombre d'espècies minerals reconegudes, però presents en poques cavitats. Fins ara només s'han descrit la major part d'ells a la Cova de sa Guitarreta i a la Cova de ses Rates Pinyades; però també s'han trobat algunes espècies a les Coves del Pirata i a la Cova des Drac de Cala Santanyí (ONAC *et al.*, 2005). Es tracta de hidroxilapatita, hidroxilapatita carbonatada, brushita, taranakita i ardealita. En els dos primers el radical fosfat ($\text{PO}_4^{=}$) és aportat pel lixiviat del guano de les ratapinyades, que pot reaccionar en ambients neutres o lleugerament alcalins amb els carbonats de la roca encaixant (HILL & FORTI, 1997). Acostumen a trobar-se en forma de crostes o masses terroses d'algun mil·límetre fins a 4 cm de gruixa sota la cobertura del guano. L'ardealita, que és

lleugerament eflorescent, es troba espargida en forma de polsim sobre grans taques de guano i és indicadora d'un pH més àcid. La brushita es troba en forma de cristalls euhedrals d'algunes micres de mida, essent el producte final de la reacció entre solucions fosfàtiques àcides i les parets de la roca calcària o de blocs enterats pel guano en condicions molt humides. La taranakita, que es presenta en forma d'agregats fins i aplanats en forma hexagonal, precipita quant hi ha la fixació de K i Al procedents de les argiles (il·lita) dins de l'estructura fosfàtica en ambient poc àcid.

Íntimament relacionat amb aquests minerals fosfàtics, a les coves esmentades també s'ha descrit la presència de guix. Es pot presentar en forma de pasta color ocre tipus *moonmilk*, dins de les acumulacions de guano, o com a eflorescències dins d'aquestes masses quant estan molt alterades. En ambdós casos sembla que serien resultat del rentat d'aquestes masses orgàniques. Guix, però, també s'ha trobat en diverses cavitats litorals com la cova de Cala Falcó (GINÉS, 1995b), tant al terra com a les parets, en forma de petites bolles d'aparença de cotó d'alguns mil·límetres de diàmetre i formades per cristalls aciculars i fibrosos. El grup aniònic ($\text{SO}_4^{=}$) procediria del ruixim marí, quan ens trobéssim amb cavitats obertes, mentre que en altres casos el guix seria el resultat de la reacció entre la roca calcària i el sulfat procedent de la mescla entre l'aigua marina i l'aigua dolça en aquesta zona litoral.

L'altre gran bloc correspon als minerals relacionats amb els processos hipogènics que afecten algunes cavitats del Migjorn de Mallorca (Cova des Pas de Vallgornera, Cova Nova de Son Lluís). MERINO (2006, 2007) descriu a la Cova des Pas de Vallgornera un conjunt de formes entre les que destaquen les toveres, que presenten en la seva terminació superior uns precipitats en forma de corones i en la roca encaixant que els envolta uns dipòsits multicolors irregulars i d'aspecte terrós. Corresponen en la seva major part a espeleotemes carbonatats, amb característiques morfològiques molt variables i dependents de la localització respecte a l'obertura central de les toveres (basta i coral·lifforme a la part exterior, llisa i suau a l'interior). Tant a les seves parets com a les parets més properes de la cavitat on se troben les toveres s'hi pot observar com la roca calcària està meteoritzada i presenta diversos dipòsits minerals d'aparença irregular, en precipitats aïllats i en forma de crostes (MERINO *et al.*, 2009a, 2009b). Normalment formen minúsculs precipitats cristal·lins i altres productes poc comuns deguts a la meteorització de la roca calcària ocasionada per la interacció amb elements químics poc freqüents (Fig. 12). S'hi han reconegut una ampla varietat de minerals (MERINO *et al.*, 2009a, 2009b; FORNÓS *et al.*, 2010, 2011), que van des de minerals relativament comuns com el guix i alguns minerals de les argiles fins a la huntita, monohidrocalcita, estroncianita, siderita, todorokita, o la celestina. A part també s'hi ha reconegut minerals força inesperats com per exemple la barita, nordstrandita, maghmita o la paralstonita. Tot el conjunt mostra una disposició en una seqüència ordenada que va des de l'interior del conducte fins a les parets adjacents de la roca encaixant, ja fora de la tovera (FORNÓS *et al.*, 2011).

La presència de dipòsits rics en elements modera-

dament solubles en aigües anòxiques profundes i fàcils de precipitar com a òxids i hidròxids en aquífers soms oxigenats, com el Fe i Mn (LUISZER, 1997; PALMER, 2007), així com la presència d'elements com S^{3+} , Si^{4+} , K^+ , Sr^{2+} , o inclús Ti^{4+} , Ni^{2+} , Zr^{4+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Ba^{2+} i La, que són molt poc comuns i que els trobem associats amb les morfologies que han estat interpretades com a de gènesi hipogènica (MERINO, 2007; GINÉS *et al.*, 2009a, 2009b), especialment les relacionades amb les formes que poden ser considerades com a punts d'alimentació (*feeders* en el sentit de KLIMCHOUK, 2007), fan d'aquesta associació de minerals, que es troben en forma de crostes i superfícies d'alteració, una prova més de la participació dels processos d'origen profund en la seva gènesi. L'activitat biològica però no pot ser descartada, al menys en part, per als dipòsits formats per sediments arenosos fins molt obscurs, rics en Fe i Mn i molt poc cristal·lins, que es troben freqüentment també en el terra o parets subhorizontals d'alguns passadissos relacionats o alternant amb argiles i llims vermells.

Les associacions minerals presents, donada la monòtona geologia carbonatada de la zona, indiquen que determinades solucions, riques especialment en Sr, Ba, Mn i Al d'origen hipogènic, tot reaccionant amb la roca encaixant, han de ser les responsables de les associacions minerals descrites. Aquesta recàrrega d'aigües profundes hipogèniques, que estarien relacionades amb anomalies geotermals degudes a la fracturació distensiva neògena, ja ha estat posada de manifest amb la presència d'aigües termals a Mallorca per LÓPEZ & MA-TEOS (2006).

Així doncs, la gènesi d'aquests dipòsits minerals, que podríem considerar a hores d'ara com a extraordinaris dins del carst de les Balears, estarien relacionats amb la participació de processos profunds i episòdics, per la qual cosa s'haurien de tenir presents en establir l'evolució geomorfològica d'algunes cavitats.

Agraïments

Un agraïment merescut a tots els companys que han ajudat d'una manera o una altra en les labors de camp al llarg de molts mesos de treball. A Daniel Mayoral per cedir amablement algunes de les fotografies que apareixen en aquest treball. A la Conselleria de Medi Ambient del Govern Balear pels permisos concedits i el seu suport.

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel *Ministerio de Ciencia e Innovación*, CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

- ARNAU, P.; LAÍNEZ, N.; ZUBILLAGA, M. & GÓMEZ, D. (2008): Les coves de Cala Blanca (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 32: 105-138.
- AUROUX, L. (1985): Concreciones pisolíticas en cavidades de Mallorca. *Endins*, 10-11: 27-31.

- BARCELÓ, M.A. (1992): Cavidades de las Serra de Na Burguesa. Zona 1: S'Hostalet (Calvià, Mallorca). *Endins* 17-18: 25-36.
- BARCELÓ, M.A.; GRÀCIA, F.; CRESPI, D.; VICENS, D.; PLA, V.; GINARD, A & CASAS J.A. (1998): Les cavitats de la serra de na Burguesa. Zona 3; Coll des Pastors (Calvià, Mallorca). *Endins*, 22: 19-35.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. Chichester, Wiley, 561 p.
- 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). In: Andreo, B.; Carrasco, F.; Durán, J.J. & Lamoreaux, J.W. (eds), *Advances in research in karst media*, Environmental earth sciences series Springer-Verlag, Berlín, pp 349-354.
- FORNÓS, J.J.; MERINO, A.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2011): Solutional features and cave deposits related to hypogene speleogenetic processes in a littoral cave of Mallorca Island (western Mediterranean). *Carbonates and Evaporites*, 26: 69-81
- 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: 105-119.
- GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; VADELL, M.; BARCELÓ, M.A. & BOVER, P. (2006): Les cavitats de la Serra de Na Burguesa. Zona 8: Minería al voltant des Coll des Vent (Palma, Mallorca). *Endins*, 29: 99-120.
- GINÉS, A. (1995a): Els espeleotemes de les coves de Mallorca. *Endins*, 20: 87-97.
- GINÉS, A. & FIOL, L.A. (1981): Estratigrafía del yacimiento de la Cova des Fum (Sant Llorenç, Mallorca). *Endins*, 8: 25-42.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1974): Consideraciones sobre los mecanismos de fosilización de la Cova de sa Bassa Blanca y su paralelismo con formaciones marinas del Cuaternario. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 19: 11-28.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. & POMAR, L. (1981): Phreatic speleothems in coastal caves of Majorca (Spain) as indicators of Mediterranean Pleistocene paleolevels. *Proc. 8th Int. Congress Speleol.*, 2: 533-536. Bowling Green, U.S.A.
- GINÉS, J. (1995b): L'endocars de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics. *Endins*, 20: 71-86.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2006): La Cova Nova de Son Lluís (Porreres, Mallorca). Notes sobre aspectes històrics i geoespeleològics. *Endins*, 29: 5-24.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (2005): Els espeleotemes freàtics del Quaternari de Mallorca: aspectes morfològics, mineralògics i cristal·logràfics. In: SANJAUME, E. & MATEU, J.F. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*. Universitat de València. 151-165. València.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; TRIAS, M.; GINÉS, A. & SANTANDREU, G. (2007): Els fenòmens endocàrstics de la zona de Ca N'Olesa: La cova de S'Onix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31: 5-30.
- 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.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009a): On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst southern Mallorca (western Mediterranean). In: Klimchouk, A. & Ford, D.C. (eds), *Hypogene speleogenesis and karst hydrogeology of artesian basins*. *Ukrainian Institute of Speleology a Karstology, Special Paper*, 1, Simferopol, Ukraine, pp 91-99.
- 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. 15th Int. Congress Speleol.*, 1: 481-487. Kerrville, U.S.A.
- 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.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2010): El sistema de cavitats Gleda-Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- 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.; WATKINSON, P.; DOT, M.A. & LANDRETH, R. (2003b): La cova de ses Liàgrimes (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 25: 131-140.
- 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*, 31: 43 - 96.
- 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.
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society, 238 pgs. Huntsville
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective*. National Cave and Karst Research Institute, Special Paper, 1, Carlsbad, New Mexico, 106 pp.
- LOPEZ, J.M. & MATEOS, R.M. (2006): Control estructural de las anomalías geotérmicas y la intrusión marina en la plataforma de Llucmajor y la cubeta de Campos (Mallorca). In: Las aguas subterráneas en los países Mediterráneos. *Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, 17: 607-613.
- LUISZER, F.G. (1997): *Genesis of cave of the winds, Manitou springs, Colorado*. Unpublished Ph.D Thesis. University of Colorado, 137 pp.
- MASSART, C. (2004): Les coupelles de la grotte des Collemboles. *Regards-Spéléo Info*, 56. Belgique.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfologías de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70.
- MERINO, A. (2007): Solutional sculpturings and uncommon speleothems found in the Cova des Pas de Vallgornera, Majorca, Spain. *NSS News*, 65(9): 14-20
- MERINO, A. (2008): Nueva aportación al conocimiento de los espeleotemas y morfologías existentes en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 32: 43 - 48.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010a): Presencia de Pool fingers y U-loops en la Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca, España). *Endins*, 34: 103-108.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010b): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (morphologic suite of rising flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 85-100.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J.; & ONAC, B.P. (2009a): Preliminary data on mineralogical aspects of cave rims and vents in Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. In: White WB (ed) *Proceedings of the 15th International Congress of Speleology*, 1, Kerrville, USA, pp 307-311.

- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kil6metros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29 - 48.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera: 40 kil6metros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 31: 101-110.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): alcanza los 55 kil6metros de desarrollo topografiado. *Endins*, 32: 33-42.
- MERINO, A.; FORN6S, J.J. & ONAC, B. (2009b): 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.
- MIR, F. & TRIAS, M. (1973): Sobre el karst de la Cova de sa Campana i les seves concrecions excèntriques. *III Simposium Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - Agrupaci6 Científic Excursionista de Matar6. 53-70. Matar6, Barcelona.
- ONAC, B.P.; FORN6S, J.J.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (2005): Mineralogical reconnaissance of caves from Mallorca island. *Endins*, 27: 131-140.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave books. 454 págs. Dayton, Ohio.
- POMAR, L.; GINÉS, A.; MOYÀ, G. & RAMON, G. (1975): Nota previa sobre la petrología y mineralogía de la calcita flotante de algunas cavidades del Levante Mallorquín. *Endins*, 2: 3-5.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & FONTARNAU, R. (1976): Las cristalizaciones freáticas. *Endins*, 3: 3-25.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (1979): Morfología, estructura y origen de los espeleotemas epicauáticos. *Endins*, 5-6: 3-17.
- RIBA, O. (1997): *Diccionari de Geologia*. Diccionari de l'Enciclopèdia. Enciclopèdia Catalana, Institut d'Estudis Catalans. 1407 p. Barcelona.
- TUCCIMEI, P.; SOLIGO, M.; FORN6S, J.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; ONAC, B.P. & VILLA, I.M. (2009): Precipitation of phreatic overgrowths at the water table of meteoric-marine mixing zones in coastal cave systems: a useful tool in sea level change reconstruction. In: White W.B. (Ed.), *Proc. of 15th International Congress of Speleology, Kerrville, USA, Symposia*, part 1: 554-560.
- TUCCIMEI, P.; SOLIGO, M.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORN6S, J.J.; KRAMERS, J. & VILLA, I.M. (2010): Constraining Holocene sea levels using U-Th ages of phreatic overgrowths on speleothems from coastal caves in Mallorca (Western Mediterranean). *Earth Surface Processes and Landforms*, 35 (7): 782-790.
- TUCCIMEI, P.; VAN STRYDONCK, M.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; SOLIGO, M.; VILLA, I.M. & FORN6S, J.J. (2011): Comparison of ¹⁴C and U-Th ages of two Holocene phreatic overgrowths on speleothems from Mallorca (Western Mediterranean): Environmental implications. *International Journal of Speleology*, 40 (1): 1-8.
- VESICA, P.L.; TUCCIMEI, P.; TURI, B.; FORN6S, J.J.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (2000): Late Pleistocene paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.

ELS SEDIMENTS DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES BALEARS

per Joan J. FORNÓS¹, Joaquín GINÉS^{1,2}, Francesc GRÀCIA^{1,3} i Antoni MERINO^{1,4}

Abstract

This paper deals with current sedimentary processes that take place within the Balearic karst which leave proof of their existence by means of the accumulation of detritic deposits, either as entrance facies or inside the underground passages and chambers. The most characteristic assemblage of sedimentary facies present in the Balearic endokarst is described here along with the documentary research techniques applied to their description and analysis. Among the existing sedimentary facies and because of their mass and ubiquity, the reddish silty deposits emplaced by seepage and the dynamics of subterranean waters must be underlined. At the same time, the significant accumulation of boulders and gravels caused by breakdown processes are highlighted as well. The sedimentary record present in the area belonging to the littoral zone is of paramount importance. As a consequence of being related to the specific processes that happen in the coastal mixing zone, where the interference between continental and marine processes come about, the sedimentary record has been subject of detailed research. From a temporary point of view, the sedimentation in the littoral zone is controlled by paleoclimatic changes together with the dynamics of sea oscillations that have affected the karst system along the Pleistocene.

Resum

El present treball s'ocupa dels processos sedimentaris actuals que actuen dins del carst balear i que deixen constància de la seva existència mitjançant l'acumulació de dipòsits detrítics ja sigui com a fàcies d'entrada o a l'interior dels conductes i sales del medi hipogeu. Es descriu el conjunt més característic de fàcies sedimentàries presents a l'endocarst de les Balears així com les tècniques d'estudi emprades en la seva descripció i anàlisi. Entre les fàcies sedimentàries que s'observen hi destaquen pel seu volum i omnipresència, els llims vermells acumulats per la percolació i dinàmica de les aigües subterrànies i les grans acumulacions de blocs i gravets originades per processos d'esfondrament. D'especial importància és el registre sedimentari present a la zona que es correspon amb el carst litoral. Aquest ha estat especial objecte d'estudi, degut a la seva relació amb els processos específics que tenen lloc en la zona costanera de mescla d'aigües i on es dona la interferència entre els processos continentals i marins. Des d'un punt de vista temporal la sedimentació a la zona litoral ve controlada per les variacions paleoclimàtiques juntament amb la dinàmica d'oscil·lació marina que han afectat el sistema càrstic durant el Pleistocè.

Resumen

El presente trabajo se ocupa de los procesos sedimentarios actuales que actúan en el karst balear y que dejan constancia de su existencia mediante la acumulación de depósitos detríticos, ya sea como facies de entrada o en el interior de los conductos y salas del medio hipogeo. Se describe el conjunto más característico de facies sedimentarias presentes en el endokarst de las Baleares así como las técnicas de estudio utilizadas en su descripción y análisis. Entre las facies sedimentarias que se observan podemos destacar por su volumen y omnipresencia, los limos rojos acumulados por la percolación y dinámica de las aguas subterráneas y las grandes acumulaciones de bloques y gravas originados por los procesos de colapso. De especial importancia es el registro sedimentario presente en la zona que se corresponde con el karst litoral. Esta zona ha sido objeto de estudio específico, debido a su relación con los procesos que tienen lugar en la zona costera de mezcla de aguas y donde se produce la interferencia entre los procesos continentales y marinos. Desde un punto de vista temporal la sedimentación en la zona litoral está controlada por las variaciones paleoclimáticas junto con la dinámica de oscilación del nivel marino que ha afectado al sistema kárstico durante el Pleistoceno.

1 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les Illes Balears. joan.fornos@uib.cat

2 Grup Espeleològic EST. Palma (Mallorca).

3 Grup Nord de Mallorca (GNM). Pollença (Mallorca).

4 Grup Espeleològic de Llubí. Llubí (Mallorca).

Introducció

La presència de sediments recents a l'interior de les cavitats càrstiques de les Illes Balears, encara que aquests siguin molt freqüents, no es pot considerar que assolixi nivells massa significatius. La manca de corrents subterranis continus de certa importància, així com la presència quasi exclusiva de materials calcaris i dolomítics d'elevada puresa en els rocams que formen les illes, fan que l'acumulació de sediments a l'interior de sales i conductes es pugui considerar relativament poc important. En la seva major part corresponen, sigui a materials grollers (blocs i graves) degudes a processos d'esfondrament, sigui a materials llimosos vermells aportats en la seva major part per la percolació i circulació de les aigües subterrànies. Les fàcies d'entrada també hi són presents, destacant-ne en aquest cas les aportacions de tipus eòlic i les relacionades amb la influència marina (GINÉS, 2000; GINÉS *et al.*, 2007a). Malgrat això, des d'un punt de vista qualitatiu, i especialment relacionats amb els processos que tenen lloc en les zones litorals, hi ha tota una munió de fàcies sedimentàries característiques de tots els processos que tenen lloc en aquestes àrees específiques modelades per la carstificació litoral (FORNÓS *et al.*, 2009).

Des de la dècada dels anys setanta del segle passat, la recerca del carst de les Balears s'ha realitzat de forma sistemàtica des d'un punt de vista científic (GINÉS & GINÉS, 1995a; 2002). Aquesta recerca ha sofert un increment substancial en els darrers deu anys gràcies a l'interès i a la integració de diversos grups espeleològics locals, la creació d'un grup de recerca a la Universitat de les Illes Balears, així com també les activitats d'alguns grups de científics de fora les nostres fronteres que han centrat el seu punt de recerca a les nostres illes. Això ha fet avançar força el coneixement dels processos i carac-

terístiques morfològiques i espeleogenètiques del carst balear (GINÉS & GINÉS, 2011). Aquest interès però, no ha tingut massa en compte, més que amb comptades excepcions, el registre sedimentari present a l'interior de les sales i conductes.

Per altra part, el coneixement del medi hipogeu s'ha vist especialment incrementat en el moment en que s'ha pogut accedir de forma sistemàtica a les parts submergides de les cavitats mitjançant les complexes tècniques de l'espeleobusseig, que s'han desenvolupat de forma especialment important a les zones càrstiques litorals de Mallorca (GRÀCIA *et al.*, 2007a). Malgrat estar encara al que podríem considerar les beceroles, és a partir d'aquest moment en el qual el registre sedimentari ha estat també tingut en consideració de forma sistemàtica com a un element més a tenir present per tal de donar resposta al conjunt de processos que actuen en aquestes àrees (GRÀCIA *et al.*, 2006, 2007b; FORNÓS *et al.*, 2009).

A la literatura científica sobre el carst, el registre sedimentari tampoc ha estat un tòpic de recerca clau, fet que fa que siguin pocs els treballs que recopilen de forma específica la temàtica sedimentària (FORD, 2001; SASOWSKY & MYLROIE, 2004), encara que sí hi ha una abundant bibliografia parcial que la té en consideració (GILLIESON, 1996; FORD & WILLIAMS, 2007; PALMER, 2007, entre d'altres).

L'objectiu del present treball és passar revista al conjunt de fàcies presents en el registre sedimentari de les galeries i sales del carst balear, al conjunt de processos que les han originades així com a les tècniques i metodologies emprades en el seu estudi. Val a dir que, fins al moment, les investigacions s'han centrat gairebé exclusivament en les coves costaneres del Migjorn i Llevant de Mallorca.

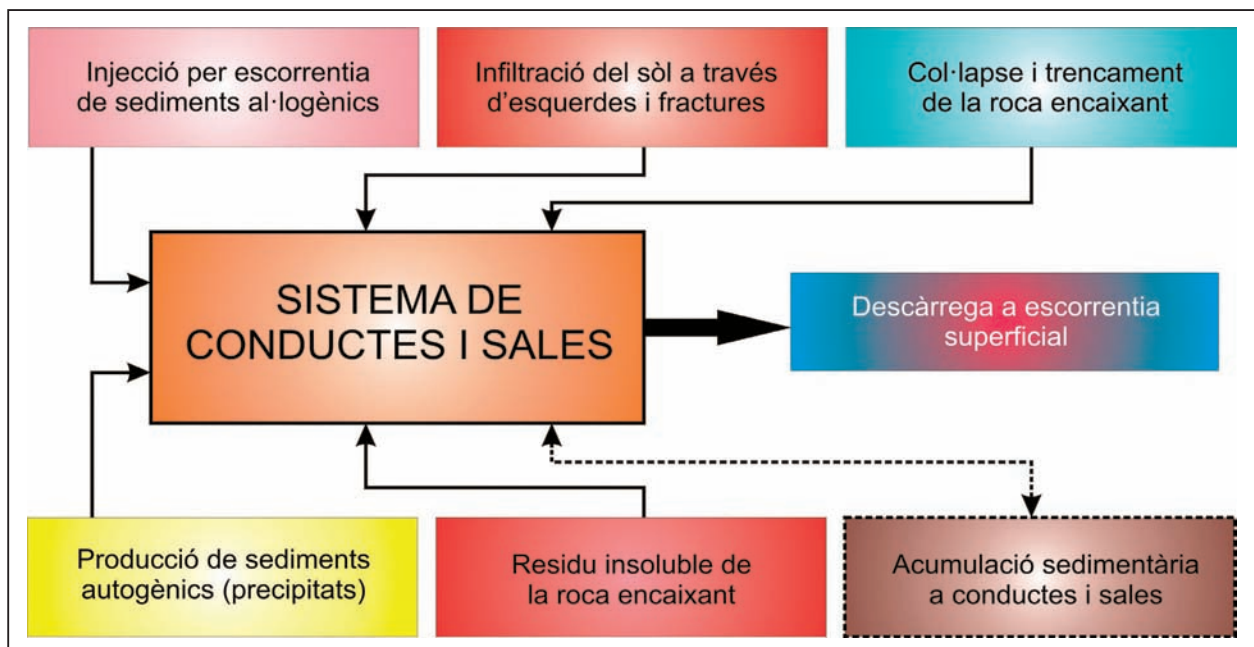


Figura 1: Diagrama de flux del balanç sedimentari dins d'un aqüífer càrstic (modificat de BOSCH & WHITE, 2004).

Figure 1: Flow sheet for sediment budget within a karst aquifer (modified from BOSCH & WHITE, 2004).

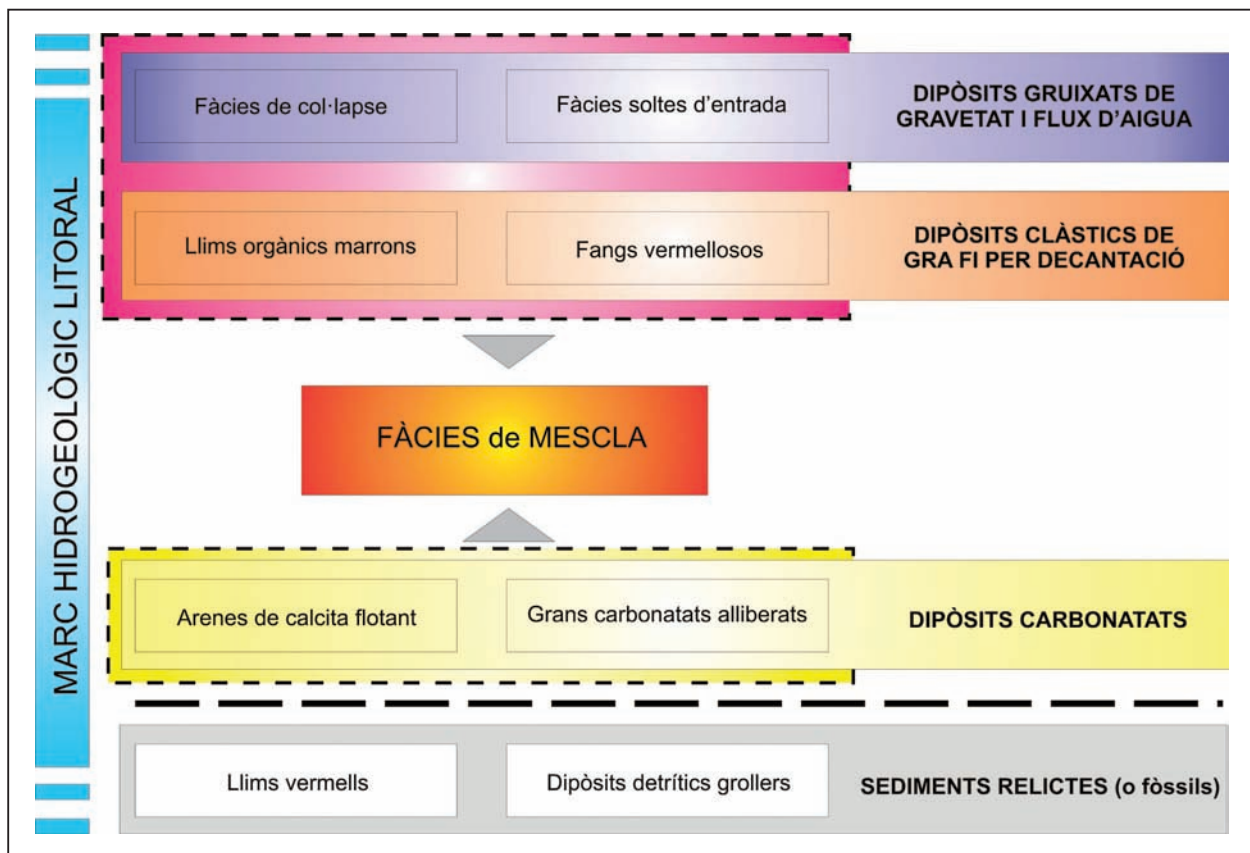


Figura 2: Esquema amb les fàcies sedimentàries presents a les coves litorals del Migjorn de Mallorca (modificat de FORNÓS *et al.*, 2009).

Figure 2: Sketch showing the sedimentary facies observed in littoral caves of the Migjorn area of Mallorca (modified from FORNÓS *et al.*, 2009).

Metodologia utilitzada en l'estudi del registre sedimentari balear

La metodologia utilitzada en l'estudi dels sediments que rebleixen les cavitats del carst balear ha estat la habitual en la major part dels estudis sedimentològics, utilitzant en cada moment les tècniques més avançades disponibles. L'estudi passa en primer lloc per la recollida de les mostres, les quals majoritàriament s'han recollert de forma manual seguint els punts d'interès (GINÉS *et al.*, 2007a; FORNÓS *et al.*, 2010), i aixecant columnes estratigràfiques de detall amb indicació de la presència de restes paleontològiques si es donava el cas. En els treballs descriptius dels reblliments de les cavitats subaquàtiques, ha estat freqüent la utilització de sondeigs manuals obtinguts mitjançant la penetració dins la columna sedimentària de tubs de PVC (GRÀCIA *et al.*, 2007b).

Un cop etiquetades i embossades les mostres són traslladades al laboratori on, després d'una primera descripció superficial amb l'ajuda de la lupa binocular, descripció del color mitjançant la utilització de taules MUNSELL® i del seu rentat i posterior dessecació a l'estufa, les mostres són sotmeses a diversos anàlisis per tal d'obtenir les seves característiques texturals i de mida de gra així com de composició mineralògica. Per a les anàlisis texturals (granulometries) s'utilitzen tant els

sistemes tradicionals de tamisatge o mètode de la pipeta (TUCKER, 1988), com els que utilitzen les modernes tècniques del làser tipus Coulter per analitzar la mida de gra en sediments especialment fins (BEUSELINCK *et al.*, 1998). Amb les dades obtingudes es representen les corbes acumulatives i els histogrames de freqüències, a partir dels quals es calculen els paràmetres estadístics descriptius que permeten deduir els processos hidràulics que els han originat. Per a l'anàlisi de la composició mineralògica se sol polvoritzar la mostra i la seva pols, orientada a l'atzar o no en funció del contingut en argiles, s'introdueix dins un difractòmetre de raigs X. L'anàlisi semi-quantitativa de cada mostra es realitza utilitzant el software associat basant-se en les àrees dels pics obtinguts en els difractogrames (TUCKER, 1988); les dades permeten d'aquesta forma avaluar les possibles àrees font del sediment. L'estudi es complementa amb la utilització de microscòpia electrònica d'escandallatge (SEM), molt freqüent no tan sols per observar les característiques morfològiques superficials, sinó també per saber-ne la composició elemental gràcies als equips associats com són els detectors d'EDX.

La datació dels reblliments sedimentaris també s'ha intentat amb diferents taxes d'èxit. La tècnica del Carboni-14 aplicada a partir de restes orgàniques, introduïdes per corrents superficials cap a l'interior de la cavitat (FORNÓS & GRÀCIA, 2007), ha permès datar alguns sediments de coves càrstiques litorals com a relativament recents.

Altres tècniques emprades en l'estudi dels sediments en altres països, la termoluminiscència, OSL, l'ESR, o l'anàlisi isotòpica de radionucleïds cosmogènics, encara no s'han aplicat als sediments que reomplen els sistemes càrstics de les Balears (BERGER *et al.*, 2008, entre d'altres). En canvi, el paleomagnetisme ha estat utilitzat amb èxit per a la datació de sediments detrítics del Pliocè superior, que contenen restes paleontològiques, en cavitats de la Serra de Tramuntana com per exemple la Cova de Canet, a Esporles (PONS-MOYÀ *et al.*, 1979).

El cicle sedimentari a l'interior del sistema càrstic

L'estudi dels sediments dins qualsevol sistema càrstic es pot emprendre globalment entenent-ho com al balanç sedimentari entre els diversos fluxos de materials que tenen lloc a través de la superfície i del sistema subterrani d'una determinada conca càrstica. A la figura 1 es pot observar, en un diagrama de flux modificat de BOSCH & WHITE (2004), el conjunt de processos que afecten a aquest balanç sedimentari dins del carst. En el cas de les coves investigades en el Migjorn i Llevant de Mallorca, aquest esquema es veu afectat per les particularitats hidrogeològiques d'aquest carst eogenètic costaner, caracteritzat per l'elevada permeabilitat de les roques carbonatades del Miocè superior i per una recàrrega superficial relativament limitada (GINÉS & GINÉS, 2007; GINÉS *et al.*, 2008; FORNÓS *et al.*, 2009).

Tot seguit es descriuran les fàcies representatives dins del registre sedimentari de les coves balears, amb especial referència a les cavitats estudiades en els carsts costaners de l'illa (Fig. 2).

Fàcies sedimentàries

FÀCIES DE BRETXES DE COL-LAPSE

Aquesta fàcies, que és volumètricament la més important dins del carst de les Balears, està formada per l'acumulació, normalment en grans cossos en disposició campaniforme (Fig. 3), de fragments de roca que poden oscil·lar des de palets de pocs centímetres fins a grans blocs de més de 15 m. Els grans mostren les vores angulars a subangulars en funció de la litologia implicada i presenten una pèssima classificació, quasi sempre sense matriu ni tampoc ciment que uneixi els grans. La seva composició, calcàries o dolomies i calcarenites, correspon a la litologia de la roca encaixant on se situa la cavitat. La mida i la forma dels grans està relacionada amb la gruixa de l'estratificació que correspon, en línies generals, a estrats de gruixa decimètrica a mètrica. Encara que presenten una distribució que podem considerar caòtica, puntualment s'hi observa un cert grau d'orientació preferent, no imbricació, donada per la forma aplanada de la majoria dels fragments rocosos,

que segueixen la disposició campaniforme anteriorment comentada corresponent als cons d'acumulació dels esbaldregalls. El grau de transport d'aquests sediments és pràcticament inexistent.

Aquesta fàcies correspon a l'acumulació de fragments de roca, i fins i tot estrats, caiguts des del sostre i/o parets de la cavitat, normalment com a conseqüència de la pèrdua sobtada de consistència, deguda a la pròpia dinàmica evolutiva del carst i als processos de variació del nivell freàtic.

FÀCIES CLÀSTIQUES GROLLERES FLUVIALS

La càrrega clàstica aportada pels corrents superficials –de vegades al·logènics– que s'infiltra en el carst, és un tema clàssic del registre sedimentari càrstic (BOSCH & WHITE, 2004; FORD & WILLIAMS, 2007). El tipus de càrrega que aporten aquests corrents depèn dels condicionants geològics i topogràfics de la conca que drena cap als engolidors i altres formes superficials del carst. A les cavitats de les Balears aquest tipus de deposició sedimentària és molt minsa, per mor de l'escassetat de corrents superficials que s'infiltra de forma massiva sota terra, i correspon en general a litologies carbonatades. Els materials transportats a les conques amb elevat relleu consisteixen en materials grollers, còdols de diverses dimensions i amb un elevat grau d'arrodoniment, en tant que a conques amb un relleu baix, la sedimentació dels materials fins, llims i argiles, és la dominant (SASOWSKY & MYLROIE, 2004).

A les Balears, la presència dels materials grollers transportats per corrents subterrànies la podem considerar esporàdica (Fig. 4), essent destacable tan sols en algunes localitats de la Serra de Tramuntana i sempre amb molt poca rellevància (Cova de les Rodes, a Pollença; Avenc des Gel, a Escorca). Es tracta de grans i còdols de diverses dimensions que han estat parcialment classificats en el seu transport al llarg dels conductes, en funció del recorregut fet i de la intensitat del corrent que els ha arrossegat. En qualsevol cas, mai arriben a formar acumulacions importants. El cas dels materials fins, per la seva importància, el comentarem a continuació com a una fàcies separada.

FÀCIES CLÀSTIQUES FINES

Incloem dins d'aquesta fàcies a tot el conjunt de sediments fins formats majoritàriament per llims, encara que també hi són presents les argiles en diverses proporcions, que han estat transportats cap a l'interior dels conductes com a càrrega en suspensió pels corrents que circulen dins del sistema càrstic. S'assimilarien a les denominades "slackwater facies" de BOSCH & WHITE (2004).

Es tracta de llims i argiles vermelloses que presenten un grau de classificació de moderat a bo, amb una mitjana de la mida de gra que oscil·la al voltant de la mida llim gruixada a mitjana (Fig. 5). Aquests sediments són molt freqüents, quasi omnipresents, en totes les cavitats de les Balears encara que amb una distribució i unes acumulacions volumètriques molt variables. La importància en la seva acumulació sedimentària depèn,

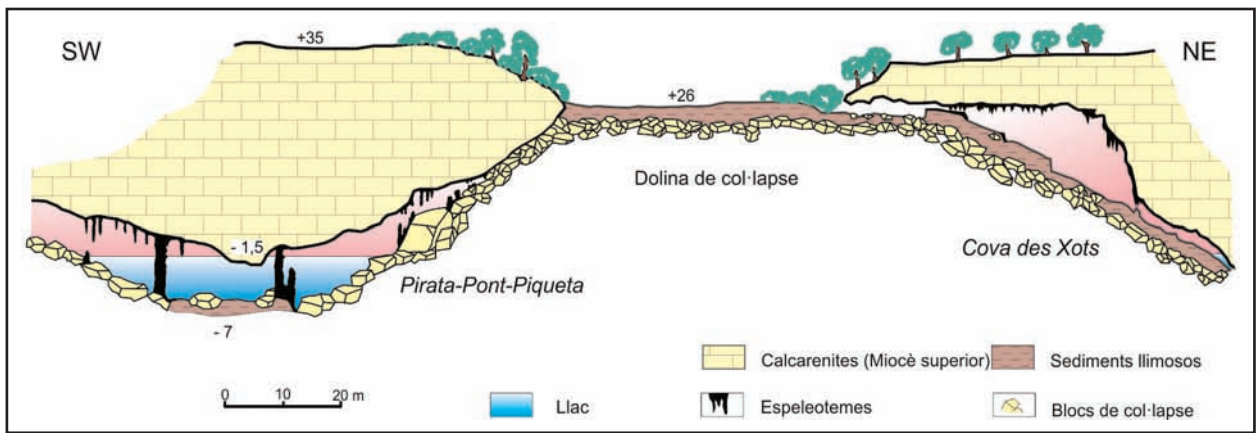


Figura 3: Secció geomorfològica tipus de les entrades de les cavitats de les Balears amb els dipòsits de col·lapse associats (sistema de cavitats Pirata-Pont-Piqueta, Manacor).

Figure 3: Geomorphological section of one of the common entrances of the Balearic caves with related breakdown sediments (Pirata-Pont-Piqueta cave system, Manacor).

entre d'altres aspectes, de la proximitat als punts d'entrada dels corrents que les transporten, siguin entrades per col·lapse, siguin avencs, o esquerdes i fractures més o menys obertes. Malgrat tot també es poden trobar en llocs allunyants de les zones de recàrrega, com és per exemple el sífo terminal de la Font des Verger (en el Barranc de Biniaraix, Sóller). Aquests dipòsits normalment mostren potències molt irregulars (des d'alguns metres fins a tan sols alguns mil·límetres) formant capes que s'adapten a la morfologia dels conductes amb una laminació que quan s'hi observa és incipient, o formant fins i tot, cons d'acumulació quant l'alimentació és vertical o lateral. Aquesta acumulació de materials fins ve controlada la majoria de vegades per la topografia dels conductes que modifica les característiques del règim hidràulic, i que pot donar lloc a la decantació puntual dels llims i argiles transportats pels corrents subterranis.

En funció de la intensitat dels corrents i de la relació amb el moviment de les aigües freàtiques, aquests llims podran ser transportats més o menys cap a l'interior del sistema, produint-se així una certa granoclassificació, o la simple deposició del material fi (argiles) per decantació en superar el nivell freàtic.

En les zones properes a les entrades, i relacionades principalment amb el carst litoral del Migjorn i Llevant de Mallorca, per davall del nivell freàtic és comú l'observació de fines laminacions mil·limètriques, que alternen la deposició terrígena vermella amb l'acumulació de matèria orgànica procedent de l'exterior la qual cosa li dona una tonalitat més obscura i/o bruna. Aquesta alternant laminació no té cap característica estacional sinó tan sols dona indicació de les successives aportacions torrencials en moments de fortes tempestes (FORNÓS *et al.*, 2009).

La composició del sediment correspon, en la seva major part, als materials del sòl edàfic introduïts en moments de fortes precipitacions per les aigües d'infiltració que els arrosseguen cap a l'interior del carst mitjançant esquerdes i entrades més o menys obertes. Tradicionalment, la composició siliciclàstica que mostren aquests sediments s'ha considerat que procedeix en darrera instància de les acumulacions de pols procedent del desert del Sàhara en les denominades pluges de fang (FIOL, *et al.*, 2005; GOUDIE & MIDDLETON, 2001). A aquesta acumulació, que denominaríem al·lòctona, se li

ha d'afegir el propi residu resultant de la dissolució de la roca carbonatada encaixant, de composició similar però en una molt baixa proporció degut a la puresa dels materials carbonatats que componen les principals unitats geològiques on s'hi desenvolupa el carst (FORNÓS & GELABERT, 1995).



Figura 4: La presència de dipòsits amb certes connotacions fluvials, com són els còdols rodats, no és un fet massa comú a les coves de Balears (Avenc des Güell, Escorca; foto A. Merino).

Figure 4: Presence of fluvial rounded pebbles in the balearic caves it's not common (Avenc des Güell, Escorca; photo A. Merino).



Figura 5: Sediments llimosos vermells amb Fe i Mn al tram final de la Galeria Navarrete de la Cova des Pas de Vallgornera, Llucmajor (foto A. Merino).

Figure 5: Red silty sediments with abundant Fe and Mn in the final section of Galeria Navarrete at Cova des Pas de Vallgornera, Llucmajor (photo A. Merino).

FÀCIES CLÀSTIQUES DE TALÚS D'ENTRADA

La major part de cavitats de les Balears que tenen obertures a l'exterior reben les aportacions de les aigües d'escorrentia en moments de fortes precipitacions, la qual cosa fa que la infiltració d'aquestes aigües arrossegui material clàstic de mides molt diverses. En aquestes situacions, tendeixen a acumular-se en el talús d'entrada les fàcies més grolleres (WHITE, 2007) en tant que els materials més fins són introduïts cap a zones més internes en funció de les característiques geomorfològiques de cada cavitat i de la intensitat dels fluxos aquosos, en el que podríem denominar com una "injecció fluvial-torrencial-col·luvial des de la superfície".

La principal característica d'aquestes fàcies és la seva irregularitat quant a mida i forma del gra. Es tracta d'una acumulació de bretxes formades per grans mida palet, còdol i/o bloc de subangulosos a subarrodonits, que mostren en la seva acumulació una feble gradació inversa. La matriu pot ser totalment absent donant una textura de l'acumulació tipus "openwork" (sense matriu); quant la matriu hi és present, sempre de forma molt irregular, està composta en la seva major part per llims vermells procedents també de l'exterior. A les zones més internes de les cavitats aquests sediments es correspondrien amb les "backswamp facies" descrites per BOSCH & WHITE

(2004), caracteritzades pel seu caràcter heteromètric i el transport més aviat curt que han sofert els materials.

FÀCIES D'ENTRADA: EOLIANITES

El registre sedimentari de materials eòlics a les cavitats és relativament freqüent. Els exemples disponibles de cavernes que allotgen fossilitzacions al·lòctones d'origen dunar, inclouen en la seva major part acumulacions còniques de materials arenosos dipositades per gravetat en l'interior de cavitats càrstiques.

Esmentarem en el cas de l'illa de Mallorca els sediments de la Cova de s'Ònix (Fig. 6), a Manacor (GINÉS *et al.*, 2007a), els dipòsits possiblement würmians presents a la Cova de sa Bassa Blanca, a Alcúdia (GINÉS & GINÉS, 1974), així com les arenas dunars del Riss existents a l'entrada del Secret des Moix, també a Manacor (GINÉS *et al.*, 1975; GINÉS, 2000). A l'illa de la Dragonera, cal referir-se a la duna Riss dipositada a l'interior de la Cova des sa Font (EGOZCUE, 1971), mentre que a Cabrera és obligat esmentar els sediments arenosos de la Cova des Frare, atribuïts al Pleistocè inferior (MATEU *et al.*, 1979). A l'illa de Menorca, la Cova de sa Duna (Alaior) conté dipòsits d'arenas eòliques corresponents al Pleistocè superior (QUINTANA & ARNAU, 2004).

En tots els casos es tracta de sediments consolidats o semi-consolidats que indiquen una edat superior a l'holocena i que en la majoria dels casos donen indicació d'antigues entrades a les cavitats, avui en dia tapades per la seva acumulació. Cap d'aquests registres eòlics ha estat directament datat i tan sols s'han pogut situar cronològicament en alguns casos per la presència de restes esquelètiques de vertebrats (FORNÓS *et al.*, 2010), com és el cas de la Galeria del Tragus a la Cova des Pas de Vallgornera que les situaria en el Pliocè superior, al voltant dels 2,4 Ma (BOVER com. pers.).

Des d'un punt de vista sedimentològic, en tots els casos es tracta d'arenas bioclàstiques (arenas fines carbonatades) molt ben classificades i amb petites proporcions de materials argilosos, en les quals normalment només és observable una estratificació incipient consistent en fines laminacions mil·limètriques, donades per la variació en la mida de gra i pels diferents graus de cimentació que poden presentar. Generalment consisteixen en arenas de gra fi amb una bona classificació; la forma dels grans d'arena mostra un bon grau d'arrodoniment i un cert poliment. La seva composició és principalment carbonatada, essent-ne la calcita el mineral principal.

La presència dels components silícics llimosos vermells –que són dominants en la fracció més fina, quan aquesta hi és present– indica la remobilització i mescla de les arenas eòliques amb els materials fangosos

corresponents a les aportacions externes detrítiques, mitjançant l'escorrentia procedent de la infiltració superficial. També hi són freqüents els fragments angulosos mida grava, palet o superior procedents de la caiguda gravitacional de fragments procedents de les parets de les cavitats, així com la presència d'algunes restes fòssilíferes, com ja hem comentat.

Les característiques texturals i la composició carbonatada (bioclàstica) de les arenas, així com el seu bon grau de classificació i la mitjana de la mida de gra d'arena fina, permeten interpretar aquestes arenas com a de procedència eòlica, dipositades a través d'antigues obertures, en tots els cassos no massa llunyanes. La manca d'estructures tractives, que no han estat observades, fa pensar en el seu emplaçament mediatitzat per processos d'escorrentia molt poc dinàmics, els quals no han jugat un paper important en la deposició global d'aquestes arenas.

FÀCIES D'ENTRADA D'ORIGEN MARÍ

Els aspectes geomorfològics i sedimentaris, a les zones càrstiques litorals són molt complexes. Graves, però sobretot arenas d'origen marí (bioclàstiques), emplaçades directament per la mar o també pel vent que retreballa els cinturons i cordons litorals (en aquest cas concret correspondrien a les fàcies descrites anterior-



Figura 6: Sediments d'origen eòlic a la Cova de s'Ònix (Manacor). Foto J.J. Fornós.

Figure 6: Eolian sediments in Cova de s'Ònix (Manacor). Photo J.J. Fornós.



Figura 7: La influència marina quasi directa provoca l'onatge que modela la platja arenosa a l'interior de la Cova de na Mitjana (Capdepera). Foto B.P. Onac.

Figure 7: Sandy beach deposits deposited by the waves due to the direct marine influence at Cova de na Mitjana (Capdepera). Photo B.P. Onac.

ment d'eolianites), es poden introduir dins les coves costaneres i incorporar-se al seu registre sedimentari (GINÉS & GINÉS, 1986, 1995b; GINÉS, 2000). Un exponent d'aquestes situacions són per exemple les autèntiques platges (Fig. 7) presents a l'interior de la cova de na Mitjana (GINÉS *et al.*, 1975, 2007b) on també s'hi pot observar les restes de l'activitat dels organismes bentònics. Amb tot però, el més freqüent és observar les morfologies d'erosió marina a les entrades de les cavitats litorals, essent possible constatar també que un gran nombre de coves situades a la línia de costa són el resultat de la captura de fenòmens càrstics, per part dels mecanismes d'erosió específics de la franja litoral (MONTORIOL-POUS, 1972; GINÉS, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2001, 2010). Dins d'aquest context, és necessari tenir en consideració les oscil·lacions del nivell marí durant el Quaternari (VAN HENGSTUM *et al.*, 2011).

FÀCIES CARBONATADES NO CLÀSTIQUES (AUTÒCTONES)

Incloem dins d'aquest grup de sediments dues fàcies totalment antagoniques pel que fa al seu procés de formació (precipitació / dissolució) i que són característiques de la zona freàtica en el carst litoral.

En el primer cas es tracta d'arenas formades per l'acumulació de làmines de calcita flotant (Fig. 8), mida arena mitjana, que poden arribar a superar els 40 cm de

potència (FORNÓS *et al.*, 2009; GRÀCIA *et al.*, 2007a, 2007b) però de manera molt irregular, formant una espècie de tel que recobreix el fons dels llacs presents en algunes sales, i mostrant una forma cònica d'amuntegament (Fig. 9). Els grans d'arena estan formats per cristalls romboèdrics de calcita que mostren símptomes parcials de corrosió. Aquest tipus de dipòsits és abundant en el trespol dels llacs, a sales amb la superfície lliure de l'aigua que permet la desgasificació del CO². Aquest procés controla la precipitació de les làmines de calcita flotant a la superfície dels llacs on es mantenen per flotació fins que el propi pes pel seu creixement, o algun efecte extern com pugui ser el degoteig des del sostre de la cavitat, fa que se superi la tensió superficial de l'aigua i acabin per acumular-se al fons del llac.

En el segon cas, es tracta de l'acumulació de partícules carbonatades (grans) que han estat alliberades des de les parets de la cavitat per processos fisicoquímics de meteorització, ja sigui en condicions subaquàtiques (Fig. 10) o fins i tot aèries. Es tracta de l'acumulació d'arenas fines a mitjanes de poca potència, normalment no superen els 20 cm (FORNÓS *et al.*, 2009), que mostren corbes de mida de gra bimodals i amb una mala classificació. Aquests dipòsits estan formats en la seva majoria per grans de composició calcítica, encara que també hi és present la dolomita. Aquests nivells carbonatats solen presentar-se mesclats amb sediments llimosos vermells (fàcies mesclades). Aquesta fàcies carbonatada particulada sol ser la que presenta una tex-

tura més gruixada, deixant de banda la produïda pels processos gravitatoris i de trencament. La seva acumulació es deu a la resposta diferencial als processos de meteorització i corrosió sobre les parets de la cavitat, formades per roques calcarenítiques en les quals els bioclasts responen de forma diferent a la corrosió en funció de la seva textura i mineralogia. Aquesta fàcies és especialment abundant en aquelles zones freàtiques del carst litoral en les qual es dona la corrosió per la mescla d'aigües i on la presència d'haloclines és freqüent (GRÀCIA *et al.*, 2007b).

Discussió i conclusions

L'acumulació sedimentària a les coves de les Balears és deguda a un ampli ventall de mecanismes sedimentaris relacionats amb els diferents processos geomorfològics que actuen al llarg del sistema de cavitats –tant en condicions vadoses com freàtiques, i amb més o menys influència exterior– fet que implica la presència tant de sediments que podem considerar al·lòctons, procedents del exterior, com autòctons, produïts a l'interior de les cavitats. En molts dels casos, aquests processos es troben mediatitzats pel caràcter costaner dels principals carsts de les Balears, fet que és responsable de la

presència d'algunes fàcies específiques ben individualitzades (Fig. 11).

Una bona part dels mecanismes involucrats en la deposició sedimentària corresponen al col·lapse i trencament de les roques del sostre o parets de les cavitats,

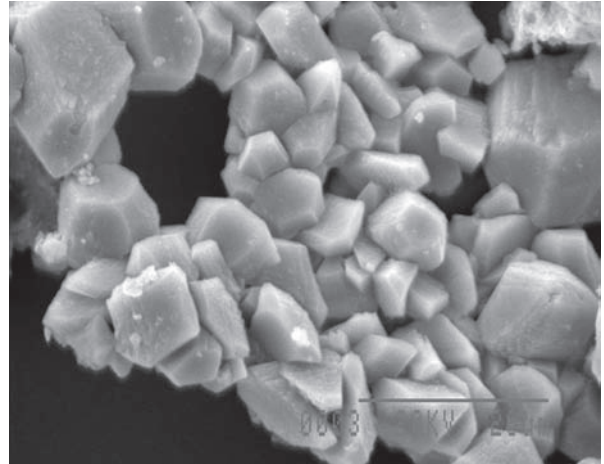


Figura 8: Cristalls de calcita euhedrals corresponents a una làmina de calcita flotant, dipositats com a un gra sedimentari al fons d'un llac d'una cova litoral.

Figure 8: Euhedral calcite crystals of a floating raft deposited as a sedimentary grain at the bottom of a coastal cave pool.



Figura 9: Acumulació de sediments carbonatats, silícics i mesclats recobrint de forma extensiva el trespòl de la Galeria de les Còniques a la Cova de sa Gleda (Manacor). Al centre de la imatge destaquen les estructures còniques produïdes per l'acumulació de calcita flotant. Foto C. Bodi.

Figure 9: Carbonate, silicic and mixed sediments extensively covering the floor of Galeria de les Còniques, in Cova de sa Gleda (Manacor). It must be highlighted the presence of conical structures (far center) due to the accumulation of sunken calcite rafts. Photo C. Bodi.



Figura 10: Corrosió incongruent de les calcarenites que componen la paret d'una cavitat relacionada amb la zona de mescla d'aigües, que dona lloc a la formació d'abundant sediment carbonatat per desintegració granular.

Figure 10: Incongruent corrosion of wall rock calcarenites related to the mixing zone gives way to a granular disintegration producing abundant carbonate sediment.



procés que dona lloc a dipòsits molt diversos des d'un punt de vista quantitatiu i textural. Aquestes acumulacions poden arribar a ser molt importants, donant des de grans amuntegaments de bretxes amb un grau de classificació molt baix, fins a la simple presència de només alguns blocs o fragments angulars dins d'altres sediments.

L'altre gran grup de dipòsits presents a les cavitats són les acumulacions de materials fins, en els que gairebé sempre domina la mida llim, amb coloracions vermelloses a brunes per l'acumulació de matèria orgànica (Fig. 12). Aquests tipus de sediments, que en el cas de Balears podem considerar quasi bé omnipresents, corresponen en la seva major part als episodis esporàdics amb precipitacions més o menys intenses, que creen fluxos efímers d'aigües que penetren dins les cavitats per les seves obertures, normalment produïdes per col·lapse. Després de deixar el material més groller a les entrades (fàcies d'entrada clàstiques), les fàcies més fines són redistribuïdes pels conductes al seu interior on s'acumulen normalment per decantació d'acord a les característiques hidràuliques del cos d'aigua i de les propietats de

Figura 12: Acumulació sedimentaria amb abundants restes paleontològiques a la Cova des Moro (Manacor). Foto J.J. Fornós.

Figure 12: Sedimentary deposits with abundant paleontologic remains at Cova des Moro (Manacor). Photo J.J. Fornós.

la mida de gra del material transportat. La distància a la que poden arribar a l'interior de la cavitat dependrà de la geometria i morfologia del sistema i de l'impuls inicial del cos d'aigua després d'una forta precipitació, així com de la interacció d'aquesta amb el moviment a l'interior de l'aquífer un cop s'arribi al nivell freàtic.

Difícils de distingir d'aquests nivells, i moltes vegades estretament interrelacionats amb ells, són les acumulacions en aquests cas de materials on hi predomina més la fracció argila, procedents de l'arrossegament de partícules del sòl edàfic per infiltració de les aigües que percolen a través de la porositat i la fracturació de la roca, i també de l'arrossegament de les pròpies impureses que queden després de la dissolució de la roca encaixant. L'elevada puresa de les roques carbonatades presents a les Balears fa però que aquesta proporció sigui molt baixa respecte al material que podríem considerar al·lòcton. La seva composició mineralògica a més, indica una procedència força llunyana relacionada en gran part amb les pluges de fang de procedència africana (FIOL *et al.*, 2005).

Un dels trets més destacables del carst de les Balears, en comparació amb altres carsts considerats clàssics, és la gran escassetat de sediments clàstics fluvials.

Bona part d'això es deu a la manca de corrents estables superficials que arribin a introduir-se dins del carst als engolidors. També, l'estructura geològica de les illes conformada per una sèrie de làmines encavalcants de poca dimensió, separades per nivells impermeables, no afavoreix la formació i desenvolupament d'una xarxa de drenatge favorable per al transport de materials. Així mateix la gran porositat de bona part de les unitats, sobretot miocenes, on s'hi desenvolupa el carst fan que no hi hagi pràcticament cap sistema de corrents més o menys estable capaç de transportar material particulat d'una certa dimensió a través dels conductes. No solament això, sinó que la dominància total de roca carbonatada implica un predomini del transport per dissolució i la manca de matèria primera no calcària per ser transportada per rodadura o arrossegament. Només a la Serra de Tramuntana hi ha algun sistema més o menys desenvolupat on penetren massivament petits corrents superficials però, en qualsevol cas, les àrees de recàrrega subaèria es poden considerar molt poc extenses.

L'obertura dels sistemes càrstics a l'exterior ve donada, en la major part dels casos, per l'esfondrament de les cavitats i conductes primigenis. Aquest fet és especialment freqüent a les zones litorals promogut per les

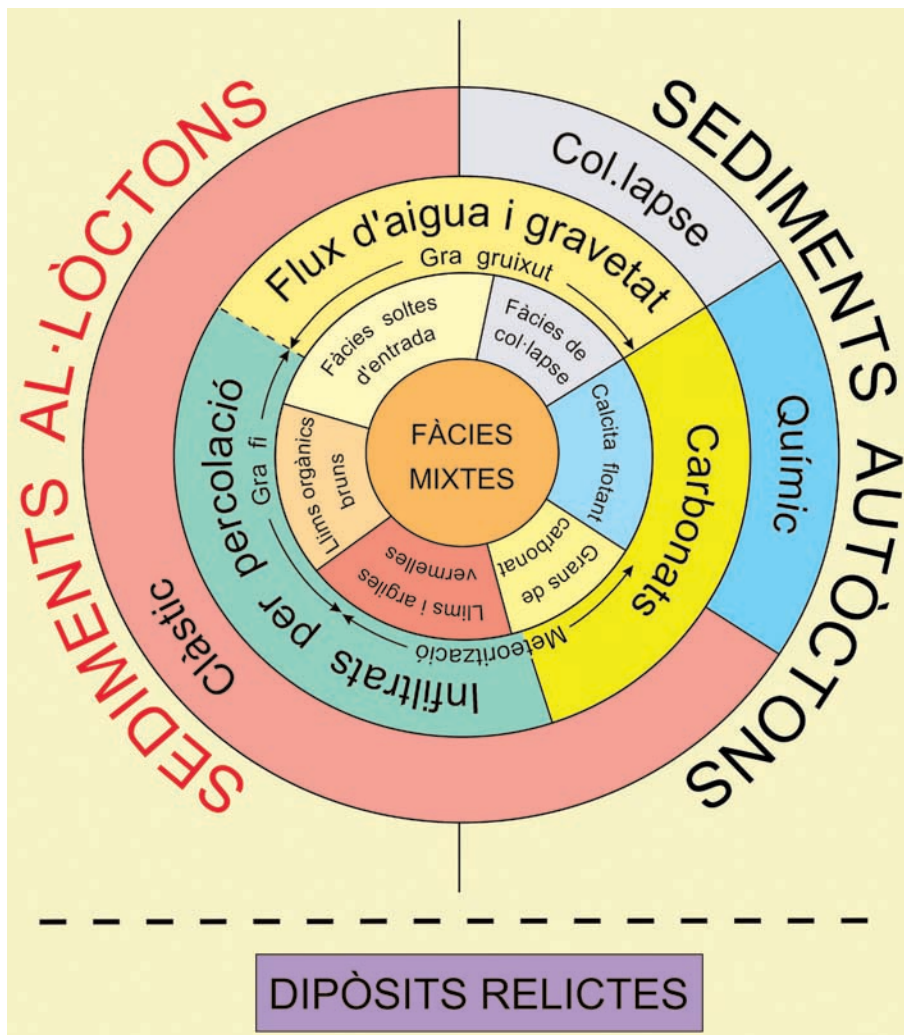


Figura 11: Fàcies sedimentàries i processos implicats en les cavitats litorals de les Illes Balears (modificat de FORNÓS *et al.*, 2009).

Figure 11: Sedimentary facies and involved processes into the coastal karst caves of Balearic islands (modified from FORNÓS *et al.*, 2009).

oscil·lacions pleistocenes del nivell marí. Això afavoreix en aquests punts la presència de les anomenades fàcies d'entrada. Aquestes es redueixen al material groller, clastes de dimensions molt variables subangulosos, aportats per les corrents tractives que s'introdueixen dins del sistema després de fortes tempestes i, sobretot a la zona litoral, materials relacionats amb la dinàmica de la zona costanera, sigui el procedent de l'arena de les platges com la procedent dels cordons de dunes litorals associats. La dinàmica paleoclimàtica i eustàtica ocorreguda durant el Quaternari, fa que aquests dipòsits, especialment els d'origen eòlic, hi siguin representats amb una certa abundor. El retreballament posterior d'aquestes arenes per esporàdiques revingudes pot introduir-les

més cap a l'interior, tal i com succeeix a la Galeria del Tragus a la Cova des Pas de Vallgornera (FORNÓS, et al., 2010).

Cas específic és l'omnipresent carst litoral que trobem a les costes de totes les illes, en el que la interrelació entre els processos continentals i marins li dona al reblliment sedimentari unes característiques especials presidides per la composició carbonatada del sediment i on s'hi poden distingir una sèrie de fàcies sedimentàries específiques i ben caracteritzades (Fig. 13). Així, en les zones en les quals hi trobem llacs d'aigües salabroses, la precipitació pel·lucular de calcita flotant a la superfície dels mateixos dona lloc a importants acumulacions al seu fons, afavorides pel degoteig constant

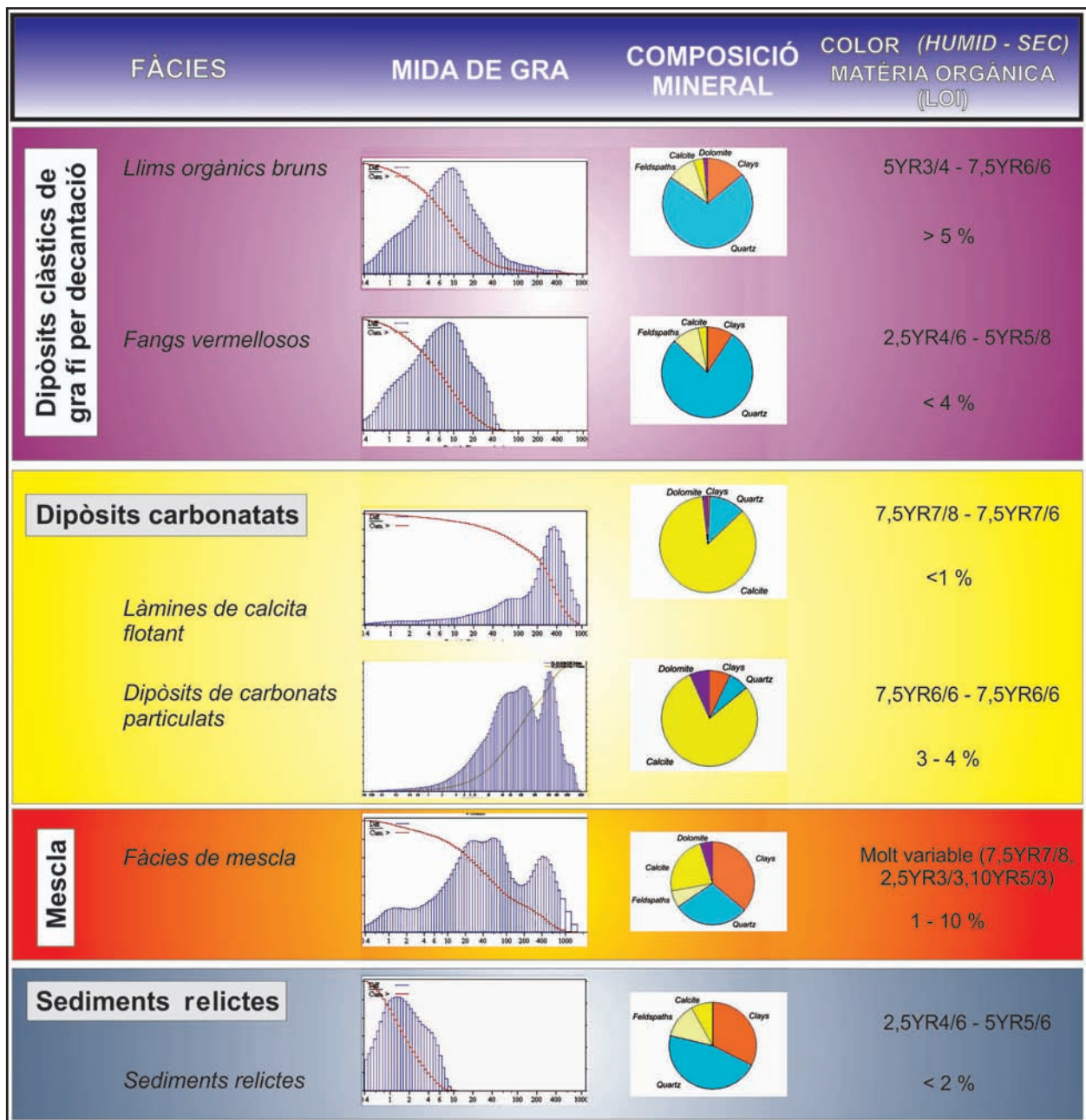


Figura 13: Característiques distintives de les fàcies sedimentàries presents en les cavitats litorals de les Illes Balears.

Figure 13: Distinctive characteristics of the sedimentary facies present into the coastal karst caves of Balearic islands.

des del sostre de la cavitat que les fa superar la tensió superficial que les mantenia en superfície. També dins la zona freàtica, la resposta diferent a la meteorització i corrosió de les parets de les galeries, formades per materials calcarenítics (bioclasts) amb diferent mineralogia i textura, afavoreixen la caiguda continuada dels grans mida arena no dissolts, que queden alliberats de les parets acumulant-se en el fons. Aquests sediments, característics dels carst litoral desenvolupat en el rocam calcari del Miocè superior, són més abundants a la zona de mescla d'aigües on la corrosió lligada a les haloclines és especialment important.

La variabilitat dels processos i aspectes morfològics al llarg de les cavitats fan que totes les característiques sedimentàries descrites es puguin donar en major o menor mesura interrelacionades, la qual cosa implica que la sedimentació present amb fàcies mesclades siguin de llarg les més abundants, especialment en el carst litoral, havent-se d'esbrinar en cada cas els diferents processos i les aportacions que les han produïdes.

En conclusió, el rebliment sedimentari de les cavitats a les Balears no és molt important des d'un punt de vista quantitatiu encara que puntualment pot presentar volums de certa consideració, però sí en canvi ho és des d'un punt de vista qualitatiu amb una gran varietat. L'estudi de les característiques de la variabilitat sedimentària permeten deixar clara constància de tota la munió de processos tant sedimentològics com geomorfològics que actuen dins del carst d'aquestes illes.

Agraïments

El present treball és una contribució al projecte de recerca finançat pel *Ministerio de Ciencia e Innovación*, CGL2010-18616/BTE.

Alguns dels estudis s'han pogut dur a terme al llarg d'aquests anys gràcies a que han estat parcialment finançats per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els Projectes de Conservació de la Biodiversitat 2001, 2003, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.

Bibliografia

- BERGER, G.W.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; CARBONELL, E.; ARSUAGA, J.L.; BERMÚDEZ DE CASTRO, J.M. & KU, T.L.- (2008): Luminescence chronology of cave sediments at the Atapuerca paleoanthropological site, Spain. *Journal of Human Evolution*, 55: 300-311.
- BEUSELINCK, L.; GOVERS, G.; POESEN, J.; DEGRAER, G. & FROYEN, L. (1998): Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. *Catena*, 32: 193-208.
- BOSCH, R.F. & WHITE, W.B. (2004): Lithofacies and transport of clastic sediments in karstic aquifers. In: SASOWSKY, I.D. & MYLROIE, J. Eds. (2004): *Studies of cave sediments. Physical and Chemical Records of Paleoclimate*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1-22.
- EGOZCUE, J.J. (1971): Estudio del cono de materiales alóctonos de la Cova de sa Font. *Speleon*, 18: 49-53.
- FIOL, L.; FORNÓS, J.J.; GELABERT, B. & GUIJARRO, J.A. (2005): Dust rains in Mallorca (Western Mediterranean): Their occurrence and role in some recent geological processes. *Catena*, 63: 64-84.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 562 p.
- FORD, T.D. (2001): *Sediments in caves*. UK, BCRA Cave Studies Series, 9: 32 p.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca. In: GINÉS, A & GINÉS, J. (eds.) *El carst i les coves de Mallorca*. *Endins*, 20/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 27-43.
- FORNÓS, J.J. & GRÀCIA, F. (2007): Datació dels sediments recents que rebleixen les cavitats de sa Gleda i del Sistema Pirata-Pont-Piqueta: Primeres dades. *Endins*, 31: 97-100.
- FORNÓS, J.J., BOVER, P., GINÉS, J. & MERINO, A. (2010): El rebliment sedimentari de la Galeria del Tragus a la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: (en premsa).
- FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GRÀCIA, F. (2009): Present-day sedimentary facies in the coastal karst caves of Mallorca Island (Western Mediterranean). *Journal of Caves and Karst Studies*, 71(1): 86-99.
- GILLIESON, D. (1996): *Caves. Processes, development, management*. Blackwell Publishers. 324 p.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1974): Consideraciones sobre los mecanismos de fosilización de la Cova de sa Bassa Blanca y su paralelismo con formaciones marinas del Cuaternario. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 19: 11-28.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1986): On the interest of speleochronological studies in karstified islands. The case of Mallorca (Spain). *Com. 9º Cong. Int. Espeleol.*, 1: 297-300. Barcelona.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) (1995a): *El carst i les coves de Mallorca / Karst and caves in Mallorca*. *Endins*, 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3. 216 pàgs. Palma.
- GINÉS, A. & 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.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs + 29 làms. Inèdit.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1995b): Aspectes espeleocronològics del carst de Mallorca / Speleochronological aspects of karst in Mallorca. 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: 99-112. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2011): Classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de les Illes Balears. *Endins*, 35: (aquest volum).
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; TRIAS, M.; GINÉS, A. & SANTANDREU, G. (2007a): Els fenòmens endocàrstics de la zona de Ca n'Olesa: la Cova de s'Ònix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31: 5-30.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A. & TUCCIMEI, P. (2007b): 2.7. Endokarst costero, niveles marinos y tectónica: el ejemplo de la costa oriental de Mallorca. In: FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GÓMEZ-PUJOL, L. (eds.) *Geomorfología litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 201-220. Palma.
- 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.
- GOUDIE, A.S. & MIDDLETON, N.J. (2001): Saharan dust storms: Nature and consequences. *Earth-Science Reviews*, 56 (1-4): 179-204.

- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; LANDRETH, R.; VICENS, D. & WATKINSON, P. (2001): Evidències geomorfològiques dels canvis del nivell marí. In: PONS, G.X. & GUIJARRO, J.A. (eds.) *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 91-119. Palma.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. i CLAMOR, B. (2007a): Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importats continuïtats subaquàtiques, a PONS, G.X. i VICENÇ, D. (eds.), *Geomorfologia litoral i Quaternari*, Homenatge a Joan Cuerda Barceló. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 14: 299-352.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; FEBRER, M. i GAMUNDÍ, P. (2007b): La Cova de sa Gleda I. Sector Clàssic, Sector de Ponent i Sector Cinc-cents (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, sedimentologia i hidrologia. *Endins*, 31: 43-96.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; JAUME, D. i FEBRER, M. (2006): El sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- 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.
- MATEU, G.; COLOM, G. & CUERDA, J. (1979): Los foraminíferos plio-pleistocénicos de la isla de Cabrera (Balears) y las condiciones paleoecológicas del antiguo mar balear (contribución a su conocimiento). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 23: 51-68.
- MONTORIOL-POUS, J. (1972): Estudio de una captura kárstico-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave geology*. Cave Books. 454 p. Dayton, Ohio, USA.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & KOPPER, J.S. (1979): La fauna de mamíferos de la Cova de Canet (Esporles) y su cronología. *Endins*, 5-6: 55-58.
- QUINTANA, J. & ARNAU, P. (2004): Descripció dels rastres i les petjades d'*Hypnomys* Bate, 1918 (Mammalia: Gliridae) de la Cova de sa Duna (Alaior, Menorca). *Endins*, 26: 7-14.
- SASOWSKY, I.D. & MYLROIE, J. Eds. (2004): *Studies of cave sediments. Physical and Chemical Records of Paleoclimate*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 329 p.
- TUCKER, M. (1988): *Techniques in Sedimentology*. Blackwell, 394 p.
- VAN HENGSTUM, P.J.; SCOTT, D.B.; GRÖCKE, D.R. & CHARETTE, M.E. (2011): Sea level controls sedimentation and environments in coastal caves and sinkholes. *Marine Geology*, 286: 35-50.
- WHITE, W.B. (2007): Cave sediments and paleoclimate. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69 (1): 76-93.

DADES SOBRE PALEOCARST I ESPELEOCRONOLOGIA DE LES ILLES BALEARS

per Joaquín GINÉS ^{1,2}, Angel GINÉS ^{1,2} i Joan J. FORNÓS ¹

Abstract

The litho-stratigraphic record of the Balearic Islands, basically composed by carbonate rocks, include noticeable paleo-karstic phenomena particularly owing to the complex tectonic structuration experienced by the Western Mediterranean basin all along its geological history. The most outstanding paleokarst features and associated breccia deposits are observed in the Jurassic limestones and, especially, in the postorogenic Upper Miocene carbonate rocks, where abundant funnel-shaped collapse structures (Messinian in age) have tightly conditioned the geomorphological evolution of the eastern coast of Mallorca.

Regarding the karstification occurred in Pliocene and Quaternary times, the islands arise as exceptional scenarios in order to obtain valuable speleochronological data from quite different sources. The base level variations –controlled in turn by oscillations of the sea level–, as well as the evolutionary trends of endemic vertebrates that lived in the Balearic Islands, provide a solid chronological frame to undertake the geomorphologic study of Balearic caves and its sediments. Particularly, the glacio-eustatic oscillations experienced by the Mediterranean Sea remain accurately recorded by means of horizontal paleolevels of phreatic speleothems, mostly corresponding to Upper Pleistocene and Holocene sea-stands. The isotopic investigations (U-Th, ¹⁴C) carried out on these carbonate precipitates, as well as on speleothems in general, have supplied abundant absolute dating which strongly contribute to the chronological assessment of the endokarst evolution undergone in our islands. All the evidences gathered till now seem to place in the Pliocene, and in some cases even before, the main speleogenetic phases occurred in the archipelago. During the Middle and Upper Pleistocene, the caves in the Balearic Islands had only experienced minor morpho-sedimentary modifications embracing –in a significant number of cave sites– the deposition of abundant speleothems together with the emplacement of paleontological deposits that include endemic vertebrate fauna.

Resum

El registre litostratigràfic de les Balears, integrat bàsicament per roques carbonatades, conté interessants fenòmens paleocàrstics, propiciats per la complexa estructuració tectònica que ha afectat la Mediterrània occidental al llarg de la seva història geològica. Les bretxes i morfologies paleocàrstiques més destacables s'observen en les calcàries del Juràssic i, sobretot, en els materials carbonatats postorogènics del Miocè superior, on nombrosos col·lapses en forma d'embut i d'edat messiniana arriben a condicionar l'evolució geomorfològica de la costa oriental de Mallorca.

Pel que fa a la carstificació ocorreguda al llarg del Pliocè i Quaternari, les illes constitueixen escenaris idonis per a l'obtenció de valuoses dades espeleocronològiques interdisciplinàries. Les variacions del nivell de base –controlades per les oscil·lacions del nivell marí–, així com les tendències evolutives dels vertebrats endèmics que habitaren les nostres illes, proporcionen un marc cronològic excepcional per tal d'emprendre l'estudi geomorfològic de les coves de les Balears i els seus sediments. En particular, les oscil·lacions glacioeustàtiques de la Mediterrània han quedat enregistrades de forma precisa mitjançant la deposició de paleonivells d'espeleotemes freàtics, corresponents sobretot al Pleistocè superior i Holocè. La investigació isotòpica (U-Th, ¹⁴C) d'aquests precipitats minerals, i dels espeleotemes en general, ha subministrat abundants datacions absolutes que han contribuït a la reconstrucció cronològica de l'evolució del nostre endocarst. Les evidències acumulades fins ara situen les fases principals d'espeleogènesi, amb bastant probabilitat, en el Pliocè, i en alguns casos fins i tot abans. Durant el Pleistocè mitjà i superior, les coves de les Balears experimentaren tan sols lleus retoques morfosedimentaris, que inclouen la deposició d'abundants espeleotemes juntament amb dipòsits paleontològics amb fauna vertebrada endèmica.

Resumen

El registro litoestratigráfico de las Baleares, integrado básicamente por rocas carbonatadas, contiene interesantes fenómenos paleokársticos, propiciados por la compleja estructuración tectónica que ha afectado al Mediterráneo occidental a lo largo de su historia geológica. Las brechas y morfologías paleokársticas más destacables se observan en las calizas del Jurásico y, sobre todo, en los materiales carbonatados postorogénicos del Mioceno superior, donde numerosos colapsos en forma de embudo y de edad Messiniense llegan a condicionar la evolución geomorfológica de la costa oriental de Mallorca.

En cuanto a la karstificación ocurrida a lo largo del Plioceno y Cuaternario, las islas constituyen escenarios idóneos de cara a la obtención de valiosos datos espeleocronológicos interdisciplinarios. Las variaciones del nivel de base –controladas por las oscilaciones del nivel marino–, así como las tendencias evolutivas de los vertebrados endémicos fósiles que habitaron nuestras islas, proporcionan un marco cronológico excepcional a la hora de emprender el estudio geomorfológico de las cuevas de las Baleares y de sus sedimentos. En particular, las oscilaciones glacio-eustáticas del Mediterráneo han quedado registradas de forma precisa mediante la deposición de paleoniveles de espeleotemas freáticos, correspondientes sobre todo al Pleistoceno superior y Holoceno. La investigación isotópica (U-Th, ¹⁴C) de estos precipitados minerales, y de los espeleotemas en general, ha suministrado abundantes dataciones absolutas que han contribuido a la reconstrucción cronológica de la evolución de nuestro endocarst. Las evidencias acumuladas hasta ahora sitúan, con bastante probabilidad, las fases principales de espeleogénesis en el Plioceno, y en algunos casos incluso antes. Durante el Pleistoceno medio y superior, las cuevas de las Baleares experimentaron tan solo ligeros retoques morfo-sedimentarios, que incluyen la deposición de abundantes espeleotemas junto a numerosos depósitos paleontológicos con fauna vertebrada endémica.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

2 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció

El present capítol s'ocuparà dels principals aspectes de l'estudi del carst de les Balears que es relacionen amb el vector temps com són, més concretament, les manifestacions de paleocarst a les nostres illes i les dades espeleocronològiques sobre l'endocarst de l'arxipèlag. Malgrat aquest enfocament balear, cal reconèixer que la majoria d'informacions sobre aquestes matèries es circumscriuen a l'àmbit de Mallorca i, per tant, les referències a les illes menors seran en general minses al llarg de tot el treball.

Pel que fa als fenòmens paleocàrstics, és a dir a les formes i dipòsits lligats a fases de carstificació pre-terites i més o manco llunyanes dins del registre geològic, es farà necessàriament en aquestes planes una revisió més aviat breu. Aquest fet respon bàsicament a dos aspectes ben diferents: per una banda, el caràcter poc espeleològic de les manifestacions paleocàrstiques, consistents sobretot en bretxes i morfologies que apareixen sovint cobertes per formacions geològiques més modernes, així com, per altra banda, les relativament escasses aportacions recents i rellevants sobre aquesta

matèria. En aquest sentit, remetem als possibles interessats a l'exhaustiu treball de FORNÓS *et al.* (1995) sobre el paleocarst de Mallorca, del qual es farà ara una molt breu síntesi, emperò incorporant-hi les informacions subministrades per la bibliografia més actual sobre les diferents illes.

Quant a l'espeleocronologia, el tractament que se li donarà en aquest capítol serà força més extens i es desenvoluparà en la línia d'anteriors treballs que emfatitzaven les possibilitats que es deriven de la investigació de les cavitats existents en les illes carstificades (GINÉS & GINÉS, 1986, 1995). En aquest sentit, les informacions geomorfològiques procedents de les interaccions que es donen entre el modelat càrstic i la dinàmica litoral, resulten freqüentment complementades per valuoses dades cronològiques procedents del registre paleontològic de fauna vertebrada endèmica plio-quadernària, el qual compta amb importants aportacions recents (BOVER *et al.*, 2008, 2010). Però tal vegada és en el camp de la cronologia isotòpica on han tingut lloc contribucions més rellevants durant els darrers anys; esmentarem a

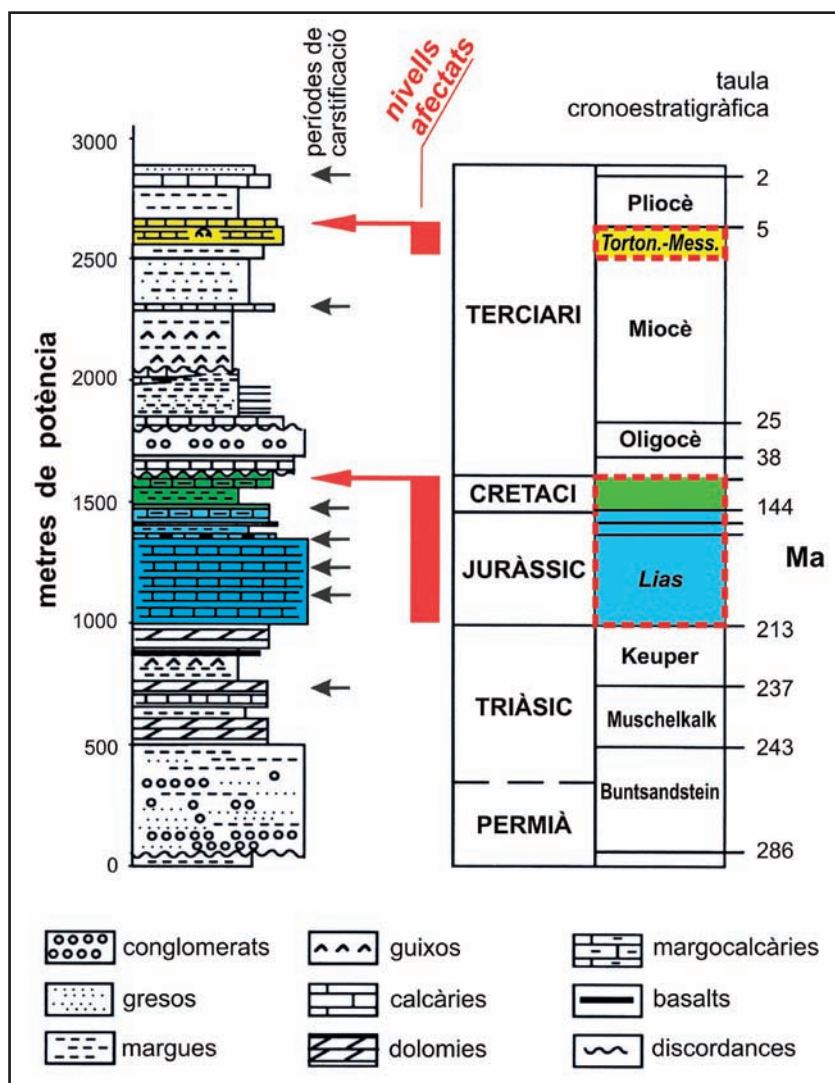


Figura 1: Columna litoestratigràfica sintètica de Mallorca amb indicació dels episodis de paleocarstificació (fletxes) i els principals nivells afectats (columnes verticals vermelles). Modificat a partir de FORNÓS *et al.* (1995).

Figure 1: Synthetic litho-stratigraphical column of Mallorca Island showing the paleocarstification episodes (arrows) and the main affected levels (red vertical bars). Modified from FORNÓS *et al.* (1995).

tall d'exemple les nombroses datacions U-Th efectuades tant sobre espeleotemes vadossos (HODGE, 2004), com en relació a espeleotemes freàtics associats a paleonivells de la Mediterrània corresponents al Pleistocè superior i Holocè (TUCCIMEI *et al.*, 2006, 2010; DORALE *et al.*, 2010). Malgrat que, d'altra banda, les dades paleoclimàtiques obtingudes fins ara són disperses i poc abundants, en línies generals la reconstrucció cronològica de la carstificació ocorreguda durant el Pliocè i el Quaternari compta amb un seguit d'informacions sòlides, que permeten situar en el temps les principals fases d'espeleogènesi de l'endocarst balear. Totes aquestes qüestions relacionades amb la cronologia de la formació de les coves illenques, així com amb l'emplaçament de sediments de diversos tipus, seran tractades en detall en les planes següents.

Les manifestacions de paleocarst

Aquest concepte, entès com a manifestació morfo-sedimentària dels processos de carstificació ocorreguts durant períodes geològics pretèrits, està caracteritzat per dos aspectes clau: les formes observables corresponen a unes condicions morfogenètiques diferents de les actuals i, a més a més, aqueixes morfologies es troben generalment recobertes per materials geològics més moderns que les roques carbonatades on està emplaçat el paleocarst (BOSÁK, 1989). En el cas de les Balears, la forta estructuració tectònica que ha afectat l'arxipèlag al llarg de la seva història geològica ha ocasionat diversos períodes d'emersió dels materials calcaris, que han donat lloc a successives fases de carstificació (FORNÓS *et al.*, 1995) i, fins i tot, de fossilització de les formes generades. Les morfologies observables, així com els seus reblliments, mostren un ampli ventall de fenòmens disposats al llarg de tota la seqüència sedimentària (Figura 1), en la qual les roques calcàries hi són àmpliament representades.

Malgrat que els estudis sobre el paleocarst balear no són massa nombrosos, existeixen dos casos que han estat estudiats amb bastant detall a l'illa de Mallorca. El primer d'ells es troba representat per les manifestacions paleocàrstiques existents a les calcàries del Juràssic de la Serra de Tramuntana (FORNÓS *et al.*, 1986/87), mentre que el segon correspon al paleocarst desenvolupat als dipòsits escullosos del Miocè superior de la costa oriental de l'illa (FORNÓS, 1999; ROBLEDO & POMAR, 2000; ROBLEDO, 2005). Per a gaudir d'una visió més detallada d'aquestes matèries és recomanable la consulta del treball ja citat de FORNÓS *et al.* (1995).

EL PALEOCARST DELS DIPÒSITS JURÀSSICS

Quant al Juràssic de Mallorca, amb una potència global de més de 500 m, presenta dues seqüències ben diferenciades (FORNÓS & GELABERT, 1995). La inferior està formada per dolomies, calcàries i bretxes que

corresponen a dipòsits litorals i de plataforma interna, que evolucionen cap a fàcies de plataforma oberta, finalitzant amb un nivell de quarsarenites que ha estat tradicionalment atribuït al Toarcià. Per altra banda, la

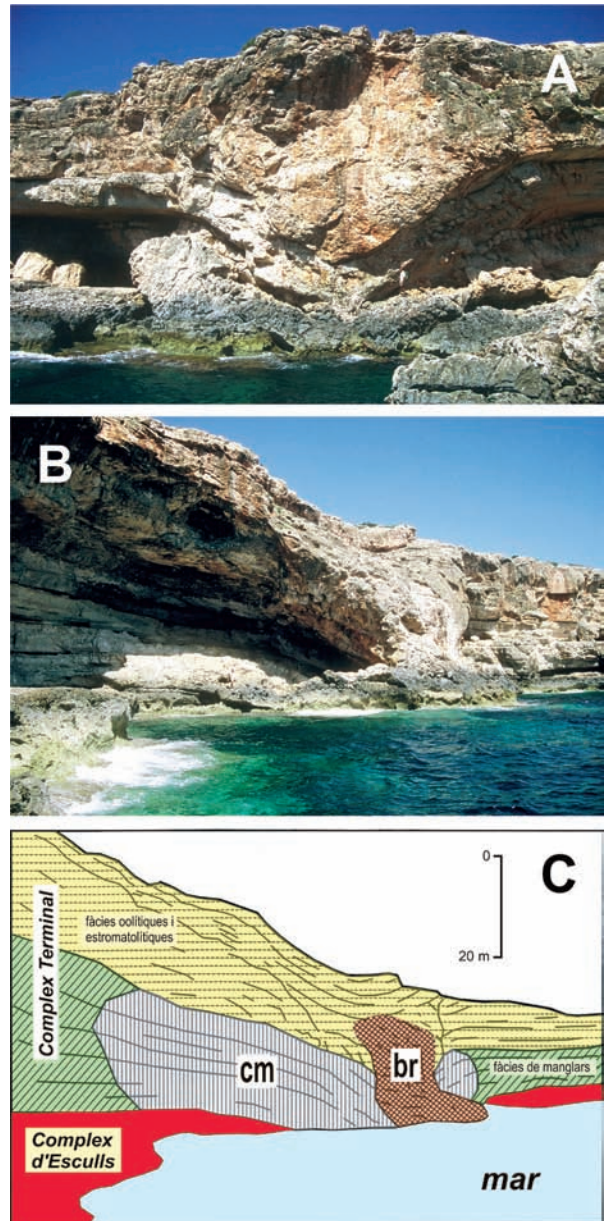


Figura 2: Els fenòmens de paleocarst al Miocè superior del llevant de Mallorca. **A:** col-lapse paleocàrstic que implica una acusada deformació dels materials del Complex Terminal, a prop de la Punta des Savinar (Santanyi). **B:** un altre col-lapse, situat als voltants del Niu de s'Àguila (Santanyi), on s'observen les bretxes de la xemeneia central fortament cimentades, que donen lloc a una prominència de la línia de costa. **C:** esquema interpretatiu del col-lapse que apareix a la foto **B**. (Fotos: Joaquín Ginés).

Figure 2: Paleocast phenomena in the Upper Miocene rocks of eastern Mallorca. **A:** paleocast collapse producing a noteworthy deformation of the Terminal Complex materials, close to Punta des Savinar (Santanyi). **B:** another collapse, located near Niu de s'Àguila (Santanyi), where the well-cemented breccia deposits corresponding to the central chimney are clearly visible, forming a notable prominence in the coastline. **C:** interpretative scheme of the collapse shown in photo **B**. (Photos: Joaquín Ginés).

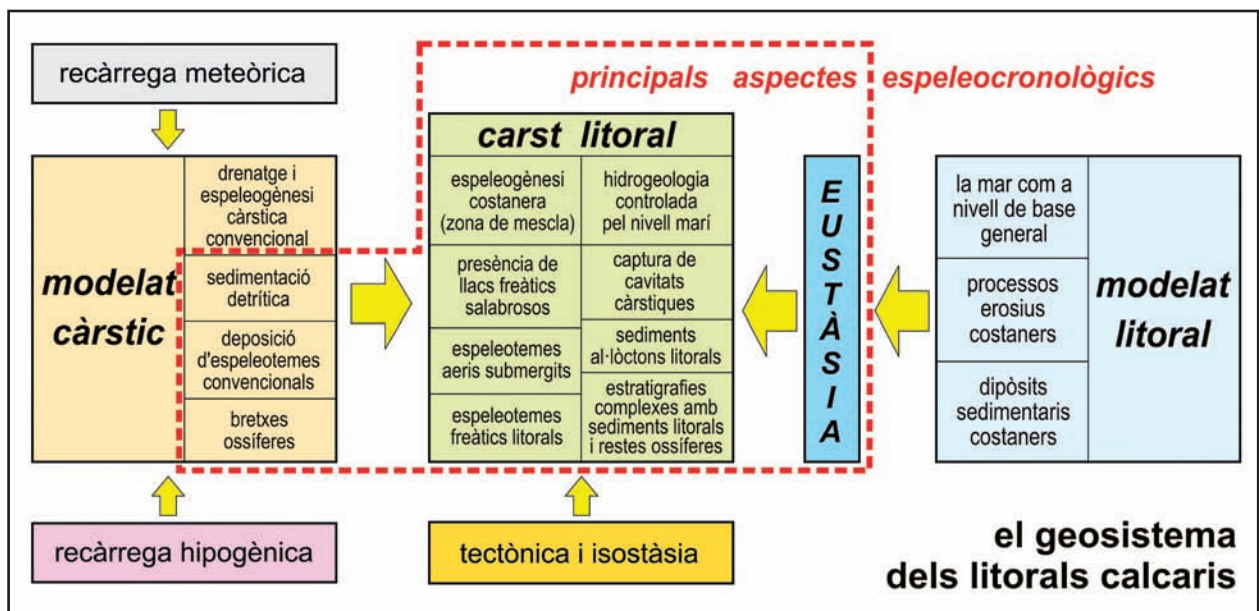


Figura 3: Esquema conceptual del funcionament del geosistema càrstic-litoral i de les seves possibilitats espeleocronològiques, relacionades moltes d'elles amb les oscil·lacions glacioeustàtiques.

Figure 3: Conceptual scheme on the most significant interactions that affect the littoral karst geosystem and its speleochronological potentialities, many of them related to the glacioeustatic oscillations.

seqüència superior correspon a una sedimentació pelàgica que inclou margues i margocalcàries amb nivells de sílex; aquests dipòsits de la seqüència superior s'inicien al Dogger i continuen amb fàcies cada vegada més pelàgiques fins al Cretaci superior. En aquests moments té lloc l'emersió de l'àrea balear, i fins l'Eocè mitjà no es torna a trobar cap tipus de registre.

El paleocarst desenvolupat en els materials mesozoics –bàsicament en les calcàries del Lias– inclou fissures i cavitats irregulars o seudocilíndriques d'ordre decamètric a mètric, reblides per bretxes heteromètriques que abracen tota la seqüència del Juràssic (sobretot els dipòsits del Lias superior i del Dogger) i inclouen abundants grans de quars procedents dels nivells del Toarcià (FORNÓS *et al.*, 1986/87). El procés de formació d'aquestes morfologies, així com de les masses de bretxes associades, s'ha produït amb posterioritat a la deposició de la seqüència pelàgica mesozoica, ja que abunden els clastos de materials margosos pelàgics on hi destaquen les traces de *Cancellophycus* reomplint els esmentats buits de dissolució. Sembla plausible associar la formació d'aquest paleocarst amb el període d'emersió paleocena, donat que a totes les Balears no s'han trobat materials pertanyents a aquesta edat.

EL PALEOCARST AL MIOCÈ SUPERIOR

Els materials calcaris del Miocè superior afloren extensament en el sud i llevant de l'illa de Mallorca, on constitueixen un seguit de plataformes tabulars que voregen els relleus de les Serres de Llevant. Aquests afloraments formen, a la línia de costa, penya-segats de fins a 30 m d'alçada que permeten observar espectaculars estructures paleocàrstiques (Figura 2), sobretot al llarg de la costa oriental de l'illa.

En el cas de Mallorca, el Miocè superior està format per fàcies de plataforma carbonatada (FORNÓS & GELABERT, 2004), on és possible distingir dues unitats deposicionals clarament diferenciades: el *Complex d'Esculls*, integrat per calcarenites bioclàstiques i esculls de corall, i el *Complex Terminal* que inclou dipòsits litorals somms amb una gran varietat de fàcies (mangles, planes arenoses, estromatòlits, calcàries oolítiques...). El sostre de la unitat escullosa presenta una clara superfície erosiva que es mostra parcialment carstificada.

En els penya-segats costaners dels municipis de Santanyí i Felanitx són molt freqüents les morfologies relacionades amb fenòmens de subsidència ocasionats per processos de dissolució càrstica (FORNÓS *et al.*, 1995; FORNÓS, 1999; ROBLEDO & POMAR, 2000). En general es tracta de deformacions en forma d'enfonsament, que ressegueixen el contacte entre el *Complex d'Esculls* i el *Complex Terminal* i afecten freqüentment a tot el paquet de la unitat superior (Figura 2a); la unitat inferior escullosa, on es desenvolupen els buits que donen lloc als enfonsaments, tan sols resulta afectada ocasionalment en els seus nivells més elevats. Des del punt de vista morfològic, aquestes estructures paleocàrstiques presenten diverses parts ben individualitzades: a la base, i sempre localitzada al *Complex d'Esculls*, es localitza una cavitat irregular de dimensions variables, la qual mitjançant un conducte en forma de xemeneia connecta l'esmentada cavitat basal amb una depressió sinusoidal superior molt marcada (Figures 2a i 2b). El diàmetre de les deformacions resultants és de mida decamètrica en general, assolint en alguns casos fins i tot el centenar de metres; els pendents de les parets de les depressions solen oscil·lar entre els 20° i els 45°.

La formació de cavitats, per dissolució, i els ulteriors mecanismes de col·lapse que afectaren els materials suprajacents donen lloc a importants processos de for-

mació de bretxes (FORNÓS, 1999; ROBLEDO, 2005). Els materials involucrats en els col·lapses inclouen tot el *Complex Terminal*, afectant fins i tot als seus nivells més alts constituïts per les calcàries oolítiques. Les bretxes resultants són oligomíctiques i presenten clastos molt angulosos, amb unes mides que van des de centímetres fins a més d'un metre; la matriu és en ocasions calcarenítica i calcisilítica, encara que amb freqüència les bretxes mostren una important litificació amb ciment calcíctic. Precisament, el grau de cimentació de les bretxes que omplen la xemeneia central d'aquestes estructures paleocàrstiques té una repercussió molt evident en la morfologia de la línia de costa (GINÉS, 2000; BALAGUER & FORNÓS, 2004). En aquest sentit, per exemple, resulta habitual que els cossos columnars de bretxes molt cimentades formin prominències més o manco notòries del traçat litoral; en canvi, a ambdós costats de la xemeneia central la dinàmica marina erosiona amb facilitat els paquets més margosos del *Complex Terminal*, que es troben fortament deformats i fracturats en els flancs dels col·lapses (Figures 2b i 2c).

El desenvolupament de les estructures de col·lapse descrites sembla estar originat per l'elevada porositat resultant de la dissolució preferencial de les masses aragonítiques de coralls, fet que hauria provocat el flux subsident de materials més o manco plàstics cap a aquests buits. Aquest procés afectaria sobretot als nivells superiors —el *Complex Terminal*— originant la deformació, trencament i bretxificació d'aquests materials. L'edat del paleocarst és difícil de concretar: el seu inici podria situar-se immediatament després de la deposició del *Complex d'Esculls*, continuant durant la sedimentació i litificació parcial del *Complex Terminal*, corresponent al Messinià. Així mateix, el procés de carstificació pot haver continuat al menys durant el Pliocè.

Finalment cal referir-se a determinats dipòsits de bretxes de gran interès paleontològic, que es poden situar cronològicament al final del Miocè o inici del Pliocè, i que es troben representats tant a Mallorca com a les illes

menors (BOVER *et al.*, 2008). Esmentarem, en el cas de Menorca, les bretxes que reomplen algunes cavitats a les calcàries juràssiques de Punta Nati (al nord de Ciutadella), les quals han proporcionat una interessant associació faunística que inclou un conill de gran talla i una tortuga gegant; pel que fa a Eivissa, cal assenyalar per exemple els rebliments d'antigues cavitats a la zona de Ses Fontanelles (Sant Antoni de Portmany), també amb una fauna característica que inclou entre d'altres dos bòvids, dos rosegadors, un lepòrid, i alguns rèptils. En l'illa de Mallorca, destaca la recent descripció de *Myotragus palomboi*, forma arcaica d'aquest gènere de bòvid, recol·lectada en les bretxes pliocenes del Caló d'en Rafelino, al municipi de Manacor (BOVER *et al.*, 2010).

Les illes calcàries i l'espeleocronologia

Els territoris insulars integrats de forma majoritària per roques calcàries constitueixen àmbits molt adients de cara a la realització d'investigacions espeleocronològiques (GINÉS & GINÉS, 1986, 1995; GINÉS *et al.*, 2007). Les interaccions entre el modelat càrstic i la dinàmica litoral (Figura 3) introdueixen una interessant component cronològica, relacionada amb les oscil·lacions glacioeustàtiques, que juntament amb d'altres circumstàncies de caire geomorfològic i/o paleontològic contribueixen a situar en el temps l'evolució de l'endocarst. En aquest sentit, les condicions d'insularitat promouen l'evolució diferenciada de la fauna que habita a les illes, de tal manera que les tendències evolutives de certes espècies endèmiques de vertebrats terrestres fòssils queden enregistrades en l'acumulació sedimentària de nombroses coves illenques (ALCOVER *et al.*, 1981). A més a més, cal fer referència als diversos processos de

Figura 4: La Cova Marina des Pont (Manacor) és una cavitat càrstica pràcticament desmantellada per l'erosió marina. L'alçada d'aquest arc natural és aproximadament de 18 m. (Foto: Bogdan Onac).

Figure 4: The Cova Marina des Pont (Manacor) is a karst cave almost totally dismantled by the sea erosion. The height of this natural arch is around 18 m. (Photo: Bogdan Onac).



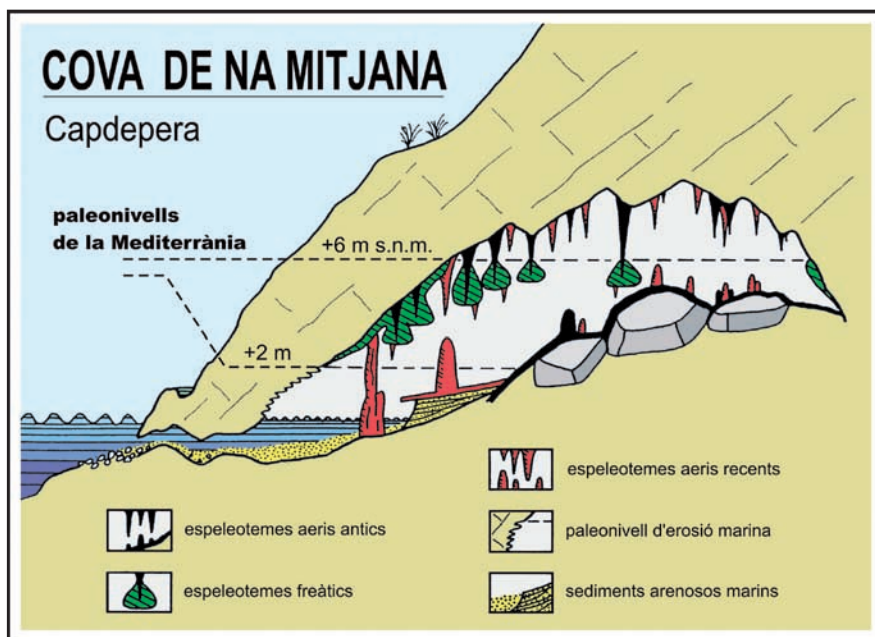


Figura 5: Representació esquemàtica de les morfologies i reblliments d'una cavitat costanera de les Serres de Llevant de Mallorca, relacionats amb les oscil·lacions pleistocèniques del nivell marí. Els espeleotemes freàtics podrien correspondre al penúltim interglacial (estadi isotòpic 7), mentre que la captura de la cova per l'erosió marina correspon probablement a l'últim interglacial (estadi isotòpic 5). Segons GINÉS *et al.* (2007).

Figure 5: Schematic representation of a coastal cave from Serres de Llevant area, in Mallorca Island, showing its morphologies and infillings related to the Pleistocene sea level oscillations. The phreatic speleothems paleolevel may correspond to the penultimate interglacial (MIS 7), whereas the marine capture of the cave probably occurred during the last interglacial (MIS 5). According to GINÉS *et al.* (2007).

deposició d'espeleotemes que, alternant-se amb d'altres mecanismes morfogenètics, confereixen una major potencialitat geocronològica a la investigació de les cavitats balears (GINÉS *et al.*, 1999).

Centrant-nos en aquest apartat en els aspectes geomorfològics i sedimentaris, les possibilitats que es deriven de l'estudi de les zones càrstiques litorals són complexes i prometedores (Figura 3). Per exemple, graves i arenes d'origen marí, emplaçades per la mar o pel vent, es poden introduir dins les coves costaneres i incorporar-se al seu registre sedimentari (GINÉS, 2000). Els exemples disponibles de cavernes que allotgen fossilitzacions al·lòctones d'origen dunar, inclouen acumulacions còniques de materials arenosos dipositades per gravetat en l'interior de cavitats càrstiques. Esmentarem en el cas de l'illa de Mallorca els dipòsits possiblement würmians presents a la Cova de sa Bassa Blanca, a Alcúdia (GINÉS & GINÉS, 1974), així com les arenes dunars del Riss existents a l'entrada del Secret des Moix, a Manacor (GINÉS *et al.*, 1975). A l'illa de la Dragonera, cal referir-se a la duna Riss dipositada a l'interior de la Cova de sa Font (EGOZCUE, 1971), mentre que a Cabrera és obligat esmentar els sediments arenosos de la Cova des Frare, atribuïts al Pleistocè inferior (MATEU *et al.*, 1979). A l'illa de Menorca, la Cova de sa Duna (Alaior) conté dipòsits d'arenes eòliques corresponents al Pleistocè superior (QUINTANA & ARNAU, 2004).

És freqüent, així mateix, observar morfologies d'erosió marina en les entrades de les cavitats litorals, essent possible constatar també que un gran nombre de coves situades a la línia de costa són el resultat de la captura de fenòmens càrstics (Figura 4) per part dels mecanismes d'erosió específics de la franja litoral (MONTORIOL-POUS, 1972; GRÀCIA *et al.*, 2010). Dins d'aquest context, és necessari al·ludir ara a les oscil·lacions del nivell marí durant el Quaternari, les quals porten implícites valuoses informacions cronològiques que faciliten la datació de paleoformes d'erosió litoral o de sediments d'origen marí dotats d'un contingut

faunístic i/o altimetria significatives (CUERDA, 1975; GINÉS, 2000). A més a més, les oscil·lacions eustàtiques no es limiten a afectar el carst com a un simple objecte passiu de la dinàmica costanera (Figura 3); ans al contrari, les vicissituds experimentades pel nivell marí adquireixen un protagonisme actiu, condicionant les zones preferencials d'espeleogènesi gràcies a l'activitat geoquímica associada a la zona de mescla entre aigües dolces i marines (BACK *et al.*, 1984).

Conjugant tots els aspectes enumerats més a dalt, han estat nombroses les aproximacions espeleocronològiques centrades en la geomorfologia càrstico-litoral d'algunes de les illes menors, com Cabrera o Formentera (MONTORIOL-POUS, 1961; MONTORIOL-POUS & TERMES, 1965). També són abundants les publicacions que s'ocupen de la història morfo-sedimentària de les coves del litoral oriental de Mallorca (GINÉS *et al.*, 1975; GINÉS, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2001), on s'aporten dades sobre la seva evolució al llarg del Pleistocè mitjà i superior (Figura 5). Per altra banda, i allunyant-nos ara dels ambients litorals illencs, determinades cavitats mallorquines posen en evidència la seva formació d'acord a uns condicionants geomorfològics radicalment diferents dels actuals; alguns fenòmens endocàrstics com l'Avenc de Fra Rafel, a Escorca (TRIAS *et al.*, 1990), o la Cova de Canet, a Esporles (PONS-MOYÀ *et al.*, 1979), ambdós a la Serra de Tramuntana, deixen ben establerta la cronologia pel cap baix pliocènica d'algunes de les cavitats balears.

El registre paleontològic

L'abundància de cavitats comunicades amb l'exterior —o que ho han estat en el passat— mitjançant obertures més o manco àmplies, que en ocasions actuen com a trampes que afavoreixen l'acumulació de

restes de vertebrats, fan que bona part del registre paleontològic del Plio-Pleistocè balear procedeixi de coves i avencs d'origen càrstic (MOYÀ-SOLÀ & PONS-MOYÀ, 1979; BOVER & ALCOVER, 2005). Cal afegir, en el cas dels ambients insulars, la possibilitat que els vertebrats presentin formes endèmiques que accentuen encara més l'interès de l'estudi de les restes paleontològiques (Figura 6); en aquest sentit, les tendències evolutives de la fauna vertebrada fòssil de les nostres illes presenten un valor geocronològic evident, que s'ha de tenir necessàriament en compte (ALCOVER *et al.*, 1981; BOVER *et al.*, 2008). Per exemple, a les illes de Mallorca i Menorca les línies evolutives de gèneres com *Myotragus*, *Hypnomys* i *Nesiotites* constitueixen informacions cronoestratigràfiques de primer ordre; més concretament, l'evolució del gènere *Myotragus* compta al manco amb sis espècies d'aquest bòvid que abracen des del Pliocè inferior fins a l'Holocè (MOYÀ-SOLÀ *et al.*, 2007; BOVER *et al.*, 2010), amb una successió ben diferenciada en les Gimnèsies (Figura 7).

Des del moment que la gran majoria de jaciments paleontològics plio-pleistocènics de les Balears corresponen a cavitats càrstiques, sovintegen les estratigrafies complexes on s'alternen les bretxes ossíferes amb dipòsits específicament càrstics –com són els espeleotemes– i sediments detrítics de diversa procedència. Un jaciment destacable, en aquest sentit, és la Cova des

Fum (GINÉS & FIOL, 1981), a Sant Llorenç des Cardassar, on es presenta una espectacular bretxa que inclou *Myotragus antiquus* intercalada entre potents colades estalagmítiques i sediments de caràcter litoral (Figura 8); la cronologia de les restes paleontològiques correspondria al límit Plio-Quaternari. Un altre exemple remarcable és la Cova de Canet, a Esporles, que ha subministrat també materials de *M. antiquus*, datats en 2,6 Ma mitjançant paleomagnetisme (PONS-MOYÀ *et al.*, 1979). Les recents troballes de formes arcaïques de *Myotragus*, encara en estudi, a la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) vindrien a confirmar la cronologia pliocènica de les principals fases d'espeleogènesi que han configurat l'endocarst de Mallorca (GINÉS *et al.*, 2009).

Situats ja en el Pleistocè mitjà i superior, algunes coves costaneres com la Cova de na Barxa (Capdepera) exhibeixen complexes històries morfogenètiques, on és possible constatar l'alternança de bretxes continentals que contenen *Myotragus balearicus* amb processos d'erosió litoral i de deposició d'espeleotemes (ANDREWS *et al.*, 1989). Finalment, cal referir-se als nombrosos jaciments holocènics amb fauna vertebrada endèmica, els quals permeten resseguir l'extinció d'aquestes associacions faunístiques, relacionada amb l'arribada de l'home a les nostres illes devers el segon mil·lenni abans de Crist (ALCOVER *et al.*, 2001; BOVER & ALCOVER, 2003).



Figura 6: Ossos i crani d'una de les formes arcaïques del gènere *Myotragus*, localitzats a les galeries més internes de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). La seva cronologia se situa al manco en el Pleistocè inferior i fins i tot abans. (Foto: Miquel Àngel Perelló).

Figure 6: Bones and skull corresponding to an archaic form of the genus *Myotragus*, found in the inner passages of Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). Their chronology is probably Lower Pleistocene or even so old as uppermost Pliocene. (Photo: Miquel Àngel Perelló).

La investigació isotòpica dels espeleotemes

Els espeleotemes constitueixen dipòsits excepcionals, tant per l'especificitat del seu ambient deposicional com per la seva potencialitat de cara a les investigacions de geologia isotòpica. Aquestes es concreten, sobretot, en les grans possibilitats de datació radiomètrica que ofereixen els espeleotemes, així com en l'obtenció de dades paleoclimàtiques relacionades amb anàlisis d'isòtops estables.

En el nostre àmbit geogràfic es disposa de relativament abundants datacions absolutes d'espeleotemes, tant de caràcter vadós (estalagmites, colades...) com de gènesi freàtica lligada a antics nivells de la Mediterrània. Les informacions isotòpiques de caire paleoclimàtic són fins el moment més aviat escasses, tal i com es veurà tot seguit. En tots els casos, les informacions disponibles se centren de manera exclusiva a l'endocarst de l'illa de Mallorca.

LES DATACIONS D'ESPELEOTEMES VADOSOS

La possibilitat d'obtenir datacions absolutes a partir de mostres d'espeleotemes, mitjançant mètodes com les sèries de l'urani, deixa obert un camp suggestiu per a la consecució de dades espeleocronològiques precises sobre les coves càrstiques de les Balears i la seva evolució (GINÉS *et al.*, 1999).

Les investigacions efectuades fins ara, utilitzant el mètode U-Th, s'han centrat en la datació de colades associades a jaciments paleontològics del Pleistocè mitjà i superior (ANDREWS *et al.*, 1989), així com en la datació de dipòsits estalagmítics de diverses coves costaneres, sobretot del llevant de Mallorca (HODGE, 2004; HODGE *et al.*, 2008). També han estat datades algunes estalactites i/o columnes que serveixen de suport a posteriors cristallitzacions d'origen freàtic (HENNIG *et al.*, 1981; GINÉS *et al.*, 1999; VESICA *et al.*, 2000; TUCCIMEI *et al.*, 2010, 2011). En total han estat publicades més de 50 datacions d'espeleotemes aeris que abracen des dels moments postglacials més recents fins als 486 ka BP,

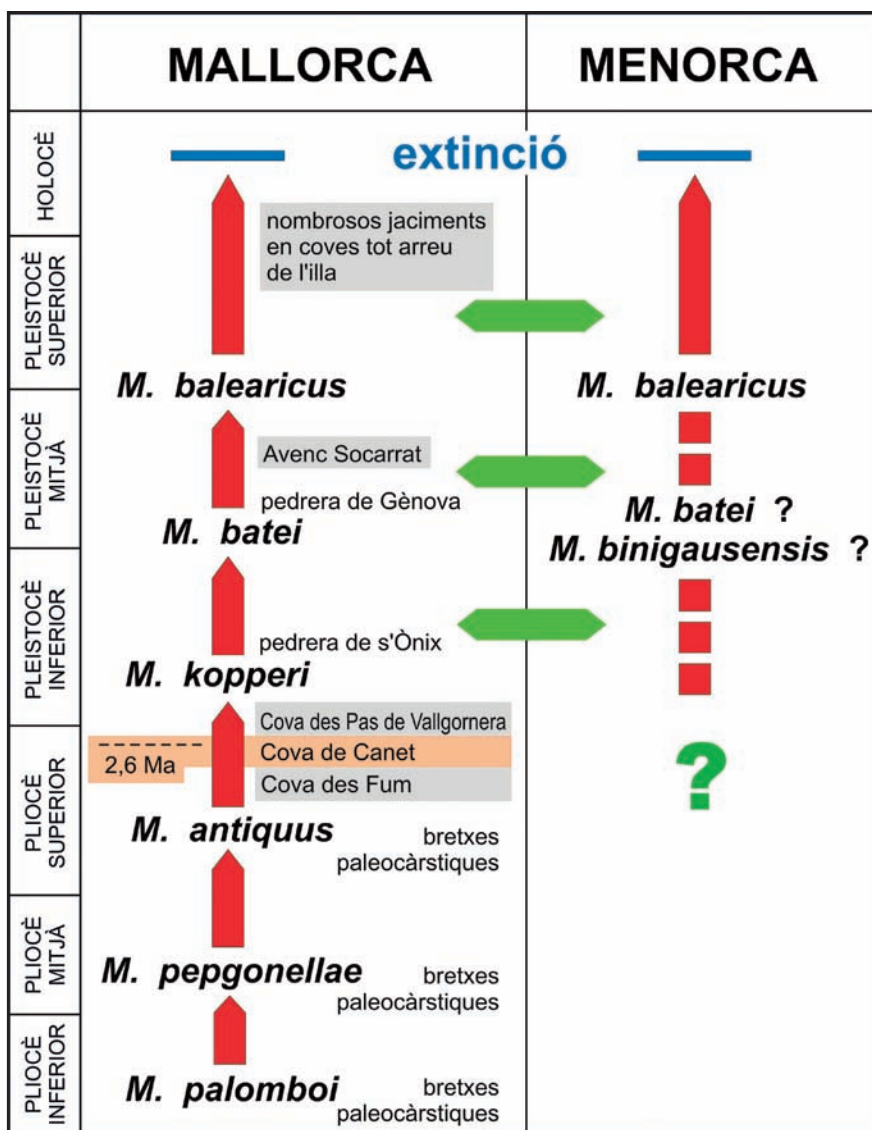


Figura 7: Línies evolutives del gènere *Myotragus* a les illes de Mallorca i Menorca, amb indicació de la seva cronologia. Basat en BOVER *et al.* (2010) i MOYÀ-SOLÀ *et al.* (2007).

Figure 7: Evolutionary lines of the *Myotragus* genus, endemic bovidae from the islands of Mallorca and Menorca, with indication of their chronology. Based on BOVER *et al.* (2010) and MOYÀ-SOLÀ *et al.* (2007).

COVA DES FUM

Sant Llorenç des Cardassar

Perfil E - W

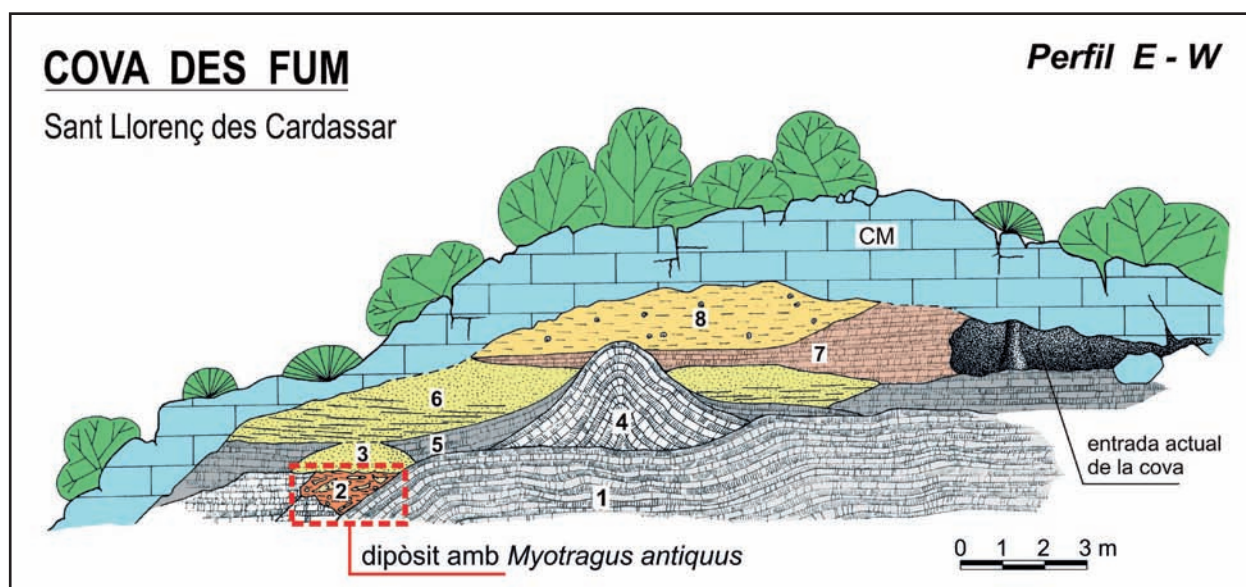


Figura 8: Seqüència estratigràfica observable a una cavitat del llevant de Mallorca (modificat a partir de GINÉS & FIOU, 1981). 1: colada basal. 2: bretxa ossífera amb restes de *Myotragus antiquus* (límit Plio-Quaternari). 3 i 6: calcarenites d'origen marí. 4, 5 i 7: altres generacions de colades. 8: llims amb gasteròpodes terrestres.

Figure 8: Stratigraphic sequence from a cave in eastern Mallorca (modified from GINÉS & FIOU, 1981). 1: basal flowstone. 2: bone breccia including remains of the bovidae *Myotragus antiquus*, whose age correspond presumably to the Plio-Quaternary transition. 3 & 6: eolian calcarenites. 4, 5 & 7: successive flowstone generations. 8: silty deposits with terrestrial gastropods.

ja en els límits del mètode de datació (Figura 9). La major part de les dades obtingudes es concentren entre el moment actual i els 165 ka BP, amb moltes menys datacions distribuïdes entre els 195 i els 486 ka BP. Encara que les dades disponibles són sens dubte escasses, i amb poc valor estadístic, queda prou documentada la precipitació d'espeleotemes en condicions vadoses durant els períodes més freds del Pleistocè superior i mitjà, corresponents als estadis isotòpics 2, 4 i 6 (l'última i penúltima glaciacions).

L'estudi geocronològic dels espeleotemes de les coves litorals presenta interessants particularitats, que es deriven de les relacions altimètriques d'aquests dipòsits respecte de l'actual o passats nivells marins. Per exemple, HODGE *et al.* (2008) documenten un hiatus en el creixement d'una estalagmita de la Cova de Cala Falcó, a Manacor, provocat per la transgressió marina corresponent al subestadi isotòpic 5a. Per altra banda, la presència d'abundants estalagmites i altres tipus d'espeleotemes aeris que es troben submergits a diferents fondàries en els llacs salabrosos de les coves litorals illenques, representen evidències de regressions marines corresponents als esdeveniments freds pleistocènics; les investigacions dirigides cap a aquest vessant del coneixement de la història del nivell marí, compta de moment amb molt poques datacions, sempre efectuades sobre espeleotemes recol·lectats al voltant del nivell actual de la Mediterrània (HENNIG *et al.*, 1981; TUCCIMEI *et al.*, 2010).

L'ESTUDI DELS ESPELEOTEMES FREÀTICS

Al darrer quart del passat segle es va encetar l'estudi dels espeleotemes freàtics de les coves de la costa oriental de Mallorca (GINÉS & GINÉS, 1974; GI-

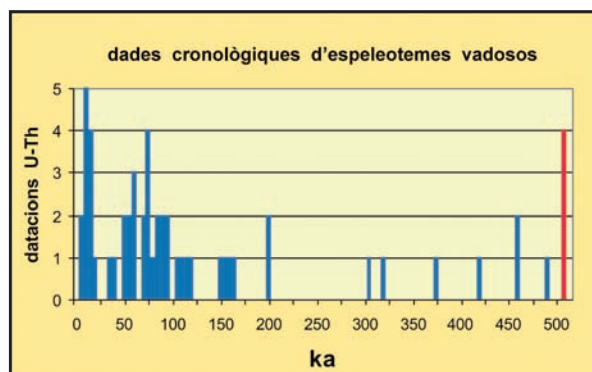


Figura 9: Distribució de freqüències de les datacions U-Th efectuades sobre espeleotemes aeris (estalagmites, flowstone, etc) de Mallorca, agrupades en intervals d'edat de 5 ka. La barra vermella correspon a datacions fora dels límits del mètode U-Th, o amb relacions isotòpiques inconsistentes. Veure explicacions addicionals en el text.

Figure 9: Frequency distribution of available U-Th datings performed on aerial speleothems (stalagmites, flowstone, etc) from Mallorca, grouped in age intervals of 5 ka. The red bar corresponds to datings out of the limits of the U-Th method, or showing non consistent isotopic ratios. See additional explanations in the text.

NÉS *et al.*, 1975), els quals delimiten paleonivells assolits per la superfície de les aigües freàtiques, dins cavitats properes a la línia litoral, en relació amb les fluctuacions glacioeustàtiques marines. L'interès primordial d'aquests dipòsits rau en el següent fet: les estabilitzacions del nivell de la Mediterrània –tant transgressives (interglacials) com regressives (episodis freds)– han quedat enregistrades a l'interior de nombroses caveres mitjançant alineacions horitzontals d'espeleotemes freàtics (Figures 10 i 11a), que es localitzen respectivament per damunt i per davall del nivell marí actual

(GINÉS *et al.*, 1981b; GINÉS, 2000; TUCCIMEI *et al.*, 2006). Les cristal·litzacions freàtiques presenten una gran variabilitat morfològica i textural, mentre que la mineralogia es presenta calcítica i/o aragonítica (POMAR *et al.*, 1976, 1987; GINÉS, 2000; GINÉS *et al.*, 2005), circumstància que pot tenir un clar significat geoquímic i paleoambiental.

En el cas de Mallorca s'han constatat nombrosos paleonivells de cristal·litzacions freàtiques, situades entre les cotes +46 m i -23 m respecte al present nivell de la Mediterrània (GINÉS, 2000). En alguns treballs (GINÉS & GINÉS, 1974; GINÉS *et al.*, 1981a) s'ha apuntat la possibilitat de correlacionar altimètricament aquestes

cristal·litzacions amb antigues línies de costa pleistocèniques, reconegudes a l'exterior mitjançant l'estudi estratigràfic i paleontològic de les platges fòssils de la nostra illa, ben conegudes gràcies a les investigacions de quaternaristes de renom com CUERDA (1975); en aquesta línia d'hipòtesi, els paleonivells més elevats d'espeleotemes freàtics correspondrien probablement a episodis interglacials atribuïbles al Pleistocè mitjà. Però, a part de les esmentades correlacions altimètriques, les possibilitats que ofereixen els espeleotemes freàtics de cara a la seva datació radiomètrica els converteixen en un valuós registre per a un millor coneixement de la història quaternària del nivell marí.



Figura 10: Espectacular sobrecreixement de cristal·litzacions freàtiques desenvolupat sobre una columna a la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). El màxim gruix observable al bell mig d'aquest espeleotema freàtic correspon al nivell marí mitjà durant el darrer interglacial (subestadi isotòpic 5e). (Foto: Antoni Merino).

Figure 10: Conspicuous overgrowth of phreatic crystallizations developed on a column in Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). The maximum thickness in the middle of this phreatic speleothem corresponds to the mean sea level during the Last Interglacial (MIS 5e). (Photo: Antoni Merino).

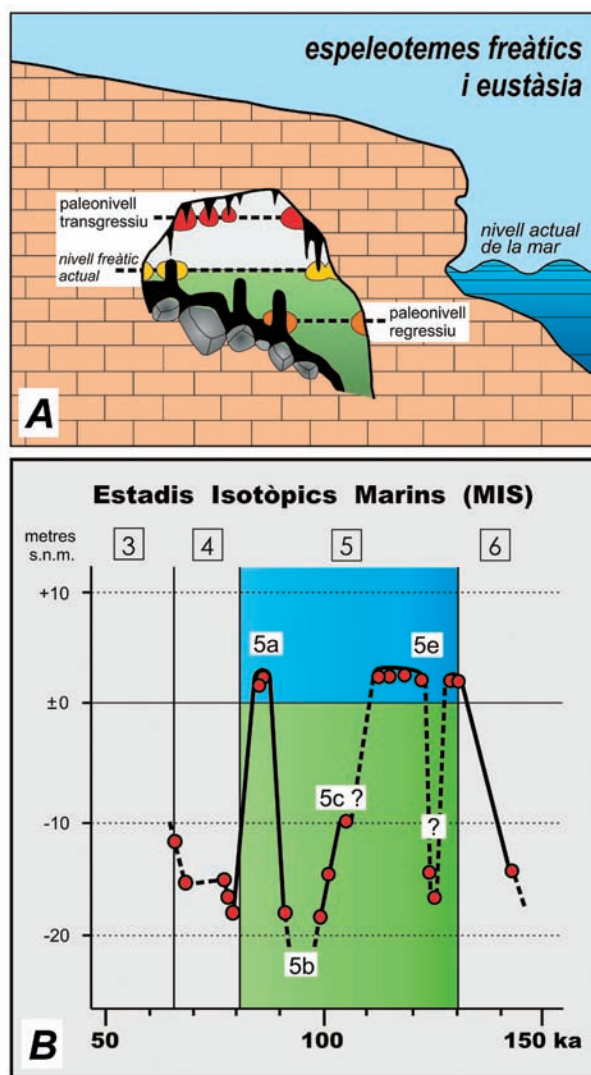
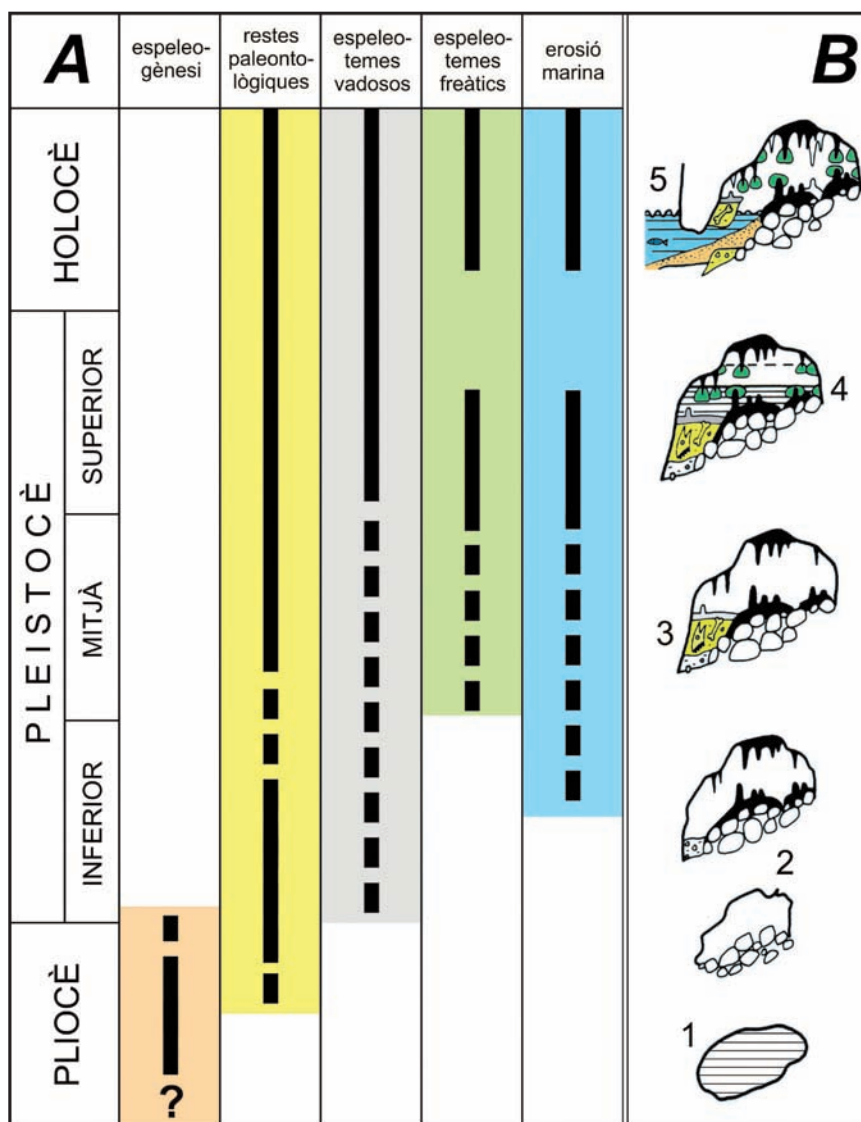


Figura 11: Els espeleotemes freàtics i les seves possibilitats geocronològiques. **A:** esquema interpretatiu de la distribució espacial de les alineacions de cristal·litzacions freàtiques. **B:** corba eustàtica del darrer interglacial construïda a partir de datacions U-Th d'espeleotemes freàtics de coves mallorquines (basat en TUCCIMEI *et al.*, 2006).

Figure 11: The phreatic speleothems and its geochronological implications. **A:** conceptual scheme about the spatial distribution of phreatic crystallizations alignments. **B:** eustatic curve of the Last Interglacial deduced from U-Th datings of phreatic speleothems collected in Mallorcan caves (based on TUCCIMEI *et al.*, 2006).

Figura 12: Síntesi cronològica idealitzada de l'evolució morfo-sedimentària de l'endocarsst litoral de Mallorca. **A:** reconstrucció temporal dels principals processos morfogenètics implicats i dels rebliments associats. **B:** aparença morfològica general de les coves en els diferents moments de la seva evolució. 1: excavació inicial de buits freàtics; 2: els processos d'esfondrament de les voltes alternen amb fases de deposició d'espeleotemes vadosos; 3: s'acumulen restes fòssils de vertebrats endèmics a les zones d'entrada d'algunes coves; 4: diversos episodis de generació d'espeleotemes freàtics es corresponen amb paleonivells de la Mediterrània; 5: mecanismes recents d'erosió i sedimentació marina afecten les cavitats costaneres.

Figure 12: Idealized chronological synthesis concerning the morphological and sedimentary evolution of the littoral endokarst from Mallorca Island. **A:** temporal reconstruction of the main morphogenetic processes and the associated cave infillings. **B:** general morphological appearance of the caves in different moments of their evolution. 1: excavation of an initial network of phreatic voids; 2: breakdown processes alternate with different phases of vadose speleothems deposition; 3: paleontological remains of endemic vertebrates accumulate at the entrance parts of many caves; 4: several deposition episodes of phreatic speleothems occur corresponding with high Mediterranean sea paleolevels; 5: recent erosional and sedimentary mechanisms, marine in origin, affect the caves that are closest to the coastline.



Rere els estudis primerencs sobre aquesta matèria, fonamentalment de caire geomorfològic i cristal·logràfic (GINÉS & GINÉS, 1974; POMAR *et al.*, 1976, 1979; GINÉS *et al.*, 1981a, 1981b), s'han portat a terme fins al present quatre successius programes de datació absoluta d'aquests dipòsits, mitjançant el mètode U-Th. Les primeres campanyes de datació es feren utilitzant tècniques d'espectrometria alfa (HENNIG *et al.*, 1981; GINÉS & GINÉS, 1993; TUCCIMEI *et al.*, 1998, 2000; GINÉS, 2000), mentre que en les darreres s'han emprat tècniques d'espectrometria de masses (TIMS i MC-ICPMS) que permeten obtenir dades molt més acurades i precises (TUCCIMEI *et al.*, 2006, 2010; DORALE *et al.*, 2010). En total s'han publicat al llarg dels darrers trenta anys prop d'un centenar de datacions, que han fet possible la reconstrucció d'una corba eustàtica bastant detallada pel que fa al rang d'edat de 60 a 150 ka BP. Aquesta corba (Figura 11b) deixa ben evident l'existència –dins del darrer interglacial– d'un mínim de dos episodis amb un nivell de la Mediterrània superior a l'actual, concretament els subestadis isotòpics 5a i 5e, encara que aquest darrer subestadi sembla haver estat interromput per una

davallada sobtada del nivell de la mar (TUCCIMEI *et al.*, 2006; DORALE *et al.*, 2010). Les taxes d'ascens i descens del nivell marí deduïdes de l'altimetria de les mostres datades són bastant elevades, fins i tot superiors als 4 m/ka.

Convé esmentar, així mateix, les datacions d'espeleotemes de la Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) efectuades per GRÜN (1985, 1986) utilitzant les tècniques d'ESR (Electron Spin Resonance); aquest autor proposa que la complexa seqüència analitzada, majoritàriament d'origen freàtic, abraça un lapse de temps que va des de 700 a 200 ka BP. Altres intents de datació ESR d'espeleotemes freàtics, procedents de diferents localitats mallorquines, han proporcionat resultats poc consistents (GINÉS, 2000).

Finalment ens referirem a les cristal·litzacions freàtiques subactuals, que s'observen al voltant de la present franja de fluctuació dels llacs salabrosos de les coves litorals de Mallorca. Aquests dipòsits han estat datats mitjançant U-Th i ¹⁴C, amb la intenció de confirmar la seva cronologia postglacial i obtenir dades cronològiques sobre el nivell de la Mediterrània durant l'Holocè.

Les datacions obtingudes posen en evidència un nivell marí similar a l'actual des dels 2.800 anys BP fins a l'actualitat (TUCCIMEI *et al.*, 2010, 2011), precedit per una estabilització de signe negatiu (aprox. -1 m) documentada per les restes arqueològiques existents a la Cova Genovesa, al municipi de Manacor.

ALGUNES DADES PALEOCLIMÀTIQUES

Encara que no són gaire nombroses, es disposa d'algunes dades de caire paleoclimàtic procedents d'anàlisis dels isòtops estables del carboni i de l'oxigen, efectuats a partir d'espeleotemes de Mallorca. Les informacions disponibles són bastant fragmentàries en el cas de les cristal·litzacions freàtiques, donat que aquest tipus de dipòsits té un caràcter molt discontinu –espacial i temporalment– per mor de la tendència fluctuant del nivell marí pleistocè; d'altra banda, pel que fa als espeleotemes vadosos, es disposa tan sols d'unes poques sèries d'anàlisis realitzats especialment sobre estalagmites de coves del llevant de l'illa.

Començant per aquests darrers dipòsits –els espeleotemes vadosos– les investigacions geocronològiques i paleoambientals realitzades per HODGE (2004) constitueixen les úniques dades exhaustives sobre els isòtops estables en estalagmites de cavitats mallorquines, com són la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor), la Cova de Cala Falcó i la Cova de Cala Varques A (Manacor), així com la Cova Tancada (Alcúdia). Aquest autor aporta anàlisis dels isòtops del carboni i de l'oxigen que abracen el rang d'edat de 240 a 48 ka BP, detectant en el decurs del darrer interglacial (concretament dins el subestadi 5e; 130 a 120 ka BP) una tendència de canvi des de condicions pluvials cap a un règim de marcada aridesa. Durant el subestadi 5a (85 a 80 ka BP) s'observa una molt acusada variabilitat climàtica, amb canvis tèrmics i pluviomètrics substancials i molt sobtats que tenien lloc en lapsos de temps de menys de 200 anys. Els estadis 4 i 3 suposen esdeveniments de caràcter fred i amb escasses precipitacions. En general, les estalagmites analitzades presenten taxes de creixement molt elevades, de l'ordre de 0,1 a 0,4 mm/any, però abraçant espais de temps relativament curts.

Quant als espeleotemes freàtics, cal esmentar les informacions subministrades per VESICA *et al.*, (2000), on es documenten composicions isotòpiques pesades (valors elevats de $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$) en cristal·litzacions corresponents a l'últim interglacial (estadi 5). Aquest fet és relacionat pels citats autors amb una component important d'aigua marina en el sistema geoquímic de les aigües freàtiques litorals, associada a condicions climàtiques d'aridesa creixent. En aquest mateix sentit, la presència d'espeleotemes freàtics d'aragonita, precipitats durant el subestadi 5e, estaria afavorida per les temperatures elevades que caracteritzen els moments interglacials (POMAR *et al.*, 1976, 1987), les quals es tradueixen en els jaciments exteriors en l'aparició de la fauna malacològica termòfila pròpia de l'Eutirrenià (CUERDA, 1975); així mateix, continguts elevats de Mg i Sr en les aigües freàtiques, com a conseqüència d'una recàrrega meteorològica dèbil, podrien també propiciar la deposició de cristal·litzacions d'aragonita, refermant el significat pa-

leoclimàtic de la mineralogia d'aquests dipòsits (GINÉS, 2000; VESICA *et al.*, 2000). També s'aporten dades d'isòtops estables en un recent treball geocronològic sobre els espeleotemes freàtics subactuals del sud i llevant de Mallorca (TUCCIMEI *et al.*, 2011).

Per tal de finalitzar, ens referirem a l'estudi que CSOMA *et al.* (2006) varen efectuar a partir d'un sondeig parietal de 122 cm de longitud, procedent de la Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia), perforat a una alçada de 8 m per sobre de l'actual nivell marí. La complexa seqüència analitzada inclou fases d'estalagmitització vadosa, alternant amb cristal·litzacions d'origen freàtic. Els resultats obtinguts detecten una covariació positiva dels valors de $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$ en els espeleotemes aeris, degut a la seva deposició durant episodis climàtics freds. La presència d'aragonita en els dipòsits d'origen freàtic és atribuïda a episodis caracteritzats per una recàrrega meteorològica reduïda durant determinats esdeveniments interglacials.

Conclusions

A més de les carstificacions antigues observables a la columna estratigràfica de l'arxipèlag balear, a partir del Miocè superior es comença a configurar el modelat actual de les roques carbonatades de les nostres illes. Un primer esdeveniment important ve representat pel paleocarst messinià que es pot observar sobretot al llarg de la costa oriental de Mallorca; la seva empremta en la mesomorfologia de la línia de costa és encara ben palesa.

Durant el Pliocè i el Quaternari les illes es veuen sotmeses a l'actuació de diversos modelats, la interrelació dels quals resulta evident a la franja litoral on interactuen el sistema d'erosió càrstic amb la dinàmica costanera. Dins d'aquest context, els medis morfològics i sedimentaris constituïts per les coves de les Balears resulten escenaris ideals per a les investigacions geocronològiques interdisciplinàries. En el cas de Mallorca, on s'han centrat la major part d'estudis sobre aquestes matèries, cal destacar les dades aportades per algunes complexes seqüències estratigràfiques que inclouen bretxes ossíferes de fauna vertebrada plio-pleistocènica, intercalades entre episodis de deposició d'espeleotemes i que, sovint, es barregen amb sediments i morfologies d'erosió litoral (Figura 8). Les tècniques actuals de datació absoluta i geologia isotòpica (^{14}C , ESR, paleomagnetisme, isòtops estables i, sobretot, el mètode U-Th de datació radiomètrica) han permès precisar més el marc cronològic i paleoambiental on s'ubiquen els fenòmens, interpretats en primera instància tan sols a partir d'evidències geomorfològiques i estratigràfiques. Així mateix, les línies evolutives de la fauna vertebrada endèmica del Plio-Pleistocè balear contribueixen de manera sòlida a la construcció d'aquest marc cronològic precís. Una menció especial mereixen les possibilitats que es deriven de l'estudi dels espeleotemes freàtics, per tal d'aproximar-se a la reconstrucció detallada de la història del nivell de la Mediterrània durant el Pleistocè mitjà i superior i també l'Holocè.

El conjunt de dades espeleocronològiques disponibles actualment sobre l'illa de Mallorca (Figura 12), sug-

gereix que l'edat de les fases principals de carstificació i espeleogènesi que configuraren l'endocarst mallorquí es remunten, amb tota probabilitat, al Pliocè o fins i tot a la transició Miocè-Pliocè. Al llarg del Quaternari, l'evolució de les cavitats ha estat important degut sobretot a l'actuació dels mecanismes d'esfondrament de les voltes, així com a successives etapes d'estalagmitització. Durant el Pleistocè mitjà i superior les cavitats càrstiques han experimentat una evolució morfològica escassa, que es limita en general a fossilitzacions autòctones (espeleotemes vadosos, espeleotemes freàtics) o al·lòctones (bretxes ossíferes, materials detrítics d'origen marí, dunar o edàfic) relacionades molt sovint amb les oscil·lacions glacioeustàtiques de la Mediterrània. El registre sedimentari Holocè de les coves il·lenques permet reconstruir la data de l'arribada de l'home, devers el segon mil·lenni abans de Crist, i documentar la consegüent extinció dels conjunts faunístics endèmics.

Agraïments

L'estudi dels espeleotemes freàtics de Mallorca s'ha beneficiat de les aportacions efectuades per Jeffrey Dorale, Bogdan Onac, Michele Soligo, Paola Tuccimei, Mark Van Strydonck i Igor M. Villa. Pel que fa a la paleontologia, les informacions subministrades per Pere Bover ens han estat molt valuoses. Cal agrair a Antoni Merino, Bogdan Onac i Miquel Àngel Perelló les facilitats brindades per a la reproducció d'algunes fotografies incloses en aquestes planes. El present treball queda emmarcat dins del projecte de recerca finançat pel Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2010-18616/BTE.

Bibliografia

ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1981): *Les quimeres del passat. Els vertebrats fòssils del Pliocè-Quaternari de les Balears i Pitiüses*. Editorial Moll. Monografies Científiques, 1. 261 pp. Palma.

ALCOVER, J.A.; RAMIS, D.; COLL, J. & TRIAS, M. (2001): Bases per al coneixement del contacte entre els primers colonitzadors humans i la naturalesa de les Balears. *Endins*, 24: 5-57.

ANDREWS, J.N.; GINÉS, A.; PONS-MOYÀ, J.; SMART, P.L. & TRIAS, M. (1989): Noves dades sobre el jaciment paleontològic de la Cova de na Barxa (Capdepera, Mallorca). *Endins*, 14-15: 17-25.

BACK, W.; HANSHAW, B.B. & VAN DRIEL, J.N. (1984): Role of groundwater in shaping the eastern coastline of the Yucatan Peninsula, Mexico. In: LA FLEUR, R.G. (ed.) *Groundwater as a Geomorphic Agent*. Allen & Unwin Inc. 281-293. Boston.

BALAGUER, P. & FORNÓS, J.J. (2004): Influencia de los paleocolapsos càrsticos del Mioceno superior en la evolución actual de la línea de costa del S y SE de Mallorca. In: BENITO, G. & DÍAZ-HERRERO, A. (eds.) *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. Actas de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología, Toledo. SEG y CSIC. 1: 337-345. Madrid.

BOSÁK, P. (ed.) (1989): *Paleokarst. A systematic and regional review*. Academia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences. 725 pp. Praga.

BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2003): Understanding Late Quaternary extinctions: the case of *Myotragus balearicus* (Bate, 1909). *Journal of Biogeography*, 30 (5): 771-781.

BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2005): Catàleg de dipòsits amb *Myotragus* a les Illes Balears. In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Insular vertebrate evolution: the palaeontological approach*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 12: 51-58. Palma.

BOVER, P.; QUINTANA, J. & ALCOVER, J.A. (2008): Three islands, three worlds: paleogeography and evolution of the vertebrate fauna from the Balearic Islands. *Quaternary International*, 182: 135-144.

BOVER, P.; QUINTANA, J. & ALCOVER, J.A. (2010): A new species of *Myotragus* Bate, 1909 (*Artiodactyla*, *Caprinae*) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Geol. Mag.*, 147 (6): 871-885.

CSOMA, A.E.; GOLDSTEIN, R.H. & POMAR, L. (2006): Pleistocene speleothems of Mallorca: implications for palaeoclimate and carbonate diagenesis in mixing zones. *Sedimentology*, 53: 213-236.

CUERDA, J. (1975): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Diputación Provincial de Baleares. Instituto de Estudios Balearicos. 304 pp. Palma.

DORALE, J.A.; ONAC, B.P.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; TUCCIMEI, P. & PEATE, D.W. (2010): Sea-level highstand 81,000 years ago in Mallorca. *Science*, 327: 860-863.

EGOZCUE, J.J. (1971): Estudio del cono de materiales alóctonos de la Cova de sa Font. *Speleon*, 18: 49-53.

FORNÓS, J.J. (1999): Karst collapse phenomena in the Upper Miocene of Mallorca (Balearic islands, Western Mediterranean). *Acta Geologica Hungarica*, 42 (2): 237-250.

FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (1995): Litologia i tectònica del carst de Mallorca / Lithology and tectonics of the Majorcan karst. 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: 27-43. Palma.

FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2004): Baleares. In: VERA, J.A. (ed.) *Geología de España*. Sociedad Geológica de España - IGME. 450-464. Madrid.

FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1995): El paleocarst a Mallorca / Paleokarst in Mallorca. 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: 113-123. Palma.

FORNÓS, J.J.; RODRÍGUEZ-PEREA, A. & ARBONA, J. (1986/87): Brechas y paleokarst en los depósitos jurásicos de la Serra de Tramuntana de Mallorca. *Acta Geológica Hispánica*, 21-22: 459-468.

GINÉS, A. & FIOL, L.A. (1981): Estratigrafía del yacimiento de la Cova des Fum (Sant Llorenç, Mallorca). *Endins*, 8: 25-42.

GINÉS, A. & GINÉS, J. (1974): Consideraciones sobre los mecanismos de fosilización de la Cova de sa Bassa Blanca y su paralelismo con formaciones marinas del Cuaternario. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 19: 11-28.

GINÉS, A. & GINÉS, J. (1986): On the interest of speleochronological studies in karstified islands. The case of Mallorca (Spain). *Com. 9º Cong. Int. Espeleol.*, 1: 297-300. Barcelona.

GINÉS, A.; GINÉS, J.; FORNÓS, J.J. & TUCCIMEI, P. (1999): Dataciones isotópicas de espeleotemas procedentes de cuevas costeras de Mallorca. Estado actual de las investigaciones. In: ANDREO, B.; CARRASCO, F. & DURÁN, J.J. (eds.) *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*. Patronato de la Cueva de Nerja. 143-152. Nerja, Màlaga.

GINÉS, A.; GINÉS, J. & POMAR, L. (1981a): Phreatic speleothems in coastal caves of Majorca (Spain) as indicators of Mediterranean Pleistocene paleolevels. *Proc. 8th Int. Congress Speleol.*, 2: 533-536. Bowling Green, U.S.A.

GINÉS, A.; GINÉS, J. & PONS-MOYÀ, J. (1975): Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas. *Speleon. Monografía I, V Symposium de Espeleología, Cuaternario*. Escola Catalana d'Espeleologia. 49-56. Barcelona.

- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp + 29 làms. Inèdit.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1993): Dataciones isotópicas de espeleotemas freáticos recolectados en cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 19: 9-15.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1995): Aspectes espeleocronològics del carst de Mallorca / Speleochronological aspects of karst in Mallorca. 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: 99-112. Palma.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J. & GINÉS, A. (2005): Els espeleotemes freàtics del Quaternari de Mallorca: aspectes morfològics, mineralògics i cristal·logràfics. In: SANJAUME, E. & MATEU, J.F. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M. Rosselló i Verger*. Universitat de València. 151-165. València.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A. & TUCCIMEI, P. (2007): 2.7. Endokarst costero, niveles marinos y tectónica: el ejemplo de la costa oriental de Mallorca. In: FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GÓMEZ-PUJOL, L. (eds.) *Geomorfologia litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 201-220. Palma.
- 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.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, Ucraïna.
- GINÉS, J.; GINÉS, A. & POMAR, L. (1981b): Morphological and mineralogical features of phreatic speleothems occurring in coastal caves of Majorca (Spain). *Proc. 8th Int. Congress Speleol.*, 2: 529-532. Bowling Green, U.S.A.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; LANDRETH, R.; VICENS, D. & WATKINSON, P. (2001): Evidències geomorfològiques dels canvis del nivell marí. In: PONS, G.X. & GUIJARRO, J.A. (eds.) *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 91-119. Palma.
- 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 Falcò - Cala Varques (Mancor, Mallorca). *Endins*, 34: 141-154.
- GRÜN, R. (1985): *Beiträge zur ESR-Datierung*. Geologisches Institut der Universität zu Köln. Sonderveröffentlichung, 59. 157 pp. Colònia, Alemanya.
- GRÜN, R. (1986): ESR-dating of a flowstone core from Cova de sa Bassa Blanca (Mallorca, Spain). *Endins*, 12: 19-23.
- HENNIG, G.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J. & POMAR, L. (1981): Avance de los resultados obtenidos mediante datación isotópica de algunos espeleotemas subacuáticos mallorquines. *Endins*, 8: 91-93.
- HODGE, E.J. (2004): *Palaeoclimate of the Western Mediterranean region: results from speleothems*. Ph. D. Thesis. University of Bristol. 246 pp. Inèdit.
- HODGE, E.J.; RICHARDS, D.A.; SMART, P.L.; GINÉS, A. & MATTEY, D.P. (2008): Sub-millennial climate shifts in the western Mediterranean during the last glacial period recorded in a speleothem from Mallorca, Spain. *Journal of Quaternary Science*, 23 (8): 713-718.
- MATEU, G.; COLOM, G. & CUERDA, J. (1979): Los foraminíferos plio-pleistocénicos de la isla de Cabrera (Balears) y las condiciones paleoecológicas del antiguo mar balear (contribución a su conocimiento). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 23: 51-68.
- MONTORIOL-POUS, J. (1961): El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 12 (1-2): 5-34.
- MONTORIOL-POUS, J. (1972): Estudio de una captura kárstico-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- MONTORIOL-POUS, J. & TERMES, F. (1965): Les grottes de l'île de Formentera (Baléares) et leurs relations avec les oscillations de la Méditerranée. *Compte Rendu IV Colloque International de Spéléologie, Athènes 1963*. 180-194. Atenes.
- MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1979): Catálogo de los yacimientos con fauna de vertebrados del Plioceno, Pleistoceno y Holoceno de las Baleares. *Endins*, 5-6: 59-74.
- MOYÀ-SOLÀ, S.; KÖHLER, M.; ALBA, D.M. & PONS-MOYÀ, J. (2007): El significado de *Myotragus batei* y *M. binigausensis* en la evolución del género *Myotragus* (Bovidae, Mammalia) en las islas Baleares. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerva Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 155-180. Palma.
- POMAR, L., GINÉS, A. & FONTARNAU, R. (1976): Las cristalizaciones freáticas. *Endins*, 3: 3-25.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (1979): Morfología, estructura y origen de los espeleotemas epiacuáticos. *Endins*, 5-6: 3-17.
- POMAR, L.; RODRÍGUEZ-PEREA, A.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; FONT, A. & MORA, A. (1987): Phreatic speleothems in coastal caves: a new method to determine sea-level fluctuations. In: ZAZO, C. (ed.) *Late Quaternary sea level changes in Spain*. Museo Nacional de Ciencias Naturales C.S.I.C. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario, 10: 197-224. Madrid.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & KOPPER, J.S. (1979): La fauna de mamíferos de la Cova de Canet (Esporles) y su cronología. *Endins*, 5-6: 55-58.
- QUINTANA, J. & ARNAU, P. (2004): Descripció dels rastres i les petjades d'*Hypnomys Bate*, 1918 (Mammalia: Gliiridae) de la Cova de sa Duna (Alaior, Menorca). *Endins*, 26: 7-14.
- ROBLEDÓ, P.A. (2005): *Los paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: análisis geográfico, genético, geológico y evolutivo*. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 359 pp. Inèdit.
- ROBLEDÓ, P.A. & POMAR, L. (2000): Upper Miocene karst collapse structures of the East coast, Mallorca, Spain. *Acta Carsologica*, 29 (2): 177-184.
- TRIAS, M.; ESPINAR, M. & BOSCH, J.R. (1990): L'Avenc de Fra Rafel (Escorca, Mallorca). *Endins*, 16: 11-15.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; PAZZELLI, L.; TADDEUCCI, A.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A. & GRÀCIA, F. (2000): Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos recolectados a cotas inferiores al actual nivel marino en cuevas costeras de Mallorca (España). Aportaciones a la construcción de una curva eustática detallada de los últimos 300 ka para el Mediterráneo occidental. *Endins*, 23: 59-71.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J. & VESICA, P.L. (1998): Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos controlados por el nivel marino, procedentes de cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 22: 99-107.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 (1): 1-21.
- TUCCIMEI, P.; SOLIGO, M.; GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; KRAMERS, J. & VILLA, I.M. (2010): Constraining Holocene sea levels using U-Th ages of phreatic overgrowths on speleothems from coastal caves in Mallorca (Western Mediterranean). *Earth Surface Processes and Landforms*, 35 (7): 782-790.
- TUCCIMEI, P.; VAN STRYDONCK, M.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; SOLIGO, M.; VILLA, I.M. & FORNÓS, J.J. (2011): Comparison of ¹⁴C and U-Th ages of two Holocene phreatic overgrowths on speleothems from Mallorca (Western Mediterranean): Environmental implications. *International Journal of Speleology*, 40 (1): 1-8.
- VESICA, P.L.; TUCCIMEI, P.; TURI, B.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (2000): Late Pleistocene paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.

CAVITATS LITORALS DE GÈNESI MARINA A LES ILLES BALEARS

per Damià VICENS^{1,3,5}, Francesc GRÀCIA^{2,3,5}, Pau BALAGUER^{3,6}
Antelm GINARD^{1,3}, Damià CRESPI^{1,4} i Pere BOVER^{1,7}

Abstract

Littoral caves can be found at the erosion coasts of the Balearic Islands. The genesis of most of these caves are produced by the marine erosion and they are known as marine abrasion caves. These caves generally have small dimensions (usually no longer than 50 m), display ascending profiles and can produce blowholes, tunnels and arches. Although they have initially nothing to do with karst, several karstic or karst-related processes can act on these caves, and speleothems, karstic fillings, dissolution phenomena, etc., can be observed inside them. Also cave fauna can be found.

Resum

A les costes d'erosió de les Illes Balears podem trobar-hi abundants coves litorals; moltes d'aquestes tenen la seva gènesi lligada a l'erosió marina i s'anomenen coves d'abració marina. Aquestes cavitats són per norma general de modestes dimensions (no passen normalment dels 50 m de longitud), tenen un perfil ascendent i durant la seva evolució poden donar lloc a bufadors, túnels i arcs. Tot i no tenir res a veure inicialment amb el carst, durant la seva evolució hi poden participar processos càrstics o derivats d'ells; així podem trobar espeleotemes, reompliments càrstics, fenòmens de dissolució, etc. També es pot trobar fauna cavernícola.

Resumen

En las costas de erosión de las Illes Balears podemos encontrar abundantes cuevas litorales; la mayoría tienen su génesis ligada a la erosión marina y se denominan cuevas de abrasión marina. Estas cavidades son por norma general de modestas dimensiones (no pasan normalmente de 50 m de longitud), tienen un perfil ascendente y pueden dar lugar durante su evolución a agujeros sopladores, túneles y arcos. A pesar de no tener inicialmente nada que ver con el karst, durante su evolución pueden participar procesos kársticos o derivados de ellos; así podemos encontrar espeleotemas, rellenos kársticos, fenómenos de disolución, etc. También es posible encontrar fauna cavernícola.

Introducció

Les Illes Balears consten de cinc illes majors i nombrosos illots. Al llarg del seu litoral hi ha costes d'erosió i de sedimentació (Figura 1). A les costes d'erosió és on es poden observar nombroses evidències de les oscil·lacions de la mar durant el període Quaternari. Algunes d'aquestes evidències, les coves d'abració marina i les morfologies conseqüència de la seva evolució, són el tema d'aquest article.

Les captures càrstico-marines i les coves marines (o d'abració marina) tenen cabuda dins la denominació de cova litoral. A les primeres originalment existeix una forma endocàrstica que és capturada pel retrocés de la línia de costa degut a l'erosió marina (MONTORIOL-POUS, 1971). Les coves marines, en el sentit estricte de la paraula, s'originen a partir de processos aliens als de la carstificació i són cavitats excavades per l'acció

erosiva lligada a la dinàmica litoral de les aigües marines (GINÉS, 2000).

A la recent classificació morfogenètica de les cavitats de Mallorca (GINÉS i GINÉS, 2009), les coves d'abració marina no hi tenen cabuda, i és completament lògic ja que no tenen res a veure amb una gènesi càrstica. Ara bé, a les coves d'abració marina, tot i que inicialment no tenen res a veure amb el carst, si que durant la seva evolució hi poden participar processos càrstics o derivats d'ells, per la qual cosa el seu estudi és obligat en una zona com les nostres illes on aquestes coves d'abració marina són nombroses i poden aportar dades rellevants.

En nombroses ocasions difícilment es podrà esbrinar si una cova litoral és una cova de gènesi càrstica o de gènesi erosiva marina. Un exemple clar el podem

1 Speleo Club Mallorca. Palma. Email: speleo.club.mallorca@gmail.com.

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 de Mallorca.

6 SOCIB – Sistema d'observació costaner de les Illes Balears. Parc Bit, Naorte, Bloc A. E-07121 Palma de Mallorca.

7 Departament de Biodiversitat i Conservació. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB). Carrer Miquel Marquès, 21. 07190 Esporles (Illes Balears). E-mail: perebover@imedea.uib-csic.es

trobar a la cova de ses Pedreres (Manacor), on GINÉS (2000) creu que és una cova d'origen càrstic i VICENS *et al.*, (2001) creuen que és una cova d'abrasió marina. Un altre cas el podem trobar a GRÀCIA *et al.* (1998) on es representa l'evolució de la cova submarina de cala sa Nau, la qual podria no ser una cova d'abrasió marina tal com presentaven els autors abans esmentats i ser una captura càrstico-marina. La presència d'una cavitat d'origen càrstic propera, com la cova d'en Bassol, les diàclasis preexistents a la formació d'aquestes cavitats a la zona i la direcció d'algunes sales o galeries de la cova d'en Bassol, semblant a la cova submarina de cala sa Nau, obliguen a no excloure la possibilitat de que es tracti d'una captura càrstico-marina.

Referent al mesomodelat dels penya-segats de les marines mallorquines es pot trobar un esquema de les morfologies més freqüents a GRÀCIA i VICENS (1998) i a GRÀCIA *et al.* (2001a), ambdues inspirades en l'obra de CUERDA (1975). En línies generals, aquestes morfologies es poden trobar a totes les costes d'erosió balears, si bé són més fàcils d'observar als dipòsits miocens postorogènics.

A GINÉS (2000) es descriuen les interferències que relacionen el modelat litoral amb l'endocarst. A SERVERA (2004) hi ha un recull de les morfologies de costes rocoses i de les costes de sedimentació.

Segons GRÀCIA *et al.* (2001a) algunes morfologies constitueixen molt bones visualitzacions d'antics nivells

de la mar, ja que s'han format per l'acció de les onades o ha estat el mateix nivell de la mar que ha participat en la formació de certes morfologies o les ha induït. Es poden complementar i reforçar mútuament diferents tipus d'evidències. Algunes d'elles han pogut ésser situades cronològicament mitjançant mètodes de datació absoluta, d'altres es poden arribar a enquadrar dins un període de temps determinat per datació relativa. Tanmateix en molts casos ni tan sols s'han generat durant un únic nivell de la mar, sinó que s'han format al llarg de diferents períodes durant els quals s'han anat modificant les morfologies primigènies. En moltes de les cavitats litorals és possible observar qualche tipus d'interferència entre el modelat càrstic i la morfogènesi costera.

Esbós geomòrfic de les costes de les Illes Balears i problemes d'escala

Les dades referents a la línia de costa, com poden ésser les corresponents a la longitud i tipus de costes, semblen qüestions simples de resoldre però normalment ens trobem amb un aldarull de dades que pot complicar la seva interpretació. La línia de costa de les Illes Ba-

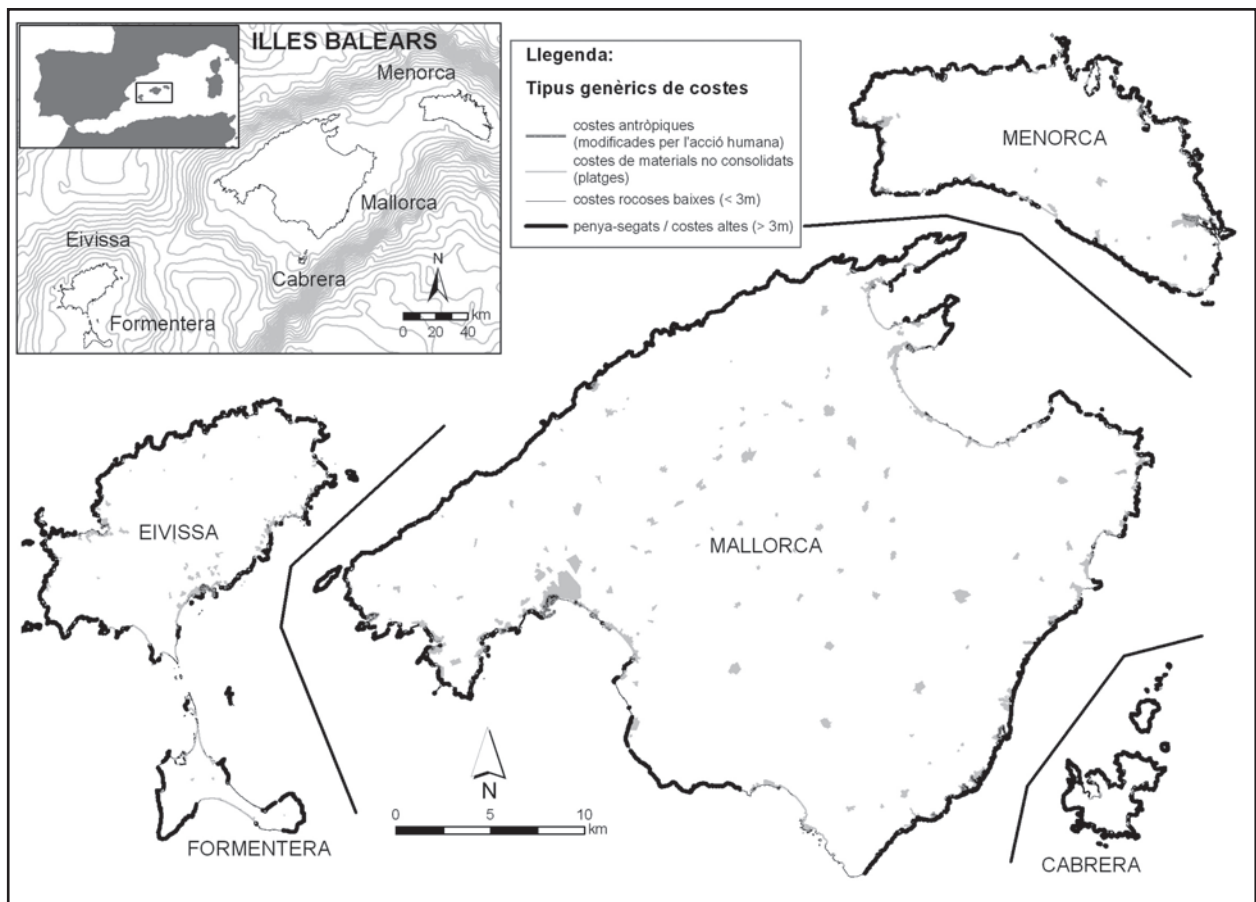


Figura 1: Tipus de costes a les Illes Balears.

Figure 1: Types of coast at the Balearic Islands.

leers no és aliena a aquest fet i també podem observar múltiples xifres referents a la longitud de la línia de costa, tipus de costa, extensió de les illes a diferents publicacions oficials i de caire científic. Algunes de les principals raons per les quals existeix una gran disparitat en les dades poden ésser: 1) l'escala de la cartografia de la que s'han extret les dades, 2) la destresa amb la que s'han calculat les variables, 3) les eines emprades i 4) la resolució espacial amb la que han estat creades les bases cartogràfiques.

La primera raó, l'escala de la cartografia, és el factor més determinant. Generalment les bases cartogràfiques confeccionades en una escala petita (factor d'escala amb un denominador elevat) tenen una menor longitud de costa que les bases cartogràfiques més detallades (escales grans, amb factor d'escala petit) que normalment presenten una major articulació de la línia de costa fruit del major detall de l'àmbit representat. La destresa amb la que es calculen les variables depèn de la millor o pitjor discriminació de la informació cartogràfica; un bon i senzill exemple seria el fet de comptabilitzar o no els illots, les infraestructures construïdes per l'home sobre la línia de costa, etc. Pel que fa a les eines emprades, bàsicament influeix la naturalesa d'aquestes, és a dir, els resultats varien molt si s'han calculat sobre una cartografia en format digital (Sistemes d'Informació Geogràfica, SIG) o bé sobre una en format analògic (paper). La resolució espacial és un dels principals motius pels quals hi ha diferències en quant a longituds de línia de costa. Des de fa uns anys ençà la cartografia actual es realitza a partir de la restitució de la fotografia aèria; la contínua millora de la precisió de la restitució, fruit del desenvolupament tecnològic, dona lloc a que una base cartogràfica d'una escala determinada tingui una major articulació de la línia de costa (major longitud) que la mateixa base cartogràfica anterior realitzada amb la mateixa escala.

El paràgraf anterior assenyala algunes de les principals raons per les quals existeixen diferents xifres en quant a les variables quantitatives corresponents a les costes de les Illes Balears. Però independentment de la qualitat de les dades cartogràfiques les ambigüitats es poden resoldre especificant en tot moment la font de la cartografia emprada, la seva escala i l'any a la que correspon. D'acord amb el que acabam d'exposar, les dades corresponents a la longitud de la línia de costa de les Illes Balears exposades en aquest treball provenen

dels treballs de BALAGUER *et al.* (2006, 2008) sobre la classificació de la línia de costa d'acord amb la seva sensibilitat ambiental. Els càlculs es varen realitzar mitjançant programes de SIG sobre la cartografia digital a escala 1/5.000 del Mapa Topogràfic Balear (MTB) de l'any 1995. La classificació de la línia de costa de les Illes Balears d'acord amb la seva sensibilitat es basa en l'estàndard proposat per la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2002) de manera que a partir de la classificació, adaptada a la realitat de les Illes Balears en un entorn de SIG, es pot extrapolar una classificació geomòrfica del litoral de les Illes Balears.

D'acord amb les dades disponibles, les Illes Balears tenen una longitud de línia de costa d'uns 1.500 km, de la qual gairebé un 10% es troba modificada per l'acció de l'home (construcció de infraestructures -ports-, estructures de defensa de la costa -esculleres-, etc.), un 10% està formada per materials no consolidats, al voltant d'un 23% són costes rocoses baixes (amb altures inferiors als 3 m.) i quasi un 60% de la costa està constituïda per penya-segats (o costes altes amb alçades superiors als 3 m) (Taula 1).

L'arxipèlag de Cabrera és on hi ha una distribució més uniforme de les costes altes; les altres illes tenen una distribució més irregular (Figura 1).

Les coves d'abrasió marina actuals es desenvolupen a les costes rocoses altes (que constitueixen el 57,4% de la línia de costa de les Illes Balears) i en algunes ocasions costes rocoses baixes (el 22,9%). Si sumam els dos percentatges anteriors, resulta que el 80,3% de les costes de les Illes Balears és susceptible per a la formació de coves d'abrasió marina actuals. Aquest valor es troba un poc inflat, ja que hi ha costes rocoses baixes (inferiors a 1 m d'alçada) on és molt difícil que es formin coves d'abrasió; el valor vàlid es troba entre el 57,4% i el 80,3%.

Sempre hem de tenir en compte que aquestes dades són una aproximació, i que hi pot haver excepcions com ara que en una costa formada per una platja, pot haver-hi a la part posterior un penya-segat amb coves d'abrasió marina que es reactivin únicament durant els temporals.

Durant tot el Quaternari, on la mar ha sofert oscil·lacions glacioeustàtiques, la línia de costa de les Illes ha anat variant no només quant a la longitud total de costa, sinó també molt probablement pel que fa als percentatges de tipus de costa.

Línia de costa	Mallorca (%)	Menorca (%)	Eivissa (%)	Formentera (%)	A. Cabrera (%)	Illes Balears (%)
Costes antròpiques (modificades per l'home)	14,0	5,3	7,6	2,2	0,4	9,5
Materials no consolidats (platjes)	9,4	11,5	10,3	15,6	3,9	10,3
Costes rocoses baixes (<3 m)	20,4	25,3	21,8	41,8	10,4	22,9
Costes altes (penya-segats >3 m)	56,2	57,8	60,2	40,3	85,3	57,4
<i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Taula 1: Percentatges del diferents tipus de costes a les Illes Balears.

Table 1: Percentage of the different types of coast at the Balearic Islands.

Coves d'abrasió marina i morfologies relacionades

Les coves d'abrasió marina es troben a tot tipus de materials (GINÉS, 2000). Les actives actualment es caracteritzen per tenir l'entrada situada al nivell de la mar, en ocasions de grandària considerable en relació a les dimensions de la resta de la gruta. En el cas de les formes actives, les aigües marines inunden la meitat inferior del perfil de la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

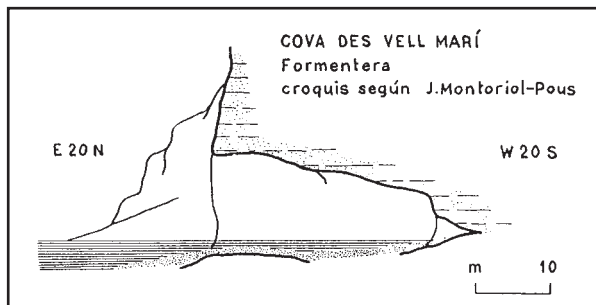


Figura 2: Cova des Vell Marí (Formentera). Cavitat d'abrasió marina excavada dins materials del Pleistocè superior (Reproduït de MONTORIOL-POUS i TERMES, 1963).

Figure 2: Cova des Vell Marí (Formentera). Marine abrasion cave excavated in Upper Pleistocene sediments (Obtained from MONTORIOL-POUS i TERMES, 1963).

Segons GRÀCIA i VICENS (1998) la mida de la cavitat sol disminuir progressivament a mesura que es profunditza i habitualment presenta un perfil ascendent cap a la part terminal (Figures 2 i 3). A molts d'indrets, però en especial les zones més castigades per l'acció de les ones, presenten la roca arrodonida i polida, juntament amb altres morfologies d'abrasió associades (Figura 4).

Estan molt sovint relacionades amb plataformes o rases d'abrasió pleistocèniques, fenomen ja observat per CUERDA (1975).

Els processos erosius litorals actuen aprofitant els punts dèbils de la roca (Figura 5), és a dir, fractures, diàclasis, plans d'estratificació, i l'heterogeneïtat dels materials dels penya-segats. Generalment són de mides modestes, però n'hi pot haver de mides considerables. Processos que les afecten, com enderrocaments de blocs del sostre, reompliments litogenètics (formació d'espeleotemes), presència de dunes fòssils a l'interior de moltes de les cavernes i el fet que l'abrasió marina aprofita les mateixes discontinuïtats de la roca, fan que en alguns casos sigui difícil esbrinar si es tracta de cavitats amb un origen purament d'erosió litoral, si és una captura càrstico-marina o bé si és la sortida a la mar d'importants cavitats freàtiques, de vegades separades de la resta del sistema càrstic per enderrocaments clàstics (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Algunes d'aquestes grutes presenten històries geomorfològiques complicades, i s'hi alternen moments d'erosió litoral, períodes de sedimentació de materi-

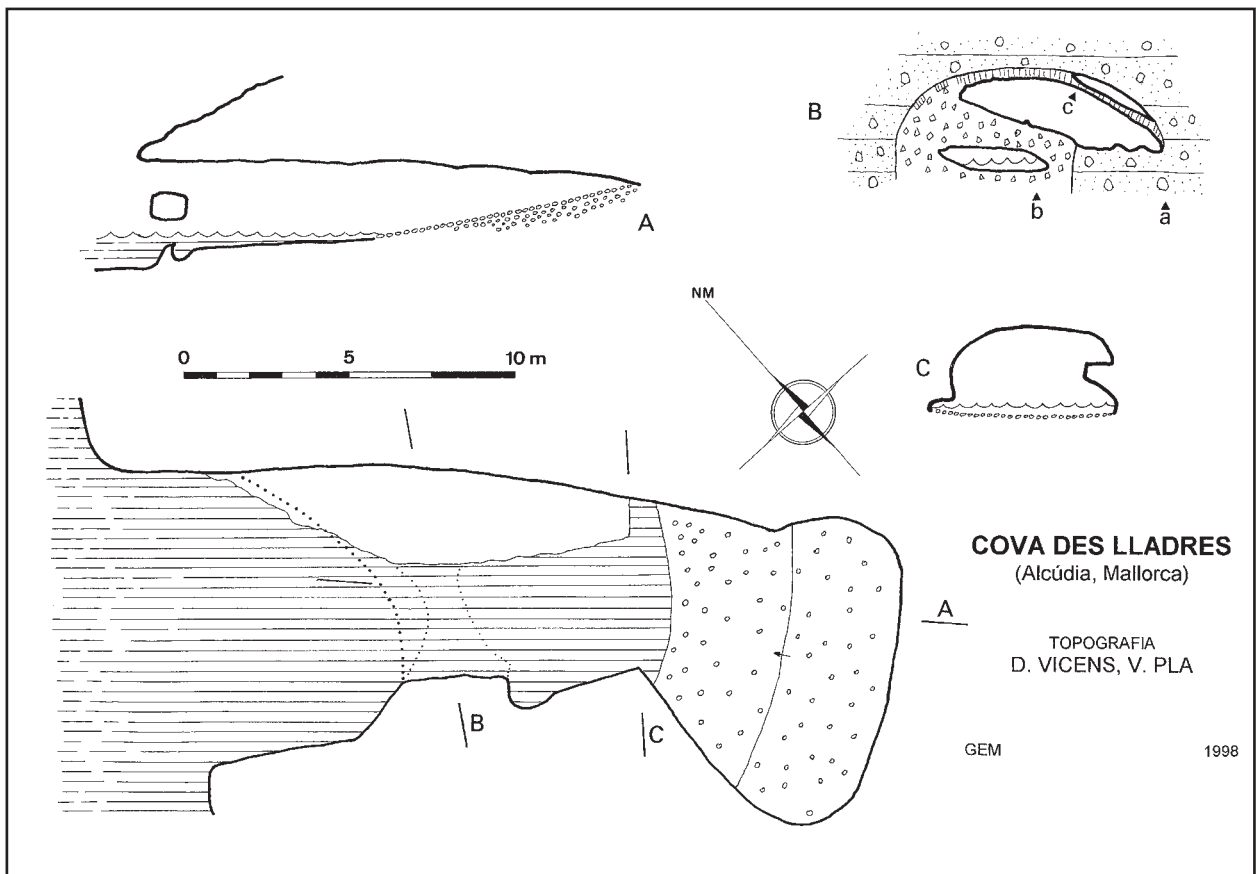


Figura 3: Topografia de la cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Cavitat d'abrasió marina activa, de típic perfil ascendent.

Figure 3: Survey of the Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Active marine abrasion cave, with a typical ascending profile.

als terrestres com dunes, llims, bretxes, etc., formació d'espeleotemes i èpoques en què es troben sota l'aigua (GRÀCIA i VICENS, 1998). Les zones atacades per l'erosió de la mar no solen tenir espeleotemes, però sí que poden estar presents als sòtils alts, o bé a les cambres aèries internes, poc o gens afectades per l'acció de les ones (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Segons GRÀCIA *et al.* (2001a), les grutes submarines són més abundants que les cavitats actives i que les situades per damunt del present nivell del Mediterrani. Aquestes s'han format en èpoques més fredes amb un nivell marí més baix que l'actual.

La incidència dels col·lapses paleocàrstics en la gènesi de coves d'abrasió marina és gran, especialment a les roques calcàries del Miocè postorogènic del Llevant de l'illa de Mallorca (GINÉS, 2000). Aquestes formacions relictas són buits de dissolució, i per tant de paleocarstificació produïts a la Unitat d'Esculls, d'edat Tortoniana, els quals provoquen la deformació i bretxificació del Complex Terminal suprajacent, d'edat Messiniana (POMAR *et al.*, 1983; FORNÓS i POMAR, 1983). Útil resulta el treball de ROBLEDO (2005), on s'aborda l'estudi dels paleocol·lapses càrstics de la costa meridional i oriental de l'illa de Mallorca des d'aspectes geològics, geomorfològics, evolutius i paleogeogràfics. L'existència



Figura 4: Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Vista cap a l'interior (Foto D. Vicens).

Figure 4: Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). View towards inside the cave (Photo D. Vicens).

d'aquests col·lapses té repercussions en la formació de coves d'abrasió marina, segons la major o menor cohesió, principalment en funció del grau de cementació, dels materials brextats del Complex Terminal que formen el col·lapse (GINÉS, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2001a).

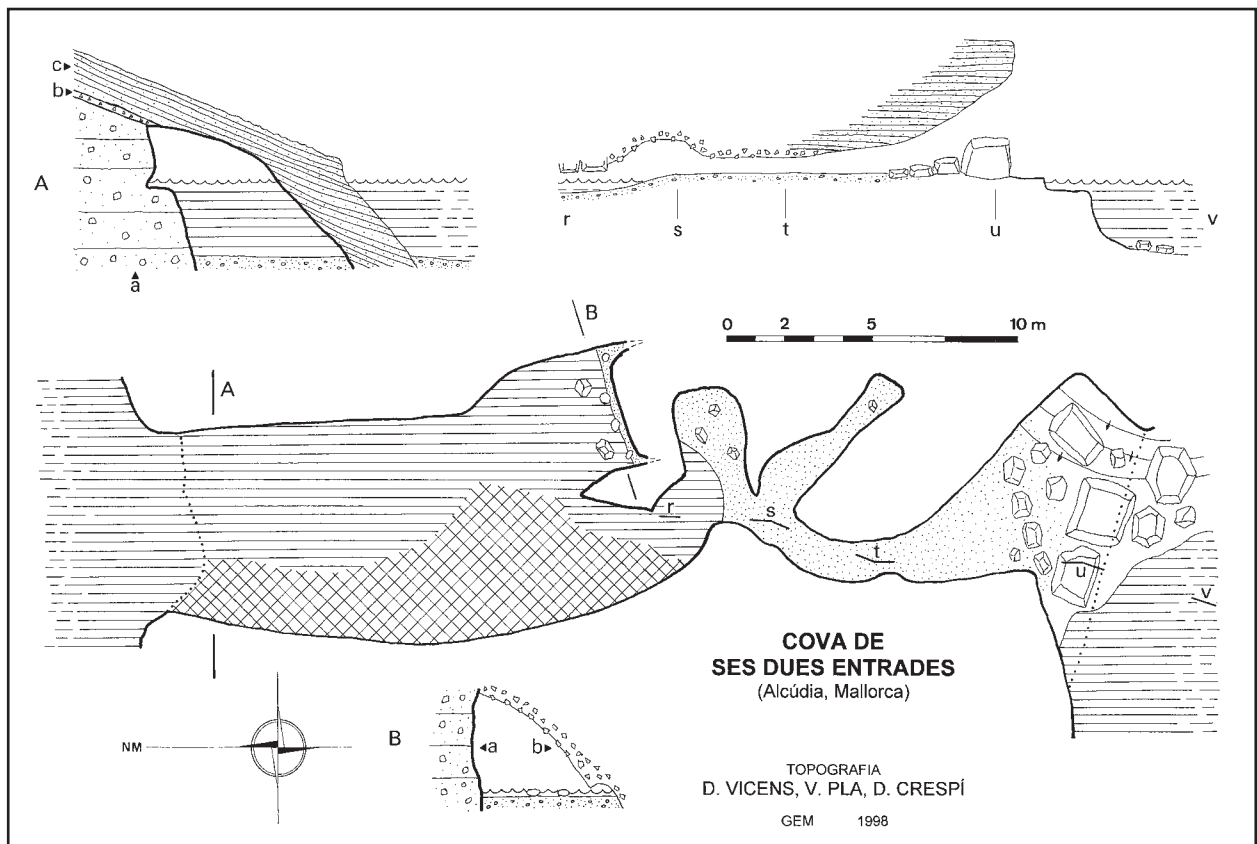


Figura 5: La disposició dels materials pleistocens a la cova de ses Dues Entrades (Alcúdia, Mallorca), adossats a un paleopenya-segat constituït per calcàries del Miocè ha estat un factor decisiu per a la gènesi d'aquesta cova. La planta presenta una orientació N-S, amb una morfologia irregular a la zona central, fruit de l'abrasió marina sobre les bretxes poc consolidades que hi ha per davall de l'eolianita pleistocena. L'abrasió marina inicialment va desmantellar part de l'eolianita i després ha anat erosionant les bretxes, per la part més accessible.

Figure 5: The disposition of Pleistocene materials at the Cova de Ses Dues Entrades (Alcúdia, Mallorca), attached to a paleocliff constituted of Miocene limestones, has been a decisive factor for the genesis of this cave. The plan displays a N-S orientation with an irregular morphology at the central zone as a result of the marine abrasion on the not well consolidated breccias present below the Pleistocene aeolianite. Initially, the marine abrasion dismantled part of the aeolianite and, afterwards, it has been acting on the most accessible part of the breccias.

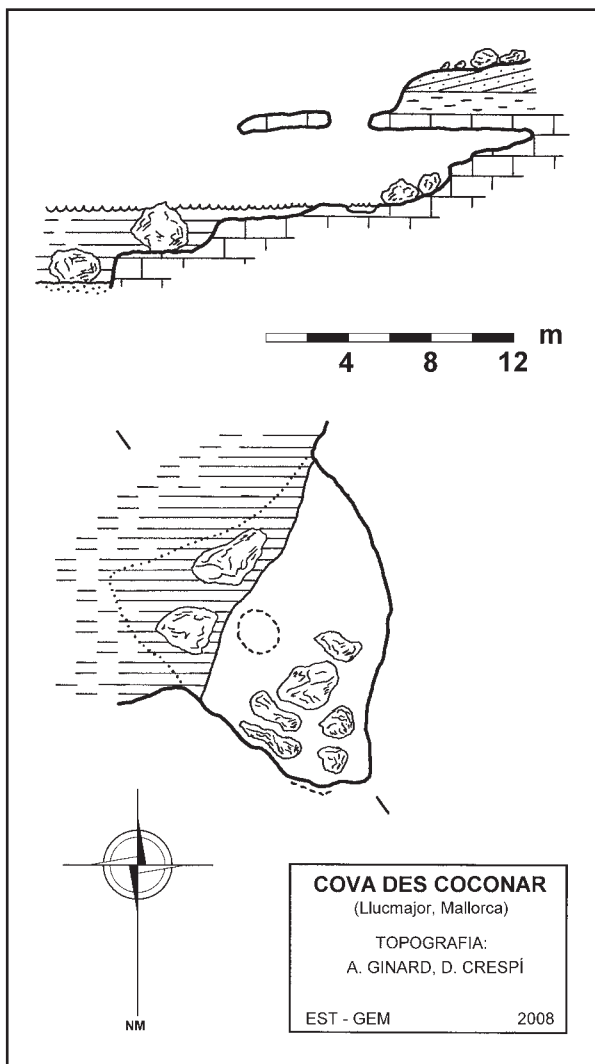


Figura 6: Cova des Coconar (Llucmajor, Mallorca). Presenta la morfologia típica d'una cova d'abrasió marina que ha evolucionat a bufador.

Figure 6: Cova des Coconar (Llucmajor, Mallorca). It displays the typical morphology of a marine abrasion cave that formed a blowhole.



Figura 7: Cova d'abrasió marina a Binibèquer (Sant Lluís, Menorca), on part del sostil s'ha esbucac (Foto D. Vicens).

Figure 7: Marine abrasion cave in Binibèquer (Sant Lluís, Menorca), in which part of the roof is collapsed (Photo D. Vicens).

Els bufadors són el resultat de l'acció conjunta de l'erosió mecànica de les onades i la compressió de l'aire dins les cavitats d'abrasió marina. L'acció erosiva es concentra a la part interna, juntament amb l'efecte pneumàtic dels temporals, que ocasiona un augment de la pressió de l'aire atrapat a l'interior de la cavitat i provoca l'obertura de la volta cap a l'exterior.

D'aquesta manera s'obtenen dues boques: una de marina, cronològicament anterior, generalment de mida major, i un altra de superior, d'accés vertical i de dimensions menors, que es presenta a la part superior dels penya-segats (Figures 6 i 7). En ampliar-se la segona entrada o bufador, queda únicament un pont de roca que és el que resta del sostil de la cavitat. Seria l'estadi previ al total desmantellament de l'antiga cova d'abrasió. Posteriorment es forma un petit entrant que determina un retrocés de la línia de costa i una interiorització de l'efecte erosiu de la mar cap a l'interior del penya-segat, de manera que augmenta la superfície d'atac de les ones.

El nom de la morfologia prové de l'aigua que surt del bufador i es dispersa per l'aire els dies de temporal cada cop que una ona romp dins la gruta. Alguns bufadors estan situats per damunt de la mar actual, de forma que estan prou alts perquè surti aigua, però si dins la cova marina encara es comprimeix l'aire, aquest surt a pressió pel forat superior (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Els arcs són el resultat de l'erosió diferencial en funció de la disposició estructural dels materials i de la litologia. De vegades es produeixen pel desmantellament dels materials fluïxos envoltats per roques més dures o compactes, però no és una condició del tot necessària. Normalment es poden formar a partir d'algunes fractures i junts d'estratificació, que aprofita l'erosió en llocs geogràfics especialment indicats. Estan localitzats als llocs on l'acció de les ones és, o va ser, més intensa (Figures 8 i 9). El perllongament d'una cova d'abrasió marina a una punta geogràfica o la connexió de dues coves d'abrasió poden formar arcs, de vegades d'una longitud considerable, que reben el nom de túnels (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Una qüestió molt important és que les Balears s'han mantingut estables tectònicament durant el Pleistocè superior, per la qual cosa moltes de les cavitats indiquen nivells alts del Pleistocè superior i tal volta part del Pleistocè mitjà. No és així a altres indrets de la Mediterrània; a Gibraltar, segons RODRIGUEZ i CÁCEREZ (2005) hi ha nivells de coves escalonades degudes al nivells alts de la mar de temps pretèrits i la pujada tectònica de la costa.

Moltes cavernes, tant d'abrasió com càrstiques, presenten materials al·lòctons d'origen dunar que es varen introduir per les boques i varen donar lloc a importants rebliments (Figura 10). Aquesta colmatació pot ésser parcial o total, fins a impedir l'accés a la cavitat o possibles continuacions que resten incomunicades pels dipòsits eòlico-marins (GRÀCIA *et al.*, 2001b). En alguns casos encara tenen la forma cònica o en resten evidències; serveixen d'exemple la cova des Secret des Moix (GINÉS *et al.*, 1975) i la cova des Sòtil (GINÉS, 2000, GRÀCIA *et al.*, 1998), situades a Manacor, i la cova del Dimoni a Felanitx (GRÀCIA *et al.*, 1997). També les entrades es poden obstruir totalment o parcialment per ma-

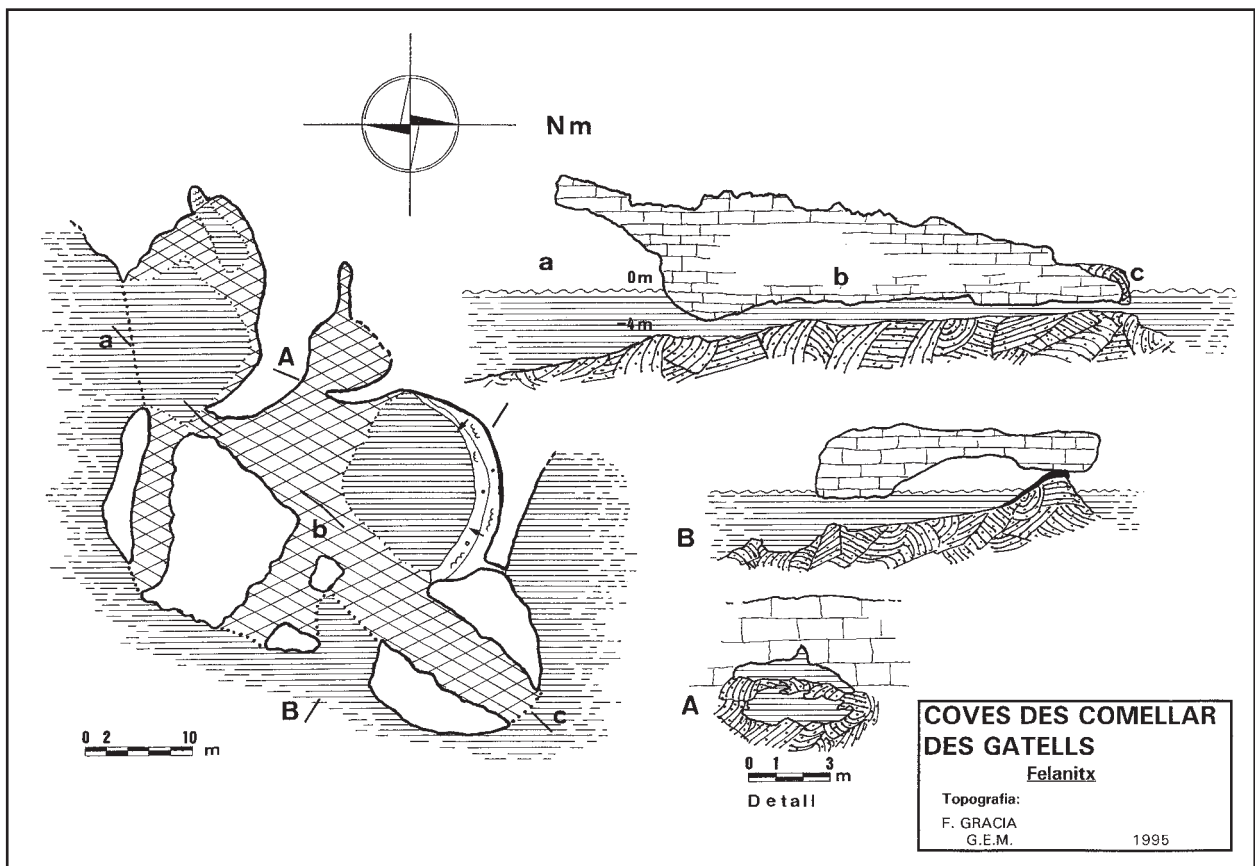


Figura 8: Topografia de la cova des Comellar des Gatells (Felanitx, Mallorca). Es tracta d'una cavitat d'abrasió marina amb sis entrades, de les quals només una és marina. Exceptuant l'entrada situada al sud i la cambra d'aire tot el recorregut és subaquàtic. La cavitat primigènia es troba totalment modificada després de la sedimentació, fossilització i posterior erosió de les dunes fòssils que cobreixen tot el pis. Diverses concrecions estalagmítics recobreixen parcialment les eolianites (secció B).

Figure 8: Survey of the Cova des Comellar des Gatells (Felanitx, Mallorca). It is a marine abrasion cave with six entrances, but only one of them is marine. The cave is subaquatic except the southern entrance and the air-chamber. The initial morphology of the cave has been completely modified by the sedimentation, fossilisation and posterior erosion of the fossil dunes that totally cover the floor. Diverse speleothems partially covers the aeolianites (section B).

terials procedents del vessant de muntanya, tal és el cas de la cova des Lladres a Alcúdia (VICENS i CRESPI, 2003). Posteriors accions de la mar durant els períodes més càlids tornaren a erosionar aquests dipòsits i crearen plataformes i marmites de gegant. Cal remarcar que aquests materials són per norma general erosionables més fàcilment que no la roca sobre la qual estan situats (GRÀCIA *et al.*, 2001b). Molt sovint aquests dipòsits eòlics es troben recoberts per colades estalagmítics.

La presència de jaciments marins al litoral ens proporciona informació de les modificacions experimentades pel nivell de la mar i dels canvis climàtics, no només per les altituds on es troben els jaciments, sinó també per les característiques de la fauna trobada (CUERDA, 1975, 1987). Dins les coves d'abrasió marina també es poden trobar jaciments de platges fòssils preexistents, tot i no ser molt freqüent a les Illes Balears. Com a exemple tenim la cova des Lladres (Mallorca) on hi ha un dipòsit de platja del Pleistocè superior que temporals recents han posat al descobert (inèdit). Un altre exemple el tenim a Son Mosson on una cova d'abrasió marina a eolianites del Riss va quedar omplerta per un dipòsit de platja del Pleistocè superior (CUERDA i OSMASTON, 1975).

També a algunes coves d'abrasió marina, dins bretxes més modernes que la cova s'han trobat fòssils conti-

nents. Com és lògic a la majoria de les coves d'abrasió marina hi ha arenes, còdols i blocs actuals.

En algunes ocasions es poden observar senyals de bioerosió, tal és el cas de les perforacions del bivalve litòfag *Lithophaga lithophaga* (Figura 11). El fòssil del bivalve és difícil de localitzar, no així les seves perforacions (CUERDA, 1987; VICENS, 2010).

El vell marí (*Monachus monachus*) probablement va freqüentar les coves d'abrasió marina més grans i que tenen platgetes al seu interior; com exemple tenim la cova des Fonoll Marí a Alcúdia, on es varen trobar restes òssies d'aquest animal extint a les nostres illes el segle passat (VICENS *et al.*, 2006; PONS *et al.*, 2008). Els quiròpters són presents a alguna cova d'abrasió marina, tot i que la majoria d'elles per les seves dimensions i per trobar-se en part inundades no són un bon hàbitat per aquests mamífers.

Les coves d'abrasió marina, poden sofrir una evolució molt ràpida i enderrocar-se en pocs decennis, tal és el cas de la cova de s'Escar a Alcúdia, la sala de la qual presentava una superfície d'uns 185 m² i el gruix de sòtil d'1 m a la part més prima. El sòtil afectat per l'enderrocament recent té una superfície en planta d'uns 80 m² (VICENS *et al.*, 2006). La litologia dels materials i la disposició d'aquests és un factor decisiu.

Estat del seu coneixement a les Balears

Treballs que tractin sobre coves litorals de gènesi marina a les Illes Balears i aportin topografies i descripcions de les cavitats n'hi ha uns quants. A l'illa de Menorca cal destacar el treball de TRIAS i GINÉS (1989) on hi ha unes quantes cavitats relacionades amb la gènesi marina.

A l'illa de Mallorca, cal destacar els treballs de GINÉS (2000) que aporta informació de cavitats de tot el llevant de Mallorca; el de GRÀCIA *et al.* (1997) que parla de les cavitats litorals de Portocolom; el de GINARD *et al.* (2008) que tracta del litoral de Lluçmajor; el de VICENS i CRESPI (2003) i el de VICENS *et al.* (2006) d'Alcúdia; el de GRÀCIA *et al.* (2001b) de Pollença; i el de LLAMAS (2000) on es reproduïxen cavitats d'abració marina subaquàtiques a diversos punts del litoral. A ENCINAS (1994) hi ha topografies de coves d'abració marina del litoral de Pollença, emperò l'autor no dona cap explicació referent a la seva gènesi.

De l'arxipèlag de Cabrera hi ha una recopilació de les cavitats existents, i alguna de les quals té a veure amb l'abració marina (TRIAS, 1993). A MONTORIOL-POUS (1971) hi ha un exemple d'una captura càrstico-marina on una cova d'abració marina ha contactat amb un sistema càrstic.

De l'illa d'Eivissa no hem trobat informació sobre coves d'abració marina.

De l'illa de Formentera hi ha el treball de MONTORIOL-POUS i TERMES (1963) on alguna cavitat és d'abració marina.

Fent un resum, es pot dir que el coneixement de les coves de gènesi marina de Menorca es troba en un estat molt incipient i es tenen poques dades al respecte. De Cabrera i Formentera és té alguna dada, i de Mallorca que és on hi ha més informació, si més no resta encara molta de feina per fer. En aquest aspecte, l'illa d'Eivissa és la menys coneguda i no es tenen dades.

Un altre punt important és que gairebé no es tenen dades de coves d'abració marina submarines. La major part de les dades es refereixen a coves que es troben al nivell actual de la mar.

Referent a las zones més estudiades, aquelles on afloren materials del Miocè postorogènic o del Quaternari, coincideixen amb les zones on hi ha més cavitats i morfologies d'abració marina. Òbviament la disposició horitzontal dels materials miocens ha afavorit aquestes morfologies.

La cronologia és difícil de precisar i probablement moltes d'aquestes cavitats hagin sofert l'erosió marina en distintes ocasions. Evidentment que les que es troben a materials del Miocè i gairebé al nivell actual de la mar, han sofert com a mínim, l'erosió durant els episodis alts del darrer interglacial i l'Holocè.



Figura 9: Arcs d'abració marina a prop del Faralló d'en Fred (Felanitx, Mallorca) a – 20 m de profunditat (Foto A. Cirer).

Figure 9: Marine abrasion arches near the Faralló d'en Fred (Felanitx, Mallorca) at a depth of 20 m (Photo A. Cirer).

Figura 10: Evolució geomorfològica de la cova Negra (cap de Catalunya, Mallorca). Cavitat d'abrasió marina de 200 m de longitud (la de major distància lineal que tenim constància a les Illes Balears), segons GRÀCIA *et al.* (2001b): 1) Cova d'abrasió marina de petites dimensions; 2) Cova d'abrasió de gran llargària, aprofitant fractures de la roca, formada tal vegada al llarg de diverses fases d'erosió del Quaternari; 3) Regressió marina i formació d'extenses platges, amb formacions dunars terminals que s'introdueixen dins l'àmplia cavitat; 4) Rebliment quasi total de la cova per les eolianites pleistocèniques; 5) Nova transgressió marina i reactivació de l'erosió. La major debilitat de les eolianites fa que la cavitat s'obri seguint preferentment aquests materials. 6) Segueix pujant el nivell marí, adquirint la configuració actual.

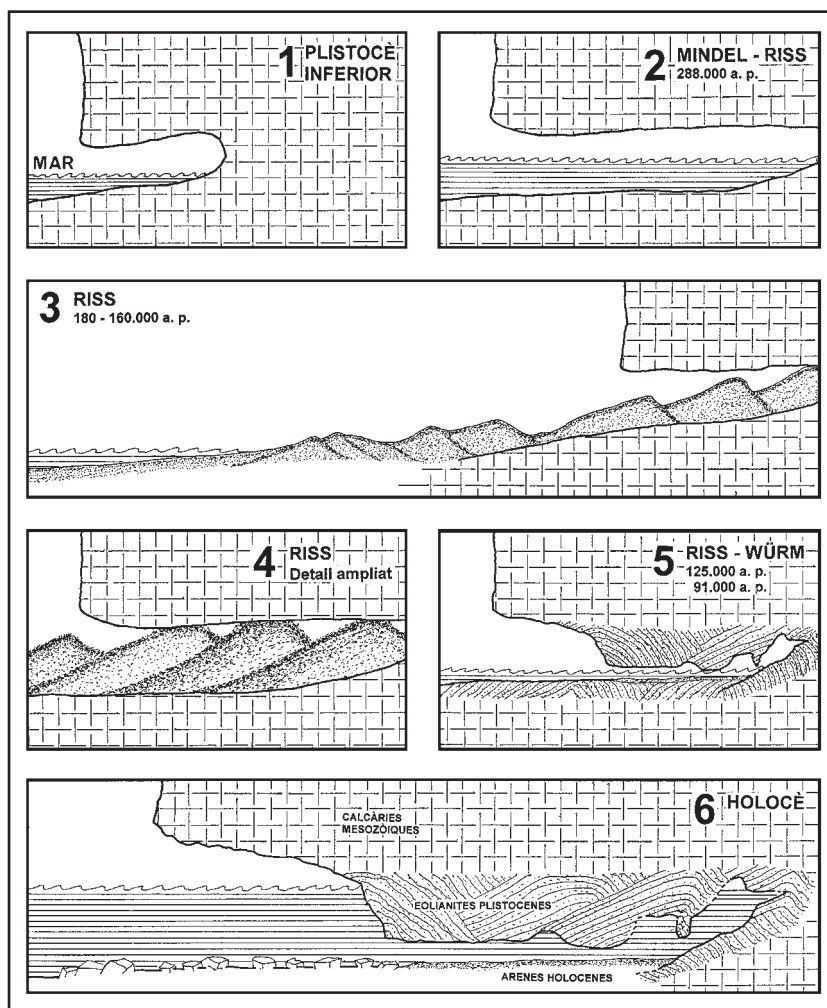


Figure 10: Geomorphological evolution of the Cova Negra (Cap de Catalunya, Pollença). It is a marine abrasion cave with a length of 200 m (the longest cave of this type known in Mallorca), after GRÀCIA *et al.* (2001b): 1) Small marine abrasion cave. 2) Very long abrasion cave following rock fractures and possibly formed in various phases during the Quaternary. 3) Marine regression and formation of extensive beaches with terminal dunes that have penetrated into a large cave. 4) Cave almost completely filled with Pleistocene aeolianites. 5) New marine transgression and re-activation of the erosion. The cave has been enlarged generally following the soft material as the aeolianites. 6) Sea-level keeps rising, and the cave acquires its current topography.

Cronologia de les cavitats

La cronologia és difícil de precisar i probablement moltes d'aquestes cavitats hagin sofert l'erosió marina en distintes ocasions. Evidentment que les que es troben a materials del Miocè i gairebé al nivell actual de la mar, han sofert com a mínim, l'erosió durant els episodis alts del darrer interglacial i l'Holocè.

Tot i haver-hi algun comentari sobre la cronologia de la gènesi de cavitats d'abrasió marina al litoral d'Alcúdia (Mallorca) a VICENS i CRESPI (2003), VICENS *et al.* (2004), i a VICENS *et al.* (2006), és a VICENS *et al.* (2008) on es comenta més àmpliament la possible edat de formació d'aquestes cavitats. Només a les que s'instal·len a materials del Pleistocè superior o en materials del Riss es pot fer una valoració de cronologia relativa acceptable. Si els materials són posteriors al darrer interglacial, l'erosió marina i la cavitat són d'edat holocena. En el cas de les cavitats situades a materials del Miocè o als materials del Secundari, és més complicat esbrinar dades cronològiques i la majoria d'autors no fa cap comentari; a GINÉS (2000) es descriuen algunes captures càrstico-marines que es remunten al manco al Pleistocè superior.



Figure 11: Perforacions antigues del bivalve *Lithophaga lithophaga*, a uns +2,5 m sobre el nivell actual de la mar a una cova d'abrasió marina a s'Arc de Sant Martí (Llucmajor, Mallorca) (Foto D. Vicens).

Figure 11: Fossil perforations made by the bivalve *Lithophaga lithophaga*, at +2,5 m above sea-level in a marine abrasion cave at s'Arc de Sant Martí (Llucmajor, Mallorca) (Photo D. Vicens).

Agraïments

L'article s'ha enriquit i millorat gràcies a la lectura crítica del manuscrit, i els suggeriments fets per part del nostre amic el Dr. Joaquín Ginés. Des d'aquestes breus línies volem manifestar-li el més sincer agraïment.

També volem donar les gràcies a Antoni Clrer per l'excel·lent fotografia de la figura 9.

Bibliografia

- BALAGUER, P.; VIZOSO, G.; FERRER, M.I.; RUÍZ, M.; ORFILA, P.; BASTERRETXEA, G.; JORDI, T.; FORNÓS, J.J.; SATORRES, J.; ROIG-MUNAR, F.X. i TINTORÉ, J. (2006): Zonificación del litoral Balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA) de la línea de costa. In: PÉREZ-ALBERTI, A. i LÓPEZ-BEDOYA, J. (Eds.) *Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela: 311 - 322.
- BALAGUER, P.; VIZOSO, G.; RUÍZ, M.; ORFILA, P.; FORNÓS, J.J.; SATORRES, J.; ROIG-MUNAR, F.X. i TINTORÉ, J. (2008): Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 362-364.
- CUERDA, J. (1975): *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma. 304 pp.
- CUERDA, J. (1987): *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". Palma. 420 pp.
- CUERDA, J. i OSMASTON H. A. (1978): Quaternary deposits in the central part of the Bay of Palma. In: ROSE, J. (Edit.). *The Quaternary of Mallorca*. Quaternary Research Association-Field Meeting Guide: 61-71.
- ENCINAS, J.A. (1994): *501 grutas del término de Pollensa (Mallorca)*. Editorial Punt Gràfic. 609 pp. Pollença.
- FORNÓS, J.J. (1983): *Estudi sedimentològic del Miocè Terminal de l'illa de Mallorca*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona. Inèdit.
- FORNÓS, J.J. i POMAR, L. (1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyí ("Complejo Terminal"). A: POMAR, L.; OBRADOR, A., FORNÓS, J. i RODRIGUEZ-PERIA, A. (Eds.) *El Terciario de las Baleares (Mallorca - Menorca)*. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología. Institut d'Estudis Balearics-Universitat de Palma de Mallorca, 177-206.
- GINARD, A.; VICENS, D.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BOVER, P.; BALAGUER, P.; i GRÀCIA, F. (2008): Coves litorals, geomorfologia i jaciments del Quaternari de la Marina de Lluçmajor. Zona 1: la franja costanera entre es Racó des Llobets i cala Esglesieta (1a part). Lluçmajor, Illa de Mallorca. *Endins*, 32: 81-104.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. i PONS-MOYÀ, J. (1975): Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas. *Speleon. Monografía I, V Symposium de Espeleología, Cuaternario*. Escola Catalana d'Espeleologia. 49-56. Barcelona.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesi doctoral. Inèdit. Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs.
- 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. (2010): *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del llevant i migjorn de Mallorca (Mediterrània occidental)*. Els exemples de la cova de sa Gleda (Manacor) i de la cova des Coll (Felanitx). Memòria d'Investigació. UIB. 254 pp.
- GRÀCIA, F. i VICENS, D. (1998): Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In: FORNÓS J. J. (Eds.). *Aspectes Geològics de les Balears*. Universitat de les illes Balears: 307-329.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i WATKINSON, P. (1998): 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.; CLAMOR, B.; LANDRETH, R.; VICENS, D. i WATKINSON, P. (2001a): Evidències geomorfològiques del canvis del nivell marí. In: PONS, G. X. i GUIJARRO, A. (Eds.). *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 91-119.
- GRÀCIA, F.; LANDRETH, R.; GUAL, M. i CLAMOR, B. (2001b): La cova Negra (Pollença, Mallorca): presència de dunes fòssils dins una cavitat submarina. *Endins*, 24: 137-142.
- GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; MONSERRAT, T.; CLARKE, O. i LANDRETH, R. (1997): Les coves de la zona ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Estudio de una captura kárstica-marina en la isla de Cabrera (Baleares). *Acta Geológica Hispánica*, 4: 89-91.
- MONTORIOL-POUS, J. i TERMES, F. (1963): Les grottes de l'île de Formentera (Baleares) et leurs relations avec les oscillations de la Méditerranée. *Compte Rendu IV Colloque International Spéléologie*. 180-194. Atenes.
- POMAR, L.; ESTEBAN, M.; CALVET, F. i BARÓN, A. (1983): La Unidad Arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. In: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J. J. i RODRIGUEZ-PERIA, A. (Eds.) *El terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología. Menorca, 1983*: 139-175. Palma de Mallorca.
- PONS, G.X.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i VICENS, D. (2008): Troballa d'ossos subfòssils de vell marí (*Monachus monachus*) a una cova litoral d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 55.
- ROBLEDÓ, P. A. (2005): *Los paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: análisis geográfico, genético, geológico y evolutivo*. Tesi doctoral. Departament de Ciències de la Terra. UIB.
- RODRÍGUEZ, J. i CÁCEREZ, L.M. (2005): Niveles escalonados de cuevas marinas cuaternarias en la costa oriental de Gibraltar. *Geogaceta*, 37: 147-150.
- SERVERA, J. (2004): *Geomorfologia del litoral de les Illes Balears*. Quaderns de la natura de les Balears. Edicions Documenta Balear. 88 pp. Palma.
- TRIAS, M. (1993): VIII. Catàleg espeleològic. In: ALCOVER, J.A.; BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J.J. (Eds.) *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. C.S.I.C. - Editorial Moll. 131-152. Palma de Mallorca.
- TRIAS, M. i GINÉS, J. (1989): Algunes noves cavitats de l'illa de Menorca. *Endins*, 14-15: 5-16.
- VICENS, D. 2010. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. UIB. inèdit.
- VICENS, D. i CRESPI, D. (2003): Les coves litorals situades a la franja costanera entre es Mal Pas i el cap Gros (Alcúdia, Mallorca) (1a part). *Endins*, 25: 117-130.
- VICENS, D.; CRESPI, D. i GINARD, A. (2004): Estudi de coves litorals d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 50-51.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i PONS G.X. (2006): Les coves litorals situades a la franja costanera entre es Mal Pas i el cap Gros (Alcúdia, Mallorca) (2a part). Troballa de restes de vell marí (*Monachus monachus*) a la cova des Fonoll Marí. *Endins*, 30: 87-100.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i PONS, G. X. (2008): Aportacions relacionades amb l'estudi de coves litorals d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 52-54.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; LANDRETH, R.; CLAMOR, B. i DOT, M. A. (2001): La cova de ses Pedreres (Manacor, Mallorca). *Endins*, 24: 107-111.

LA FLORA DE LES CAVITATS CÀRSTIQUES DE LES BALEARS: QUÈ EN SABEM?

per Josep A. ROSSELLÓ¹ i Joan PERICÀS (†)

Abstract

The knowledge on the flora of the karst caves and shafts in the Balearic Islands is not well-consolidated and reliable data are known only about certain groups, such as bryophytes, pteridophytes and seed plants. However, gaps on the flora of almost all the Balearics except Mallorca are a reality. In general, the uniqueness of the cave flora in the archipelago is reflected as the presence of relict elements, whose presence at the surface is very rare or not detected until now. This fact highlights the conservative character of the shafts and caves with regard to the most mesophilic flora, very rare or extinct on the outside as a result of ancient climate changes natural or man-related, which has led to their presence in underground environments.

Resum

El coneixement de la flora de les cavitats càrstiques de les Balears es troba poc consolidat i únicament es coneixen dades fiables sobre alguns grups, com briòfits, pteridòfits i plantes amb llavors. No obstant, les llacunes relatives a la flora de la pràctica totalitat de les Balears excepte Mallorca són una realitat. En general, la singularitat de la flora hipogea de l'arxipèlag es reflexa en la presència d'elements relictuals, dels quals la seva presència a l'exterior és raríssima o no s'ha detectat fins a l'actualitat. Aquest fet posa de manifest el caràcter conservador de les cavitats sobre la flora més mesòfila, molt rara o extinta a l'exterior com a conseqüència d'antics canvis climàtics naturals o d'origen antròpic, fet que ha propiciat la seva presència en ambients hipogeus.

Resumen

El conocimiento de la flora de las cavidades kársticas de las Baleares se encuentra poco consolidado y únicamente se conocen datos fiables sobre algunos grupos, como briófitos, pteridófitos y plantas con semillas. Sin embargo, las lagunas relativas a la flora de la práctica totalidad de Baleares excepto Mallorca son una realidad. En general la singularidad de la flora hipogea del archipiélago se refleja en la presencia de elementos relictuales, cuya presencia en el exterior es rarísima o no se ha detectado hasta el presente. Este hecho pone de manifiesto el carácter conservador de las cavidades sobre la flora más mesófila, cuya rarefacción y extinción en el exterior, como consecuencia de antiguos cambios climáticos naturales o de origen antrópico, ha propiciado su presencia en ambientes hipogeos.

El medi cavernícola i els vegetals

La universalitat dels mecanismes d'autotròfia mitjançant energia lumínica és una característica fisiològica de les plantes, considerades aquestes en termes moderns (és a dir els caròfits, els diferents grups que un temps eren coneguts com a briòfits i pteridòfits, i les plantes amb llavors), amb escadusseres excepcions que han aparegut de manera secundària, i independent, al llarg de l'evolució i que presenten adaptacions al saprofitisme i al parasitisme. Aquesta necessitat de realitzar la foto-

síntesi, i el fet que per l'inici de la mateixa cal l'activació per fotons, permet explicar l'absència d'organismes estrictament troglobis i lligats a l'absència de llum en els diferents grups de plantes, en contraposició a la major diversitat d'espècies hipogees que apareixen en diversos grups animals (crustacis, insectes, mamífers, entre d'altres). Com ja va indicar VANDEL (1964), el concepte d'espeleobotànica és certament poc coherent i al manco discutible (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980).

Aquestes constriccions fisiològiques condicionen necessàriament la presència de plantes als indrets més exteriors de les coves i avencs, o bé a aquells microambients més interns que, per mor de les peculiaritats

¹ 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



Figura 1: Els avencs poden contenir una flora relict. Avenc des Bolets (Escorca, Mallorca). Foto D. Vicens.

Figure 1: Shafts can host an interesting relict flora, as in the case of Avenc des Bolets (Escorca, Mallorca). Photo D. Vicens.

topogràfiques o estructurals de les cavitats, permeten l'arribada de quantitats de llum adients per a, si més no, l'establiment i desenvolupament d'organismes vegetals o al menys de parts del seu cicle vital. El fet que el desenvolupament horitzontal o vertical de les cavitats estableix un gradient no sols lumínic, ans també d'humitat, permet hipotetitzar a nivell teòric i constatar a nivell pràctic, que el poblament vegetal troglòfil no és estrictament al atzar. Ara bé, establerta aquesta generalitat, és força difícil definir espècies característiques que vagin lligades a unitats ecològiques de les cavitats definides únicament pels factors llum i humitat, al menys per les experiències de camp dutes a terme a les cavitats de Balears.

Les raons de la manca d'aquesta estricta correspondència entre zonació ecològica i la seva caracterització biològica (vegetal) és deguda a diferents factors, no mútuament excloents. En primer lloc cal tenir present que els gradients solen establir-se generalment al llarg de dimensions lineals reduïdes, fet que dificulta la separació ecològica d'aquelles plantes amb un gran desenvolupament de les parts aèries (cormòfits). D'altra banda, l'existència de microrrelleus, extraploms, i altres singularitats topogràfiques condicionen fortament l'existència de gradients estrictament lineals, a l'igual que l'exposició de les parets en els cas dels avencs. Finalment, el tipus de substrat pot modificar notablement algun factor, com és el cas de la humitat edàfica en el cas de replans argilosos, creant microclimes que possibiliten l'existència de plantes estenoiques en qualsevol indret de la cavitat. En

resum, la multifactorialitat i interacció dels paràmetres implicats en la colonització, pervivència i dispersió dels vegetals és complexa i difícilment permet inferir patrons clars de distribució en un medi anisotròpic com és el cavernícola.

La flora cavernícola de Balears: què coneixem

El relleu carstificat de bona part dels territoris balears atresora una quantitat de cavitats, més de quatre milenars (ENCINAS, 2006), que suposa un laboratori natural de primer ordre per plantejar excitants projectes de recerca sobre flora cavernícola. Malauradament, els coneixements bàsics per establir prioritats de recerca es troben en els seus orígens, i alguns factors que incideixen en aquest aspecte deuen ser comentats. D'una banda, aconseguir un inventari bioespeleològic vegetal de Balears el més acurat possible és senzillament una tasca gegantina i irrealitzable, i no sols a curt termini. En general, les dificultats tècniques inherents a l'accés a les cavitats (sobretot verticals) no constitueixen el principal obstacle, però sí ho és la impossibilitat de realitzar mostres exhaustius dins dels avencs, sobretot a les parets. Sovint, els llocs d'accés tècnicament més favorables (o fins i tot possibles) a les cavitats no constitueixen els millors indrets per realitzar l'inventari bioespeleològic. De fet, les verticals de baixada i pujada als avencs no permeten més que la realització de mostres lineals que difícilment poden ser considerats com a exhaustius i representatius de les cavitats verticals de dimensions més grans (boques amples), sobretot pel que fa a aquells grups taxonòmics de minses dimensions, que poden ser confosos al camp, com és el cas de les hepàtiques i moltes, i que requereixen prou cura (i encert) en la selecció dels indrets a inventariar, i prou temps en la realització dels mateixos. D'altra banda, l'alt nombre de cavitats inventariades requeriria una inversió de temps inimaginable per al seu estudi detallat i sols seria factible si es dugués a terme per un equip de treball prou gran. En darrer lloc, i no menys important, la identificació de la biodiversitat dels grups tradicionalment estudiats pels botànics (fongs, fongs liquenitzats, algues, cianobacteris) però dels que actualment hi ha evidències de que no constitueixen grups evolutivament relacionats entre ells ni amb ells, constitueix una dificultat no gens lleu, donat els mètodes complexos lligats a la determinació dels organismes, que requereixen sovint el seu cultiu al laboratori, la utilització rutinària de tècniques microscòpiques i histoquímiques, així com sovint les basades en les anàlisis de l'ADN, i la seva intrincada taxonomia.

Pel que fa als coneixements de la flora cavernícola de les diferents illes és de doldre constatar l'absència de dades botàniques pel que fa a les cavitats de Menorca, Cabrera, Eivissa i Formentera. Pel que fa a Mallorca, existeixen les dades pioneres de MAHEU (1912), anecdòtiques i poc fiables, que suposen la data d'inici, si més no simbòlica, de l'exploració botànica de les coves balears; aquest autor inclou algunes breus referències

a diverses cavitats de la resta de l'arxipèlag. Igualment petita és la informació continguda circumstancialment en els treballs de KOPPE (1965), SLOOVER (1967), LLORENS (1972) i DUNK (1976). No va ser fins a més de 65 anys més tard quan es va dur a terme, sota l'animós i sempre cordial lideratge de n'Àngel Ginés, l'exploració botànica de les moltes, hepàtiques, falgueres, i plantes amb llavors, que formaven part d'una relativament petita (23), però representativa, mostra d'avencs (fonamentalment) i coves mallorquines (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980). Malgrat en el treball es varen exposar els resultats més significatius de la brioflora dels avencs, el coneixement adquirit sobre la presència i distribució de les espècies de plantes vasculares a les cavitats mostrejades va ser d'inestimable valor per als autors per avaluar el seu potencial interès paleoecològic. Poc més de trenta anys després de la publicació de ROSSELLÓ i GINÉS (1980), diverses inferències i conclusions obtingudes per aquests autors sobre la flora cavernícola mallorquina segueixen vigents. En primer lloc, els avencs constitueixen uns ambients adients per al manteniment de la riquesa florística briològica. Dades no publicades, obtingudes gràcies a les prospeccions de Joan Pericàs, Àngel Ginés i jo mateix efectuades recentment a la part cuminal del massís del Puig Major, permeten fer la predicció de que al menys un 25% de la flora briològica balear es troba a cavitats. En segon lloc, algunes espècies

sols són conegudes a Mallorca per la seva presència exclusiva als avencs. *Mnium marginatum*, *Rhizomnium punctatum*, *Taxiphyllum wisgrillii*, i *Orthothecium intricatum* no s'han trobat fins ara a l'exterior, malgrat foren indicades per primera volta per ROSSELLÓ i GINÉS (1980). Finalment, i pot ser el més important, és el poder reafirmar que a Mallorca un caràcter molt singular dels avencs és el d'esser refugi de certes espècies que es poden considerar relictuals. Pareix prou clar que l'origen de la flora d'un avenc s'ha de cercar a la zona exterior de la cavitat i dins la flora que l'envolta, provocant la seva colonització a les cavitats càrstiques on han perdurat fins ara. A la conca mediterrània, i especialment a les Balears, les entrades de les cavitats constitueixen, juntament amb les zones culminals muntanyoses, els engorjats i barrancs càrstics, àrees de refugi per espècies d'ambients mesòfils, que difícilment poden actualment trobar a l'exterior les condicions climàtiques adients per al 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 perturbacions antròpiques (ROSSELLÓ i GINÉS, 1980; GINÉS, 2000; PÉREZ-OBIOL *et al.*, 2003).

Les prospeccions de la flora cavernícola realitzades generalment dins entorns macroclimàtics més tèrmics, a altituds baixes inferiors als 500 m snm i amb pluviometries locals poc abundants (GINÉS, 1983; GRUP



Figura 2: *Asplenium scolopendrium* al clot des Sero (Calvià, Mallorca).
Foto A. Ginard.

Figure 2: *Asplenium scolopendrium* in Clot des Sero (Calvià, Mallorca).
Photo A. Ginard.



Figura 3: *Asplenium sagittatum* i *Adiantum capillus-veneris* a l'entrada de l'avenc des Cap d'Aubarca (Sant Antoni de Portmany, Eivissa). Foto M. Farriol.

Figure 3: *Asplenium sagittatum* and *Adiantum capillus-veneris* at the entrance of a shaft known as Avenc des Cap d'Aubarca (Sant Antoni de Portmany, Eivissa). Photo M. Farriol.

ESPELEOLÒGIC EST, 1986; GINÉS i GINÉS, 1992; FIOU, 1995; BOVER *et al.*, 2004; GINARD *et al.*, 2004, 2006, 2010) han contribuït a posar de manifest el contrast de la diversitat botànica present als distints tipus de cavitats, en funció de la seva topografia i l'entorn ecològic del paisatge i ambient de l'exterior; així, en algunes cavitats singulars 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). Segons aquests autors, 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.

La flora específica de les entrades dels avencs i esquerdes de la serra de Tramuntana (Mallorca) destaca no sols per l'abundància i diversitat de briòfits, ans 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 tyrrenna*, *Polystichum setiferum*, *P. aculeatum*, *P. x bicknellii*, i *A. scolopendrium*. Així mateix, les entrades de coves i balmes que s'obren cap al NO presenten algunes espècies d'angiospermes de distribució global restringida (endemismes baleàrics i tirrènics) molt lligades a aquests ambients com ara *Pimpinella bicknellii*, *Urtica atrovirens* subsp. *bianorii*, i *Soleirolia soleirolii* (GINÉS, 2000), que presenten una distribució local força minsa a Balears.

El coneixement botànic que es disposa avui en dia posa de manifest el valuós paper dels avencs, i en menor mesura les coves, com a elements notables que han permès la conservació d'alguns elements botànics singulars i relictuals, que testimonien la rarefacció i, probablement, extinció dels elements vegetals, si més no briòfits, més sensibles al canvi climàtic en les darreres desenes de mils d'anys. La seva conservació n'és fonamental per garantir no sols la persistència d'aquests tresors biogeogràfics, ans per preparar la preservació futura de la flora més sensible que actualment es troba a l'exterior.

Bibliografia

- BOVER, P.; GINARD, A.; CRESPI, D.; VICENS, D.; VADELL, M.; SERA, 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.
- DUNK, K.V.D. (1977): Zur Moosvegetation von Mallorca. *Herzogia*, 4: 409-413.
- ENCINAS, J.A. (2006): *Relación inventarial de subterráneos naturales de las Illes Balears, año 2006*. Ediciones JAES, Colección Tarsilbet, IV. 236 pàgs. Pollença, Mallorca.
- FIOU, 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.
- 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). In: Pons, G.X. (edit.). *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.
- GINARD, A.; VICENS, D.; ROSSELLÓ, J.A.; PONS, G.X.; MIR-GUAL, M.; PLA, V.; CRESPI, D.; BARCELÓ, M.A., BOVER, P. (2010): Pteridòfits i briòfits de les cavitats de la serra de na Burguesa (Serra de Tramuntana, Mallorca). *Endins*, 34: 69-86.
- GINÉS, A. (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.
- GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986): S'Era d'Escorca (Escorca, Mallorca) i algunes cavitats veïnes. *Endins*, 12: 3-11.
- KOPPE, F. (1965): Bryologische Beobachtungen auf der Insel Mallorca. *Bot. Notiser*, 118: 25-48.
- LLORENS, L. (1972): Anotaciones a la flora balear. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 55-62.
- 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.
- PEREZ-OBOLI, R.; SÁEZ, LL., i YLL, E. I. (2003): Vestigis floristics postglacials a les Illes Balears i dinàmica de la vegetació holocènica. *Orsis*, 18: 77-94.
- ROSSELLÓ, J.A. i GINÉS, A. (1980): Introducció a la brioflora dels avencs mallorquins. *Endins*, 7: 27-35.
- SLOOVER, J.L. de (1967): Quelques bryophytes recueillis à Majorque. *Les Naturalistes Belges*, 18: 389-394.
- VANDEL, A. (1964): *Biospeologie. La Biologie des animaux cavernicoles*. Gauthier-Villars Editeur, 619 pp. Paris.

BIOSPELEOLOGIA DE LES CAVITATS DE LES ILLES BALEARS: INVERTEBRATS TERRESTRES

per Guillem X. PONS ¹ i Mateo VADELL ²

Abstract

In the caves of the Balearic Islands over 300 species of invertebrates (including terrestrial and aquatic species) are known until today. Of these, approximately 50 can be considered genuinely troglomorphic species. Over half of these are endemic species unique to the Islands, a percentage large enough in evolutionary terms to give an idea of its great heritage value and interest in its preservation. The cave organisms constitute a very important part of the catalog of endemic fauna in the Balearic Islands. Since Racovitza described *Typhlocirolana moraguesi* in 1905, the first step in the new science of biospeleology, have been many scientists who have penetrated to the caves in search of new and enigmatic species. The Balearics were also the birthplace of the discipline with the interest and constant presence of local researchers in national and international scientific publications. Since 1905 there have been many papers published on the ongoing findings of cave species. For the preparation of this article have been selected terrestrial cave species that are new to the catalogs of taxa published since 1995 (publication date of the monograph *Endins 20*) or those species that are important regarding biogeography, particularly the endemisms.

Resum

A les coves de les illes Balears s'han trobat més de 300 espècies d'invertebrats (entre espècies terrestres i aquàtiques). D'elles, aproximadament unes 50 poden considerar-se genuïnament troglòbies. Més de la meitat d'aquestes són endemismes exclusius de les Balears, un percentatge prou important en termes evolutius per donar una idea del seu gran valor patrimonial i l'interès que representa la seva conservació. Els organismes de les coves constitueixen una part molt important del catàleg de la fauna endèmica de les Illes Balears. D'ençà que Racovitza l'any 1905 descriví *Typhlocirolana moraguesi*, la primera baula de la nova ciència de la biospeleologia, han estat molts els científics que han penetrat a les cavitats a la recerca de noves i enigmàtiques espècies. Les Balears han estat també bressol d'aquesta disciplina amb l'interès i presència constant a revistes nacionals i internacionals de científics de les Balears. Des de 1905 s'han publicat molts de treballs sobre les contínues troballes d'espècies cavernícoles. Per a l'elaboració d'aquest article s'han seleccionat les espècies de fauna terrestre que representen una novetat per als catàlegs dels grups taxonòmics publicats després de 1995 (any de publicació del monogràfic *Endins 20*) o d'aquelles espècies que tenen un important paper biogeogràfic, especialment els endemismes.

Resumen

En las cuevas de las Islas Baleares se han encontrado más de 300 especies de invertebrados (entre especies terrestres y acuáticas). De ellas, aproximadamente unas 50 se pueden considerar genuinamente troglóbicas. Más de la mitad de éstas son endemismos exclusivos de Baleares, un porcentaje bastante importante en términos evolutivos para dar una idea de su gran valor patrimonial e interés para su conservación. Los organismos de las cuevas aportan un número muy importante para el catálogo y evaluación de la fauna endémica de las Islas Baleares. Desde que Racovitza el año 1905 describió *Typhlocirolana moraguesi*, el primer eslabón de la nueva ciencia de la Bioespeleología, han sido muchos los científicos que han penetrado en las cavidades en busca de nuevas y enigmáticas especies. Las Baleares han sido también cuna de esta disciplina con el interés y presencia constante en revistas nacionales e internacionales de científicos de las Baleares. Desde 1905 han sido muchos los trabajos publicados sobre los continuos hallazgos de especies cavernícolas. Para la elaboración de este artículo se han seleccionado las especies de fauna terrestre que representan una novedad para los catálogos de los grupos taxonómicos publicados después de 1995 (publicación del monográfico *Endins 20*) o aquellas especies que tienen un importante papel biogeográfico, especialmente los endemismos.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. E-mail: guillemx.pons@uib.es

2 Museu Balear de Ciències Naturals, Crta. Palma –Port de Sóller, km. 30 Apartat de correus 55, Sóller- Mallorca. E-mail: lithobius@hotmail.es

Introducció

La biospeleologia entenguda com una ciència, va néixer gràcies a la troballa circumstancial el 1905 d'un isòpode aquàtic cec, *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905, a les coves del Drac per part d'Emile Racovitza. A partir d'aquest descobriment RACOVITZA (1905; 1907) veié que els organismes cavernícoles eren prou diferents dels epigeus i marcà el camí d'aquesta nova disciplina. Els organismes adaptats a la vida en la foscor són els denominats troglòbics o troglòbions i compten amb característiques morfològiques com són la regressió de l'aparell visual, despigmentació, allargament dels apèndix, òrgans químic i mecanoreceptors i estan restringits al medi subterrani. Això suggereix una adaptació ancestral per a la vida cavernícola, cosa que fa siguin autèntiques relíquies biogeogràfiques. D'ençà que Racovitza descriví *T. moraguesi* molts altres científics i naturalistes de les Balears han tingut un cert apassionament per conèixer l'evolució d'aquests organismes. Poc després de la seva descripció un jove apotecari i naturalista artanenc, Llorenç Garcias Font, ja feia ressó d'aquesta troballa després de participar en aquesta excursió espeleològica, el mateix any 1905, amb una comunicació i una nota bibliogràfica del treball de Racovitza al Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural i auguri de la importància de la fauna que habitava les cavitats de les Balears (GARCÍAS FONT, 1905; PONS, 2011).

A les coves de les Illes Balears, a dia d'avui, s'han trobat més de 300 espècies d'invertebrats (entre terrestres i aquàtiques). D'entre elles, aproximadament unes 50 poden considerar-se genuïnament troglòbics. Més de la meitat d'aquestes són endemismes exclusius de les Balears, un percentatge prou important en termes evolutius per donar una idea del seu gran valor patrimonial i interès per a la seva conservació (PONS *et al.*, 1995). Els organismes de les coves aporten un gruix molt important per al catàleg i avaluació de la fauna endèmica de les Illes Balears (PONS i PALMER, 1996; PALMER *et al.*, 1999). El nivell d'endemicitat assolit entre els diferents grups taxonòmics de fauna epigea de les Balears oscila entre el 1,5 i el 30%.

Molts són els treballs previs sobre les contínues troballes d'espècies cavernícoles, la majoria d'ells publicats a les pàgines de la revista *Endins*. Una primera síntesi fou l'elaborada per GINÉS (1982), poc després BELLÉS (1987) realitzà un complet monogràfic de la fauna cavernícola de la península Ibèrica i Balears. PONS (1991) i PONS *et al.* (1995) recullen i amplien aquesta informació.

Per a l'elaboració d'aquest treball s'han seleccionat les espècies de fauna terrestre que representen una novetat per als catàlegs dels grups taxonòmics anteriors o d'aquelles espècies que tenen un important paper biogeogràfic, especialment els endemismes.

Catàleg faunístic

Mollusca

Encara que el catàleg de presència de mol·luscs a les coves sigui relativament nombrós, només algunes poques espècies es troben sovint a les entrades de les cavitats. La majoria de les troballes es corresponen a caigudes accidentals dins la cavitat fins la mort del caragol o el transport a l'interior per part de les rates (*Rattus rattus*). Material estudiat presenta trencadures de closques amb incissions típiques de rates. Així a l'avenc del Far (Pollença), cova les Rodes (Pollença), avenc de sa Vidalba (Artà) i cova de sa Cometa des Morts (Escorca) trobam closques de *Xerocrassa frater* (Dorhn i Heyne-mann, 1862) i *Tudorella ferruginea* (Lamarck, 1823) amb clares mostres de depredació per les rates. Aquesta ruptura és característica per a cada espècie: a *X. frater* trobam que la majoria de les ruptures s'inicien per la zona apical de la closca, mentre que a *Tudorella ferruginea* el trencament de la closca és lateral, cosa que facilita l'accés a les parts blanques del gasteròpode.

Entre els endemismes malacològics trobam *Tudorella ferruginea* distribuïda a les Gimnèsies, essent més abundant a Mallorca que a Menorca (GASULL, 1963); ha estat trobada també a jaciments pliopleistocens d'Eivissa (PONS i PALMER, 1996). Les espècies malacològiques més característiques de les coves de les Balears són: *Oxychilus lentiformis* (Kobelt, 1882) per a les Gimnèsies i *O. pytusanus* Riedl, 1969 per a les Pitiüses. Aquestes són les úniques espècies que semblen tenir una certa especialització cap a la vida cavernícola, malgrat que siguin considerades com a espècies troglòfiles. A la cova de Can Sion (Pollença), s'ha comprovat la còpula i la presència d'elements juvenils d'*O. lentiformis* de diferents talles, a la mateixa sala. Aquestes observacions confirmen que aquesta espècie pot realitzar tot el seu cicle biològic a l'interior de les coves (PONS i DAMIANS, 1992b). El gènere *Oxychilus*, en general es compona d'espècies polífagues i en el medi epigeu s'alimenten normalment de detritus vegetals, però se sap que les poblacions cavernícoles presenten determinades peculiaritats a nivell enzimàtic, detectant un nivell més alt de quitinasa en els exemplars cavernícoles que en els epigeus, cosa que els permetria alimentar-se de substàncies orgàniques d'origen animal com puguin ser restes cadavèriques arribades a l'interior de la cova (BELLÉS, 1987).

Rupestrella moraguesi (Kobelt, 1886) és un endemisme de Mallorca actualment discutit, per ser considerat com a subespècie *R. philippii moraguesi* per BECKMANN (2007) entre altres autors. Espècie de costums saxícoles que es localitza sota pedres o entre les encletxes del carst. És de difícil localització per estar, les seves closques, recobertes d'incrustacions terroses de la mateixa coloració dels ambients a on viu. Ha estat localitzada al fons de l'avenc del Far (Pollença) (PONS i PALMER, 1996).

Xerocrassa nyeli (Mittre, 1884) endemisme Gimnèsic distribuït per tota Menorca i molts dels seus illots i el llevant i sud de Mallorca. A l'arxipèlag de Cabrera s'ha descrit la subespècie *X. nyeli ponsi* (Hidalgo, 1878)

(PONS i PALMER, 1996). Localitzada a l'entrada de l'avenc des Travessets (Artà).

Xerocrassa frater (Dohrn i Heynemann, 1862) és una espècie endèmica de Mallorca que dona distintes subespècies arreu de Mallorca i dels illots que l'envolten (GASULL, 1964). La seva distribució a Mallorca és generalitzada, des del nivell de la mar fins a les més altes cotes de la Serra, exceptuant els espais humanitzats.

Xerocrassa claudinae (Gasull, 1963) és un endemisme molt interessant restringit al sector Nord de la serra de Tramuntana. La seva distribució va des dels 450 metres fins al nivell de la mar (GASULL, 1963). Normalment se la troba associada a *Trochoidea frater* (dades inèdites) i dins cavitats només ha estat trobada a la cova de les Rodes (Pollença) (PONS i DAMIANS, 1992b).

Iberellus balearicus (Ziegler, 1853) endemisme de Mallorca que colonitza únicament la serra de Tramuntana. S'el pot trobar des del nivell de la mar fins a les cotes més elevades de la Serra. Viu preferentment a les enclotxes càrstiques (GASULL, 1963). Citada de l'avenc del Far (Pollença) (PONS i DAMIANS, 1992b).

Iberellus companyonii (Aleron, 1837) és un endemisme de les Balears. Colonitza quasi totes les illes Balears, excepte la serra de Tramuntana, on és substituïda per *Iberellus balearicus*. Citada de l'avenc de sa Vidalba (Artà) (PONS i DAMIANS, 1992b).

Allognathus graellsianus (Pfeiffer, 1848) és una espècie distribuïda pel sector nord de la serra de Tramuntana. GASULL (1963b; 1969) i PONS i PALMER (1990) llisten tota una sèrie de localitats de la Serra. Colonitza les zones menys degradades de la meitat nord de la serra de Tramuntana, arribant fins al nivell de la mar, sempre entre enclotxes de les roques, únicament sortint durant períodes plujosos. Ha estat localitzat a l'entrada de la cova de sa Campana (Escorca).

A Eivissa a distintes coves s'han localitzat especimens de mol·luscs: *Vitrea cf. gasulli* Riedel i Paul, 1978, *Xerocrassa ebusitana* (Hidalgo, 1869), *Xerocrassa caroli* (Dohrn i Heynemann, 1862), *Iberellus companyonii* (Aleron, 1837) i *Oxychilus pytiusanus* Riedl, 1969. Una de les coves més estudiades és l'avenc des Pouàs.

Gigantomilax majoricensis (Heynemann, 1863) és un llimac endèmic de les Gimnèsies i Pitiüses (BECKMANN, 2007) indicat per GASULL (1969) de les coves de Campanet i de la cova de Son Lluís (Porreres). Aquests autors esmenten que a les Pitiüses ha estat recol·lectat a illots molt separats de l'illa principal (es Vedrà, illa Plana de ses Bledes) el que fa suggerir una colonització antiga.

Arachnida (Araneae)

Entre les poc més de 50 espècies d'aranyes trobades a les cavitats cap d'elles pot considerar-se com a veritable troglòbia (PONS *et al.*, 1995; PONS, 1992; 2004a; 2004b). Una de les més adaptades a penetrar cap a l'interior de les cavitats és *Leptoneta infusca* Simon, 1872. A l'entrada de les cavitats és comú trobar-se amb *Meta bourneti* (Simon, 1922) i *Metellina merianae* (Scopoli, 1763). A llocs a on hi pugui haver una certa humitat i foscor es troben distintes espècies de les famílies Pholcidae i Agelenidae. Els Pholcidae és comú

trobar-les a zones antròpiques i moltes d'elles són de distribució cosmopolita. *Spermophorides valentiana* (Senglet, 1972) n'és una excepció; és un Pholcidae endèmic del llevant de la península Ibèrica i de les illes Balears. Descrita de la província de València i Castelló de la Plana (SENGLET, 1972). Citada per primera vegada a les illes Balears per PONS (2004a). SENGLLET (2001) considera que les espècies *Spermophora huberti* Senglet, 1972, *S. mammata* Senglet, 1972, *S. mediterranea* Senglet, 1972, *S. petraea* Senglet, 1972 i *S. valentiana* Senglet, 1972 han d'esser transferides al gènere *Spermophorides*.

Harpactea dufouri (Thorell, 1873) de la família dels Dysderidae és un endemisme balear citat de coves de Mallorca per PONS (2004a; 2004b) i VADELL *et al.* (2006). Anteriorment, ORGHIDAN *et al.* (1975) citen *H. corticalis* segurament tractant-se d'aquest endemisme.

Entre els Agelenidae ens trobam amb cinc espècies capturades a cavitats: *Malthonica balearica* Brignoli, 1978, *Tegenaria domestica* (Clerck, 1757), *T. herculea* Fage, 1931, *T. pagana* C. Koch, 1841 i *T. scopifera* Barrientos, Ribera i Pons, 2002. *Malthonica balearica* Brignoli, 1978 és un endemisme balear, relativament comú a la serra de Tramuntana a llocs que conserven la naturalitat del paisatge. Fou citada per primera vegada de la cova de sa Cometa des Morts (PONS i DAMIANS, 1992b). *Tegenaria domestica* (Clerck, 1757) i *T. pagana* C. Koch 1841 tenen una distribució mediterrània. *T. herculea* Fage, 1931 ha estat citada únicament de la cova de Santa Agnès (Sant Antoni, Eivissa), Mallorca i d'Andalusia (Màlaga, Granada i Gibraltar). A aquest darrer treball es descriu el mascle sobre exemplars de Granada. Comentar que és una espècie recollida a es Pouàs i la cova des Vedrà (Eivissa) (PONS, 2004a; 2004b). *Tegenaria scopifera* Barrientos, Ribera i Pons, 2002 és una espècie endèmica de les Balears i es coneix de molt poques localitats: l'illa de Tagomago, Cabrera (balma del jaciment de Cas Pagès) i Cosconar (interior d'una mina de font) (Mallorca) (BARRIENTOS *et al.*, 2002; PONS 2004b).

Eidmannella pallida (Emerton, 1875) és una espècie de distribució cosmopolita trobada a les Balears exclusivament dins cavitats. Citada inicialment de Mallorca a on fou erròniament descrita com *Nesticus (Gondwanonesticus) dragani* per DUMITRESCO (1973) qui la relaciona amb la mateixa espècie de l'illa de Cuba. Aquest autor explicava l'existència d'aquesta espècie a dues localitats tant distants per fenòmens de moviments de plaques. Seria, segons DUMITRESCO (1973), una espècie relict, antiquíssima. Res més lluny de la realitat, doncs és una espècie introduïda i ja descrita que s'ha adaptat al medi cavernícola. Considerada per PLATNICK (2003) i altres autors com a sinònima d'*E. suggerens*. Citada de Mallorca sota el nom de *Nesticus dragani* per ORGHIDAN *et al.* (1975). RIBERA (1989) cita *Eidmannella suggerens* de Menorca tractant-se d'aquesta espècie. Altres autors recullen noves dades de cavitats de Mallorca (PONS, 2004a; 2004b; VADELL *et al.*, 2006).

Destacar l'endemisme *Lepthyphantes balearicus* Denis, 1961, encara que no presenta característiques troglòbiques; ha estat trobada exclusivament a cavitats de Menorca (DENIS, 1961; RIBERA, 1989).

L'únic Theridiidae endèmic trobat a les Balears és *Theonoe major* Denis, 1961, conegut només de

Menorca -Avenc 2 de S'Albufereta, es Mercadal- citada pel seu descriptor (DENIS, 1961) que descriu únicament la femella.

Arachnida (Palpigradi)

Els palpígrads són animals extremadament fràgils i molt àgils, que actualment estan considerats com els aràcnids més primitius vivents i els primers colonitzadors del sòl continental a partir d'un medi marí (VAN DER HAMMER, 1982). Les Illes Balears compten amb una espècie endèmica troglòbia, pertanyent al gènere *Eukoenenia*, la qual és, actualment, la de mida més gran que es coneix entre totes les espècies de palpígrads del món (CONDÉ, 1984). Cal destacar que l'endemisme balear *Eukoenenia draco draco* Peyerimhoff, 1906, té com parent més proper a *Eukoenenia orghidani* Condé i Juberthie, 1981, el qual procedeix d'una cova de l'illa de Cuba (MAYORAL i BARRANCO, 2002) (foto 1).

Fins fa relativament poc, només es comptava amb una única cita d'*E. draco draco*, des que PEYERIMHOFF (1906) la va descriure a partir d'un exemplar procedent de les coves del Drac (Mallorca),



Foto 1: *Eukoenenia dracodraco* (foto Mateo Vadell)

Photo 1: *Eukoenenia draco draco* (photo Mateo Vadell)



Foto 2: *Chthonius balearicus* (foto Mateo Vadell)

Photo 2: *Chthonius balearicus* (photo Mateo Vadell)

Posteriorment es va localitzar l'espècie en una altra cavitat del llevant mallorquí (VADELL *et al.*, 2006).

Arachnida (Scorpiones)

Euscorpium balearicum Caporiacco, 1950 és un endemisme Balear de les Gimnèsies i la seva presència a les cavitats és merament accidental. A l'illa de Mallorca ha estat observat a distintes entrades de cavitats de Mallorca (PONS, 1991; PONS i PALMER, 1996; VADELL *et al.*, 2005, 2006) i de cavitats menorquines ha estat citada de l'avenc de s'Aglà (es Mercadal) (BELLÉS *et al.*, 1989).

Arachnida (Pseudoescorpines)

Actualment el coneixement dels pseudoescorpins que es troben a l'interior de les cavitats de les Illes Balears tant de forma permanent com accidental està comprès per un total de setze espècies corresponents a les famílies Chthoniidae amb els subgèneres *Ephippiochthonius* i *Chthonius*, Neobisiidae amb els gèneres *Acanthocreagris*, *Roncus* i *Neobisium*, amb el seu subgènere *Blothrus* i finalment a la família Chernetidae amb el gènere *Allochernes*.

Entre famílies i gèneres esmentats anteriorment, trobem a cinc espècies endèmiques troglòbies de les Balears amb un grau diferent de caràcters troglomorfs més o menys marcats com a *Chthonius balearicus* Mahnert, 1977 (foto 2) que es tracta d'un cavernícola poc especialitzat (ZARAGOZA, 2006) i citat únicament de cavitats de Mallorca (MAHNERT, 1977; GINÉS, 1982; VADELL *et al.*, 2005; ZARAGOZA i VADELL, 2009a), *Chthonius bellesi* Mahnert, 1989 esmentada únicament a l'illa de Menorca (MAHNERT, 1989), *Chthonius ponsi* Mahnert, 1993 un cavernícola escassament adaptat (ZARAGOZA (2006), localitzat a l'arxipèlag de Cabrera (avenc des Frare, Cabrera Gran) (MAHNERT, 1993a; MAHNERT, 1993b; ESTEBAN i SANCHIZ 1997), *Neobisium monasterii* Mahnert, 1977 coneguda únicament de dues cavitats de l'illa de Mallorca, de la cova dels Estudiants (Sóller) i de la cova de sa Campana (Escorca), sent l'espècie que presenta uns caràcters troglomorfs més marcats. És considerat el pseudoescorpí més emblemàtic de les Balears (ZARAGOZA i VADELL, 2008; VADELL i GARCÍA, 2010) i igualment el més amenaçat (foto 3). *Roncus vidali* Lagar, 1972, es localitza a cavitats de la serra de Tramuntana i les Serres de Llevant de l'illa de Mallorca (MAHNERT, 1977; LLOBERA i LLOBERA, 1974; CUP, 1972; JAUME *et al.*, 2001; ZARAGOZA i VADELL, 2009b).

Entre les espècies troglòfiles presents a les Balears es troba *Roncus neotropicus* Redikorzev, 1937 endemisme balear, descrita inicialment d'Eivissa (REDIKORZEV 1937) i també coneguda de Mallorca de cavitats de la serra de tramuntana i del Llevant (ENCINAS, 1974; MAHNERT, 1977; VADELL *et al.*, 2005; ZARAGOZA i VADELL, 2009c) (foto 4).

Chthonius hispanus Beier, 1930 espècie endèmica ibero-balear, cavernícola troglòfila, encara que HARVEY (1991) situa aquesta espècie a les Illes Balears, no s'ha pogut retrobar (ZARAGOZA, 2006).

Chthonius ischnocheles ischnocheles (Hermann, 1804), espècie troglòxena adaptada a les entrades de les coves, amb una distribució àmplia holàrtica (ZARAGOZA, 2006). A les Balears ha estat esmentada a les cavitats mallorquines del Llevant, Migjorn i serra de Tramuntana (MAHNERT, 1977; GINÉS, 1982; VADELL i ZARAGOZA, 2005; VADELL *et al.*, 2006; ZARAGOZA i VADELL 2009). De les cavitats menorquines ha estat citada a la cova den Curt (Ferrerries), avenc de s'Aglà, cova Polida (es Mercadal) i Cova de ses Figueres (Sant Lluís) (BELLÉS *et al.*, 1989).

Chthonius tetrachelatus (Preysslner, 1790) és una espècie cavernícola accidental, amb una àmplia distribució mundial, localitzada a les Balears en la cavitat menorquina de la cova des ses Figueres (Sant Lluís).

Chthonius dacnodes Navás, 1918 és una espècie troglòxena de les zones d'entrada a les cavitats, a les Balears ha estat citada en cavitats mallorquines de les Serres de Llevant (ORGHIDAN *et al.*, 1975).

Chthonius gibbus Beier, 1952 espècie esmentada a Algèria, Balears, Sardenya, Còrsega, Espanya, França, Itàlia, Malta, Marroc, Sicília, Tunísia. A les Balears ha estat citada en cavitats de l'arxipèlag de Cabrera (Cabrera Gran) i de cavitats del Migjorn de Mallorca (ZARAGOZA, 2006).

Acanthocreagris balearica (Beier, 1961) és un endemisme balear endogeu, que es pot localitzar de vegades a les entrades de les coves, localitzat únicament a l'illa de Menorca a l'avenc de s'Aglà i la cova Polida (es Mercadal) (BELLÉS *et al.*, 1989).

Roncus cf. caralitanus Gardini, 1981 espècie localitzada a les Balears, Sardenya i Sicília, l'única cita que correspon a una cavitat de les Balears correspon a una cova del Llevant mallorquí (BAQUERO *et al.*, 2007).

Roncus lubricus L. Koch, 1873 espècie cavernícola accidental amb una àmplia distribució, localitzada a l'illa de Mallorca a la serra de Tramuntana.

Roncus pugnx (Navàs, 1918) localitzada a les Balears, Espanya i Còrsega, és una espècie cavernícola



Foto 5: *Scotolemon balearicus* (foto Mateo Vadell)

Photo 5: *Scotolemon balearicus* (photo Mateo Vadell)



Foto 3: *Neobisium monasterii* (foto Mateo Vadell)

Photo 3: *Neobisium monasterii* (photo Mateo Vadell)



Foto 4: *Roncus neotropicus* (foto Mateo Vadell)

Photo 4: *Roncus neotropicus* (photo Mateo Vadell)

accidental; les cites en cavitats de les illes corresponen al Llevant de Mallorca (ORGHIDAN *et al.*, 1975).

Allochernes powelli (Kew, 1916) és una espècie amb una distribució europea, que es pot localitzar als voltants i entrades de les coves (ZARAGOZA, 2006), citada a les Balears de la localitat menorquina de cova Murada (Ciutadella).

Arachnida (Opiliones)

Dels cinc opilions recol·lectats a les cavitats (*Scotolemon krausi*, *Scotolemon balearicus*, *Phalangium clavipus*, *Dicranolasma soerenseni* i *Trogulus balearicus*) quatre són endèmics. El més especialitzat i genuïnament troglòbi és *Scotolemon balearicus* Rambla 1977 (foto 5). Aquest és un endemisme exclusiu de Mallorca conegut de la cova de Can Sion (Pollença) especialment en les sales d'entrada, cova de Can Punxa (Pollença), cova de



Foto 6: *Trogulus balearicus* (foto Mateo Vadell)

Photo 6: *Trogulus balearicus* (photo Mateo Vadell)



Foto 7: *Trichoniscus dragani* (foto Mateo Vadell)

Photo 7: *Trichoniscus dragani* (photo Mateo Vadell)

Cornavaques (Pollença), cova del Vilar (Pollença) i possiblement de la cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) -no retrobat per nosaltres-, encara que podria esser la cova de la Base (Pollença) (RAMBLA, 1977; PONS i PALMER, 1996).

Scotolemon krausi Rambla, 1972 és una espècie coneguda de Mallorca, d'Eivissa (inclosos alguns illots com ses Margalides, es Vedrà i es Vedranell) i de Cabrera (RAMBLA, 1972; PONS i RAMBLA, 1993), que colonitza zones ombrívols, pinars, balnes, i ambients endogeu. D'apèndix molt més curts que *S. balearicus*, i més lligat a zones lapidícoles ombrívols. A més d'esser conegut d'unes poques localitats de l'exterior ha estat localitzat a l'entrada de la cova des Cap Ventós (Cabrera).

Phalangium clavipes Roewer 1911 és una espècie troglòxena, citada a la llista de cavernícoles (ICHN, 1976) sense indicar localitat precisa (GINES, 1982). Espècie endèmica de Mallorca, recol·lectada a Palma (Establiments), Coll d'en Rabassa i Valldemossa (RAMBLA, 1972).

Trogulus balearicus Schönhofer i Martens 2008 és un endemisme edàfic, que es mimetitzava sota les roques recol·lectat de distintes cavitats (coves del Pirata, cova des Pont, cova de sa Piqueta i la cova des Xots de Manacor) i de l'exterior de Mallorca, Eivissa i Cabrera (PONS, 2010; VADELL, 2010) (foto 6).

El darrer opilió *Dicranolasma soerenseni* Thorell, 1876, és troglòxè no endèmic i només ha estat trobat a una cova de Menorca (cova de ses Bruixes, Alaior) (RAMBLA, 1983).

Isopoda (Oniscidea)

Spelaeoniscus coiffaiti Vandel, 1961 és una espècie endèmica de Menorca i de costums endogeu amb els ulls representats per una taca arrodonida, pigmentada de bru. Recol·lectada de Sant Lluís, Sant Cristòfol (es Migjorn Gran), Maó (Sant Antoni) i carretera de Maó a Fornells (VANDEL, 1961).

RACOVITZA (1907) descriu *Agabiformius manacori* sota la denominació genèrica de *Porcellio*. CRUZ (1990) ho assigna al gènere *Agabiformius*. Té una longitud de 7 mm, per una amplada de 4 mm. De cos elíptic, allargat i poc convex. Plaques dorsals dures i resistents cobertes de petites escates triangulars. Coloració translúcida. Segons GARCIA i CRUZ (1996), és una espècie endèmica de Mallorca, però de característiques troglòfiles, citada exclusivament de les coves del Drac (Manacor).

VANDEL (1961) examinà una femella d'*Armadillidium* de la cova des Caramells (Ciutadella) i la va identificar erròniament incloent-la dintre de l'espècie *A. serratum*, grup al qual pertany. Presenta tot el cos recobert de granulacions hipertròfiques. Tenen forma de pseudoesfera i compten amb la zona cefàlica del tipus duplocarenat. La despigmentació parcial i la reducció dels ocells suggereixen tendències troglòfiles. *Armadillidium serrai* Cruz i Dalens 1990 és una espècie endèmica de Menorca coneguda de la cova des Caramells (Ciutadella), cova de ses Figueres (Sant Lluís) (CRUZ, 1989; CRUZ i DALENS, 1990). Tots els exemplars capturats, fins aleshores, han estat trobats a coves, encara que no compta amb les característiques pròpies dels troglòbids, considerant-se troglòfila.

Armadillidium strinatii Vandel 1961 és un endemisme menorquí de característiques troglòfiles del qual CRUZ (1989) dona la segona cita, després de la seva descripció. Coneguda de l'avenc de s'Albufereta (es Mercadal) i l'avenc de s'Aglà (es Mercadal).

Ballodillium pilosum Vandel 1961 és una espècie descrita inicialment de Menorca sobre un únic exemplar mascle. Els exemplars de Cabrera s'ajusten a la descripció del tipus, emperò els pèls característics que donen nom a l'espècie són molt més curts que els considerats pel seu descriptor (GARCIA i CRUZ, 1993). Espècie descrita de la cova de Sant Agustí (es Mercadal). Gènere (etimològicament referit al nom grec de les Balears) i espècie endèmica de les Gimnèsies, recol·lectat tant a l'exterior com a distintes coves de Mallorca, Menorca i Cabrera (VANDEL, 1961; CRUZ; 1989; GARCIA i CRUZ, 1993; PONS i PALMER, 1996).

Balearonethes sesrodesanus Dalens, 1977 és la forma més primitiva dels triconiscids coneguts fins a les hores. Espècie d'afinitats incertes (DALENS, 1977). És

un gènere endèmic de Mallorca conegut exclusivament de la cova de les Rodes (Pollença) i de la cova de Can Sivella (Pollença). És una espècie cavernícola, veritable troglòbi, isòpode de vida amfíbia, recol·lectat sota pedres en contacte amb l'aigua (PONS i PALMER, 1996; CRUZ i GARCIA, 1996).

Haplophthalmus chisterai Cruz i Dalens, 1989 és un endemisme de Mallorca conegut exclusivament de la cova de sa Sínia (Manacor) (CRUZ i DALENS, 1989). Espècie troglòbia, amb aparell ocular absent.

Trichoniscus dragani Tabacaru 1974 és un endemisme troglòbi doncs pot considerar-se com a cavernícola estricta, amb absència d'aparell ocular, coloració blanca, tegument llis amb sedes-escates i telson trapezoidal són algunes de les seves característiques (foto 7). És un endemisme de Mallorca citat de la cova de Can Sion (Pollença), cova de les Rodes (Pollença), cova dels Estudiants (Sóller), cova de sa Cometa des Morts (Escorca) a més a més ha estat recol·lectat de la cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) i de l'avenc de Travesets (Artà). Dades sobre la seva corologia són donades a TABACARU (1974), GINÉS (1982), BELLÉS (1987), CRUZ (1991) i PONS i PALMER (1996).

Chaetophiloscia cellaria cellaria (Dollfus, 1884) és una espècie troglòfila originària de la conca mediterrània, molt comú a França, però rara en la Península Ibèrica (BELLÉS, 1987), ha estat citada a les Balears a cavitats de Menorca i Mallorca (CRUZ, 1989; GARCIA 2002; VADELL 2003; VADELL i ZARAGOZA, 2005).

Trichorhina bonadonai Vandel, 1953 és un organisme endogeu i halòfil localitzat al sud-oest de França, posteriorment ha estat citat a cavitats de Menorca i Mallorca (VANDEL, 1962; CRUZ, 1989; VADELL i ZARAGOZA, 2005).

Stenoniscus carinatus Silvestri, 1897, espècie halòfila carent de pigmentació i aparell ocular, ha estat citada a Portugal i Sicília, a les nostres illes es va citar per primera vegada a Mallorca a la cova des Coll (Felanitx) (VADELL i ZARAGOZA, 2005).

Myriapoda (Diplopoda)

Les dades que es tenen d'aquestes espècies a les cavitats de les Balears corresponen a tres ordres diferents: Julidae amb les famílies Nemasomatidae, Julidae i Blaniulidae, a l'ordre Polydesmida amb la família Polydesmidae i finalment a l'ordre Polyxenida amb la família Lophoproctidae.

De l'ordre Julidae han estat citats: *Thalassiosobates littoralis* (Silvestri 1903) i *Ophiulus targionii* Silvestri 1898, ambdues de cavitats de l'illa de Menorca (DEMANGE, 1961), i finalment la subespècie endèmica *Orphanoiulus religiosus majoricensis* Mauriès i Vicente, 1976 (MAURIÈS i VICENTE, 1976; GOURBAULT i LESCHER-MOUTOUÉ, 1979) localitzada a cavitats mallorquines. ENGHOFF i KIME (2009) consideren *O. religiosus majoricensis* com a sinonímia d'*Orphanoiulus religiosus* (Silvestri, 1903) i que aquesta es distribueix per la Itàlia continental i illes Balears.

Les cites corresponents a *Blaniulus guttulatus* (Bosc, 1792) corresponen únicament a cavitats menorquines (BELLÉS *et al.*, 1989).

Dins de l'ordre Polydesmida podem trobar amb algunes espècies amb tendències troglòfiles més o menys accentuades, com en el cas de *Propolydesmus dismilus* (Berlese, 1891). Les cites que tenim d'aquesta espècie en cavitats de les Balears únicament corresponen a la de l'illa de Mallorca (VICENTE, 1976). *Polydesmus coriaceus* (Porath, 1870) és una espècie molt freqüent en cavitats del Nord de la península Ibèrica, particularment a les coves catalanes (BELLÉS, 1987), encara que també se li pot observar en el medi hipogeu com per exemple sota pedres en zones humides; les cites d'aquesta espècie a les Balears també corresponen únicament a l'illa de Mallorca (MAURIÈS i VICENTE, 1976).

Les cites que tenim del gènere *Brachydesmus* a les Balears corresponen únicament a l'illa de Menorca amb *B. superus* (Latzel, 1844), que se l'observa amb certa freqüència en les cavitats i a *B. proximus* Latzel, 1889 (DEMANGE, 1961; BELLÉS *et al.*, 1989).

Dins de l'ordre Polyxenida ens trobem a les illes Balears amb l'espècie endèmica i troglòbia de *Lophoproctus pagesi* Conde, 1981 la qual únicament està representada a les cavitats de Mallorca, a la serra de na Burguesa i del Migjorn mallorquí (CONDÉ, 1981; NGUYEN, 1993; VADELL *et al.*, 2007) (foto 8).

A part de les espècies i gèneres esmentades amb anterioritat, també s'han citat exemplars que no es van arribar a determinar, principalment perquè eren immadurs, com ara *Leptoilulus* sp., (BELLÉS *et al.*, 1989), *Blaniulus* sp. i Júliids (DEMANGE, 1961), localitzats tots ells en cavitats menorquines.

En cavitats de la serra de Tramuntana, del Llevant i Migjorn de Mallorca, també hi ha cites de Polydesmidae sense precisar l'espècie (ORGHIDAN *et al.*, 1975; MAURI i VICENTE, 1976; GOURBAULT i LESCHER-MOUTOUÉ, 1979; VADELL i ZARAGOZA, 2005; VADELL *et al.*, 2006).

Finalment, DEMANGE (1961) cita Glomeridae en la cova des Caramells (Ciutadella, Menorca), però sense especificar ni gènere ni espècie.



Foto 8: *Lophoproctus pagesi* (foto Mateo Vadell)

Photo 8: *Lophoproctus pagesi* (photo Mateo Vadell)

Myriapoda (Chilopoda)

Algunes de les espècies que ens podem trobar actualment a les cavitats de les illes Balears són elements troglòxens, que de vegades solen colonitzar la zona vestibular, i fins i tot, com en el cas de *Scutigera coleoptrata* (Linnaeus, 1758), se pot trobar molt més cap a l'interior de les cavitats (VADELL, 2003, 2010; VADELL i ZARAGOZA, 2005; VADELL *et al.*, 2006). Altres espècies que aprofiten les condicions microclimàtiques de les entrades de les cavitats, o igualment han accedit de forma accidental a alguna de les sales, són els geofilomorfs com: *Stigmatogaster gracilis* (Meinert, 1870) (NEGREA i MATIC 1973), *Stigmatogaster arcisherculis* Brölemann, 1904 (VADELL i PONS, 2009), *Dignathodon microcephalum* Lucas, 1846 (VADELL *et al.*, 2005), *Eurygeophilus multistiliger* (Verhoeff, 1899) (VADELL i PONS, 2008), *Geophilus insculptus* Attems, 1895 (BA-



Foto 9: *Lithobius piceus tabacarui* (foto Mateo Vadell)

Photo 9: *Lithobius piceus tabacarui* (photo Mateo Vadell)



Foto 10: *Lithobius vivesi* (foto Mateo Vadell)

Photo 10: *Lithobius vivesi* (photo Mateo Vadell)

QUERO *et al.*, 2007), *Henia vesuviana* (Newport, 1844) (NEGREA i MATIC 1973) observats en algunes cavitats de Mallorca. *Schendyla nemorensis* (CL Koch, 1837) ha estat localitzada a l'illa de Menorca (DEMANGE, 1961).

Altres elements accidentals que podem observar en les cavitats de les Illes Balears són els Scolopendromorpha de la família Cryptopidae, havent-se localitzat *Cryptops hispanus* Brolemann, 1920 en cavitats de l'illa de Formentera (VADELL i MARTINEZ, 2010).

Dels Lithobiomorpha pertanyents al gènere *Lithobius* es coneixen actualment a l'arxipèlag Balear, tres espècies i una subespècie amb tendències troglòfiles, i una espècie troglòbia; també s'han citat espècies troglòxenes, que aprofiten les condicions que hi ha a les entrades de les nostres cavitats.

El primer cas correspon a *Lithobius fagei* Demange, 1961, endemisme balear de les Gimnèsies, observat tant en el medi cavernícola com en algunes estacions exteriors de Mallorca i Menorca (DEMANGE, 1961; BELLÉS *et al.*, 1989; EASON, 1975; SERRA, 1983; VADELL *et al.*, 2006; VADELL inèdit; BAQUERO *et al.*, 2007).

Lithobius dieuzeidei Brölemann, 1931, element troglòfil citat de Mallorca per NEGREA i MATIC, 1973, no citat amb posterioritat de les Balears.

Lithobius (Sigibius) georgescui Negrea i Matic, 1973 endemisme balear, localitzat a Mallorca i que possiblement es tracti d'un element troglòxè o troglòfil (NEGREA i MATIC 1973).

Lithobius piceus tabacarui Negrea i Matic, 1973 subespècie troglòfila i endemisme Balear de les Gimnèsies (DEMANGE, 1961; NEGREA i MATIC, 1973; SERRA, 1980; SERRA, 1983; VADELL, 2007; VADELL *et al.*, 2005, 2006; BAQUERO *et al.*, 2007), sent aquesta comú d'observar tant en el medi superficial com en el cavernícola (foto 9).

L'única espècie troglòbia que compta l'arxipèlag balear correspon a l'endemisme *Lithobius vivesi* Serra, 1983 citat de Mallorca, dins cavitats de la serra de na Burguesa, així com d'altres zones del Nord i Nordest de la serra de Tramuntana (SERRA, 1983; VADELL *et al.*, 2005; VADELL, 2007) (foto 10).

Altres espècies del gènere *Lithobius*, que no presenten cap adaptació al medi i que són merament accidentals com *Lithobius aeruginosus* L. Koch, 1862 (NEGREA i MATIC 1973) i *Lithobius (Sigibius) microps* Meinert, 1868 ambdós citats a Mallorca.

Lithobius inermis L. Koch, 1856, *Lithobius piceus* L. Koch, 1862 i *Lithobius forficatus* (Linnaeus, 1758), (DEMANGE, 1961; EASON, 1975; BELLÉS *et al.*, 1989) són citats de cavitats menorquines. *Lithobius (S) microps oligospinus* (Demange, 1961) és una subespècie endèmica menorquina (DEMANGE, 1961; SERRA, 1983).

Myriapoda (Symphyla i Pauropoda)

Els Símfils i Pauròpodes localitzats en les cavitats de les Balears, són espècies edàfiques i merament accidentals, que aprofiten les condicions que es troben al vestíbul o a l'interior d'algunes de les grutes. S'ha citat *Scutigera immaculata* Newport, 1844 i *Stylopaupopus pedunculatus* (Lubbock, 1867) a cavitats del Llevant mallorquí (BRÖLEMANN, 1910; BAQUERO *et al.*, 2007).

Entognatha (Collembola)

A l'actualitat les dades sobre la composició i distribució dels col·lèmbols localitzats en les cavitats de les Balears, corresponen a les cites de GAMMA (1984; 1985), BELLÉS *et al.* (1989), VADELL (2003), VADELL *et al.* (2005, 2006, 2007), JORDANA *et al.* (2005), BAQUERO *et al.* (2007) i VADELL i GARCÍA (2010); aportant el coneixement d'espècies troglòbies com *Oncopodura delhezi* Stomp, 1974 de les serres de Llevant (Mallorca) i *Oncopodura tricuspadata* Cassagnau, 1964 de la serra de Tramuntana (Mallorca).

A les Illes Balears ens trobam amb espècies endèmiques i troglòbies localitzades en una única cavitat, com passa amb *Oncopodura gledensis* Baquero, Vadedell i Jordana, 2007 de la cova de sa Gleda (Manacor, Mallorca) (BAQUERO *et al.*, 2007), *Pseudosinella subcentralis* Gamma, 1985 de la cova dets Estudiants (Sóller, Mallorca) (GAMMA, 1985) (foto 11) i *Entombrya vadelli* Jordana i Baquero, 2005 de les coves del Pilar (Palma, Mallorca) (JORDANA *et al.*, 2005; VADELL *et al.*, 2005).

També es troben elements troglòfils com *Heteromurus nitidus* (Templenton, 1835), espècie amb una distribució europea i recollida a les Balears en diferents cavitats mallorquines i menorquines, *Parisotoma notabilis* (Schaeffer, 1896), espècie cosmopolita trobada sovint en coves, així com *Isotomurus palustris* (Müller, 1776) esmentada de cavitats del Llevant mallorquí (BAQUERO *et al.*, 2007) i que està molt estesa per Europa. Una altra espècie molt comuna i amb una distribució cosmopolita és *Folsomia candida* Willen, 1902 localitzada en cavitats menorquines (BELLÉS *et al.*, 1989) i *Sinella tenebricosa* Folsom, 1902 esmentada d'una cavitat del Migjorn mallorquí (VADELL *et al.*, 2007) i de cavitats menorquines (BELLÉS *et al.*, 1989). També han estat recol·lectades: *Neelus murinus* Folsom, 1896 espècie holàrtica relativament comuna, esmentada a les Balears de cavitats de la serra de Tramuntana i del Migjorn mallorquí (VADELL i JORDANA, 2005; VADELL *et al.*, 2007) i de cavitats de l'illa de Menorca (BELLÉS *et al.*, 1989), *Mesogastrura ojcoviensis* (Stach, 1918) espècie europea i freqüent en cavitats de la Península Ibèrica sent localitzada en cavitats menorquines (BELLÉS *et al.*, 1989). Es troben així mateix a *Disparrrhopalites patrizii* (Cassagnau i Delamare-Debouteville, 1953) espècie troglòfila amb una distribució comuna a la Mediterrània i també citada de Madeira i d'Anglaterra; de les illes Balears ha estat esmentada d'alguna cavitat menorquina (BELLÉS *et al.*, 1989), i altres del Pla de Mallorca i del Llevant mallorquí (VADELL i JORDANA, 2005; VADELL *et al.*, 2006; BAQUERO *et al.*, 2007).

Arrhopalites pygmaeus (Wankel, 1860) és una espècie abundant a Europa i sobretot en cavitats de la Península Ibèrica, esmentada a les Balears de cavitats del Llevant de Mallorca (VADELL *et al.*, 2006).

Altres espècies que podem trobar a les cavitats de les Balears, tant de forma accidental com aprofitant les circumstàncies d'aquest mitjà i que les podríem considerar de certa manera com troglòxenes són: *Mesaphorura critica* Ellis, 1976 esmentada al Llevant mallorquí (BAQUERO *et al.*, 2007); *Orchesella cf. villosa* (Geoffroy, 1764) freqüent en cavitats europees i citada



Foto 11: *Pseudosinella subcentralis* (foto Mateo Vadedell)

Photo 11: *Pseudosinella subcentralis* (photo Mateo Vadedell)

a Menorca per BELLÉS *et al.* (1989); *Megalothorax minimus* Willem, 1900 del Llevant mallorquí (BAQUERO *et al.*, 2007) que és una espècie comuna cosmopolita i estesa dins el sòl i entre la fullaraca, trobant-se també a coves; *Ceratophysella gibbosa* (Bagnall, 1940) citada amb freqüència a cavitats i localitzada a les regions Paleàrtica, Neàrtica i Australiana, havent estat citada a Mallorca d'una cavitat Llevant mallorquí (VADELL *et al.*, 2006); i *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1841) esmentada d'una cavitat de la serra de na Burguesa (Mallorca) (VADELL, 2003).

Així mateix en cavitats menorquines s'han citat a *Dicyrtomina minuta* (O. Fabricius 1783), *Lepidocyrtus curvicolis* Bourlet 1839 i *Capraïnea echinata* (Stach 1930) (BELLÉS *et al.*, 1989).

Entognatha (Diplura)

Els diplurs que podem localitzar en les cavitats de les Illes Balears pertanyen a les famílies Campodeidae i Japygidae. Entre els primers podem trobar a *Campodea majorica* Condé 1955, espècie troglòbia de la Mediterrània occidental, de la qual es coneixen dues subespècies a l'illa de Mallorca, *Campodea majorica majorica* Condé, 1955 esmentada en cavitats de la serra de Tramuntana (CONDÉ, 1955; SENDRA, 1985) i la subespècie *Campodea majorica interjecta* Condé 1955, coneguda únicament de la cova dets Estudiants (Sóller), (SENDRA, 1985) i les coves del Pilar (Palma) (VADELL *et al.*, 2005).

Campodea zuluetai Silvestri, 1932 és una espècie troglòfila, distribuïda a ambdues vessants dels Pirineus centrals i orientals (SILVESTRI, 1932; CONDÉ, 1951; CONDE i MATHIEU, 1957), que s'estén al llarg de la serralada Costanera Catalana, arribant fins a la serra d'Espadà, a Castelló (SENDRA, 1989). Fora de la Península Ibèrica ha estat citada a diverses localitats de l'illa de Sardenya (BARETH, 1980). Les cites d'aquesta espècie a les Balears, procedeixen únicament de dues cavitats de Menorca situades al municipi de Ciutadella (com. pers. Sendra).



Foto 12: *Plusiocampa fagei* (foto Mateo Vadell)

Photo 12: *Plusiocampa fagei* (photo Mateo Vadell)



Foto 13: *Reicheia balearica* (foto Mateo Vadell)

Photo 13: *Reicheia balearica* (photo Mateo Vadell)

Campodea subdives Silvestri, 1932, espècie coneguda de les illes de l'Egeu (Silvestri, 1932b), d'Algèria (CONDÉ, 1948) i d'Espanya (CONDÉ, 1954). Les dues úniques cites espanyoles corresponen a l'illa de Mallorca, una d'elles localitzada a l'exterior i l'altra pertanyent a la cova des Pas de Vallgornera (VADELL *et al.*, 2007).

Campodea catalana Denis, 1930, és una espècie edàfica que es pot trobar de vegades en les entrades de les cavitats; és abundant en tota l'àrea mediterrània de la Península Ibèrica i el sud-est francès, incloent l'illa de Mallorca, en què ha estat esmentada en cavitats de la serra de Tramuntana i del Llevant mallorquí (SENDRA, 1989; VADELL *et al.*, 2006; BAQUERO *et al.*, 2007).

Plusiocampa fagei Condé 1955 és un endemisme balear i troglòbi localitzat únicament a cavitats de la ser-

ra de Tramuntana, Migjorn i Llevant mallorquí (CONDÉ, 1955; GRÀCIA *et al.*, 2003; VADELL *et al.*, 2006; BAQUERO *et al.*, 2007) (foto 12).

Plusiocampa breuili Condé 1955 és una espècie troglòbia i endèmica balear, localitzada únicament en cavitats de les Pitiüses, (CONDÉ, 1954; PONS i PALMER, 1996; SENDRA, 1988; VADELL, inèdit).

Sobre els Japygidae esmentats en cavitats balears, trobem *Japyx simplex* (Verhoeff 1923) espècie endogea esmentada en cavitats de les Pitiüses (PAGÈS, 1950), *Homojapyx espanoli* Pagès, 1950 espècie endèmica endogea esmentada de les Coves de Campanet (PAGÈS, 1950) i la Cova dels Estudiants (Sóller) (PONS i PALMER, 1996).

Insecta (Psocoptera)

Actualment el coneixement sobre la composició de les espècies de psocòpters a les Illes Balears és escàs. Fins fa relativament poc, encara que s'havien capturat exemplars d'aquesta classe en les nostres cavitats, es desconeixia a quin gènere i espècie pertanyien (GINÉS, 1980; BELLÉS *et al.*, 1976, 1989).

A partir del 2003 es comença a realitzar un estudi sistemàtic de la composició faunística de les cavitats de la serra de na Burguesa (Mallorca), el qual ha aportat una primera cita per les cavitats de les Illes Balears de *Psyllipsocus ramburii* Sélys-Longchamps, 1872 (VADELL, 2003). Posteriorment s'ha trobat aquesta espècie en altres cavitats de l'illa de Mallorca (VADELL *et al.*, 2005, 2006; VADELL i ZARAGOZA, 2005) i a cavitats d'Eivissa, Formentera i l'Arxipèlag de Cabrera (VADELL, inèdit).

BELLÉS *et al.* (1989) citen exemplars capturats de psocòpters de diverses cavitats menorquines, que no es van arribar a classificar (com. pers. Bellés), sent aquests molt possiblement exemplars pertanyents a *Psyllipsocus ramburii*. Es tracta d'una espècie troglòfila que es pot observar amb freqüència en cavitats, relativament seques, sobre les colades i matèria orgànica, com fusta podrida, guano i excrements d'algun rosegador. També se li pot trobar en els soterranis, en cases i construccions abandonades.

Recentment, quan s'estava realitzant aquest treball, es varen recollir mostres procedents d'un parell de cavitats de la serra de na Burguesa (VADELL, inèdit) les quals varen proporcionar una primera cita per a les Balears de l'espècie *Marcenendius nostras* Navás, 1913. És un endemisme Ibèric-Balear que es troba al sud-est Peninsular i a una localitat de Tarragona (LIENHARD i BAZ, 2011), les cites de Mallorca són les úniques en que s'ha localitzat aquesta espècie dins de coves.

Insecta (Homoptera, Fulgoroidea)

El coneixement sobre els Ciixidae trobats a les cavitats de les Illes Balears, és pràcticament nul. Les dades que disposem són les que RACOVITZA (1907) cita de les coves del Drac a l'illa de Mallorca sobre la captura de diversos exemplars del gènere *Cixius*, tant larves com adults, als quals, segons la seva opinió, considera com

a veritables troglobis per presentar una decoloració molt acusada, posseir els ulls vermells i haver-se recollit molt lluny de l'entrada de la cavitat. Desafortunadament no es tenen més dades i sembla ser que aquesta espècie mai va ser descrita.

Quasi un segle més tard es localitzen exemplars de la família Cixiidae a altres cavitats de l'illa de Mallorca: com a la cova des Coll (Felanitx) (VADELL i ZARAGOZA, 2005), les coves del Pirata (Manacor) (VADELL *et al.*, 2006) i la cova del Pas de Vallgornera (Llucmajor) (VADELL *et al.*, 2007). Els exemplars estan en procés d'estudi i s'exposaran els resultats en futurs treballs, excepte els exemplars de la cova des Coll que ja s'han determinat i que corresponen a l'espècie de *Cixius* (*Ceratoxicius*) *pallipes* Fieber, 1876 sent una primera cita per a Espanya (VADELL i HOCH, 2009). Recentment, s'ha tornat a localitzar la mateixa espècie en la cova Novella de na Llebrona (Portocristo, Manacor) (VADELL i HOCH, 2011).

Insecta (Coleoptera)

Els coleòpters són el grup faunístic més biodivers del planeta i a les Balears també ho és amb més de 2000 espècies. Hi ha endemismes trobats a cavitats que no tenen cap mena d'especialització, com els Tenebrionidae que s'inclouen a la Taula 1 però que no han estat tractats en aquest apartat. Les espècies genuïnament cavernícoles no superen la mitja dotzena, totes elles endèmiques, encara que n'hi ha d'altres de característiques endogees que també val la pena esmentar.

Una de les espècies més rara és *Reicheia balearica* Español 1974, coneguda exclusivament de la cova dels Estudiants (Sóller) (ESPAÑOL, 1974) (foto 13). És una espècie troglòbia, totalment anoftalma. Sembla un organisme endogeu, però compta amb adaptacions morfològiques per a la vida cavernícola.

Duvalius balearicus Henrot 1964 és una espècie endèmica de Mallorca, troglòbia genuïna, distribuïda per part de la serra de Tramuntana. Coneguda de la cova de Menut (Escorca), cova dels Alixandres (Escorca), cova de Binifaldó (Escorca), cova de sa Cometa des Morts (Escorca) i cova de ses Meravelles (Bunyola) (HENROT, 1964; DAMIANS, 1980). És un element troglòbi, anoftalm que viu preferentment entre pedres i sediments del sòl a les cavitats càrstiques (foto 14).

Duvalius ferrerresi Lagar 1975 espècie troglòbia d'apèndix molt allargats, àptera i anoftalma, relacionada amb *Duvalius iblis*, espècie troglòbia del massís del Djurdjura (Algèria). És una espècie d'alt interès biogeogràfic, doncs podria tractar-se d'una prova més de la presència a Mallorca d'elements pontians (LAGAR, 1975). És una espècie endèmica de Mallorca coneguda de la cova de sa Campana (Escorca), es Bufador de Solleric (Alaró), cova de Muntanya (Escorca), cova Mala (Escorca), avenc de sa Miranda (Escorca), cova des Torrent de Cúber (Escorca), avenc de s'Aigo (Escorca), cova de Can Sion (Pollença), cova de Cornavaques (Pollença) i l'avenc de la Malé d'Ariant (Pollença).

Henrotius jordai Reitter 1914 fou descrit inicialment sota la denominació genèrica de *Tapinopterus* (*Hypogebium*) *jordai* (foto 15). Gènere d'origen tirrènic, originari



Foto 14: *Duvalius balearicus* (foto Mateo Vadell)

Photo 14: *Duvalius balearicus* (photo Mateo Vadell)



Foto 15: *Henrotius jordai* (foto Mateo Vadell)

Photo 15: *Henrotius jordai* (photo Mateo Vadell)

de les migracions de fauna hagudes durant el Pontjà. *Henrotius henroti* és sinònima d'*H. jordai* ja que hi ha tota una variació clinal geogràfica entre les dues formes (BELLÉS, 1976a). Endemisme troglòbi de Mallorca conegut de l'avenc de Son Pou (Santa Maria), es Bufador Solleric (Alaró), cova de ses Meravelles (Bunyola), avenc des Macar (Bunyola), avenc des Picarol Gros (Selva), coves de Campanet (Campanet), cova des Torrent de Cúber (Escorca), cova de sa Campana (Escorca), cova de Can Sivella (Pollença), enclotxa a les calcàries de Montesion (Pollença), cova de Can Sion (Pollença), cova de Cornavaques (Pollença), Cova de Cal Pessó (Pollença), Cova de les Rodes (Pollença), Cova de Llenaire (Pollença), avenc de la Malé d'Ariant (Pollença), cova Argentera (Pollença), avenc del Far (Pollença) i cova de la Carretera (Alcúdia). La distribució geogràfica de l'espècie s'estén per la meitat nord de les serra de Tramuntana. L'estació més meridional coneguda està situada a l'avenc de Son Pou (Santa Maria). També ha estat capturada en el Medi Subterrani Superficial (MSS) (J. Damians, dades inèdites).

OLIGOCHAETA	<i>Spermophora elevata</i>	DIPLOPODA	DIPTERA
<i>Allolobophora caliginosa</i>	<i>Spermophora senoculata</i>	Lophoproctus pagesi	<i>Rhymosia dziedickii</i>
<i>Allolobophora georgii</i>	<i>Spermophorides valentiana</i>	<i>Propolydesmus dismilus</i>	<i>Medetera roghii</i>
<i>Dendrobaena byblica</i>	<i>Holocnemus pluchei</i>	<i>Polydesmus coriaceus</i>	<i>Aphiochaeta rufipes</i>
<i>Dendrobaena cognatii</i>	<i>Coscinida tibialis</i>	Orphanoiulus religiosus majoricensis	cf. <i>Hypocera flavimana</i>
<i>Dendrobaena rubida</i>	<i>Crustulina sticta</i>	<i>Brachydesmus superus</i>	<i>Limonia nubeculosa</i>
<i>Eiseniella tetraedra</i>	<i>Pholcomma gibbum</i>	<i>Brachydesmus proximus</i>	<i>Leptocera caenosa</i>
	<i>Steatoda grossa</i>	<i>Thalassiosobates littoralis</i>	<i>Mosillus subsultans</i>
MOLLUSCA	<i>Steatoda paykulliana</i>	<i>Blaniulus guttulatus</i>	<i>Penicillidia dufouri</i>
<i>Pisidium casertanum</i>	<i>Steatoda triangulosa</i>	<i>Ophiulus targionii</i>	<i>Nycteribia schmidli</i>
<i>Pisidium personatum</i>	Theonoe major		<i>Nycteribia vexata</i>
Belgrandiella edmundi	<i>Theridion pallens</i>	CHILOPODA	<i>Psychoda</i> sp.
Tudorella ferruginea	<i>Centromerus sylvaticus</i>	<i>Lithobius forficatus</i>	
<i>Lauria cylindracea</i>	Lepthyphantes balearicus	Lithobius fagei	HYMENOPTERA
Rupestrella moraguesi	<i>Lepthyphantes stygius</i>	<i>Lithobius inermis</i>	<i>Ponera coarctata</i>
Oxychilus lentiformis	<i>Lepthyphantes tenuis</i>	<i>Lithobius microps</i>	<i>Crematogaster scutellaris</i>
Oxychilus pytiusanus	<i>Lepthyphantes aff. obscurus.</i>	Lithobius microps oligospinus	
Vitrea gasulli	<i>Lessertia denticchelis</i>	<i>Lithobius dieuzeidei</i>	COLEOPTERA
<i>Sphincterochila candidissima</i>	<i>Microneta viaria</i>	<i>Lithobius piceus</i>	Elaphocera capdebouii
<i>Ferussacia folliculus</i>	<i>Eidmannella pallida</i>	Lithobius piceus tabacauri	<i>Aglenus brunneus</i>
<i>Cernuella virgata</i>	<i>Meta bourneti</i>	<i>Lithobius aeruginosus</i>	<i>Anommatus duodecimstriatus</i>
Xerocrassa frater	<i>Metellina merianae</i>	Lithobius georgescui	Reicheia balearica
Xerocrassa claudinae	<i>Metellina segmentata</i>	Lithobius vivesi	<i>Porotachys bisulcatus</i>
Xerocrassa nyeli	<i>Araneus angulatus</i>	<i>Stimatogaster gracilis</i>	Duvalius balearicus
Xerocrassa caroli	<i>Mangora acalypha</i>	<i>Stigmatogaster arcisherculis</i>	Duvalius ferresesi
Xerocrassa ebusitana	<i>Neoscona dalmatica</i>	<i>Schendyla nemorensis</i>	Henrotius jordai
Iberellus balearicus	<i>Zilla diodia</i>	<i>Henia vesuviana</i>	<i>Laemostenus argerus</i>
Iberellus companyonii	<i>Zygiella x-notata</i>	<i>Dignathodon microcephalum</i>	<i>Acaaphidion curtum</i>
Alloganthus graellsianus	<i>Lycosoides coarctata</i>	<i>Eurygeophilus multistiliger</i>	<i>Ocys harpaloides</i>
<i>Hygromia lanuginosa</i>	Malthonica balearica	<i>Geophilus insculptus</i>	<i>Bembidion tethys</i>
<i>Caracollina lenticula</i>	<i>Tegenaria domestica</i>	<i>Scutigera coleoptrata</i>	<i>Pleurophorus caesus</i>
<i>Helix aspersa</i>	<i>Tegenaria herculea</i>	<i>Cryptops hispanus</i>	<i>Mycetoporus longicornis</i>
<i>Otala lactea</i>	<i>Tegenaria pagana</i>		<i>Conosoma cavicola</i>
<i>Otala punctata</i>	Tegenaria scopifera	SYMPHYLA	<i>Sepedophilus testaceus</i>
<i>Papillifera bidens</i>	<i>Micaria formicaria</i>	<i>Scutigera inmaculata</i>	Typhlosorius ibizensis
<i>Rumina decollata</i>	<i>Liocranum majus</i>	<i>Stylopaupopus pedunculatus</i>	<i>Tachyporus nitidulus</i>
<i>Myosotella myosotis</i>	<i>Anyphaena alboirrorata</i>		<i>Medon apicalis</i>
<i>Ovatella firminii</i>	<i>Heliophanus cupreus</i>		Medon subterraneum
<i>Deroceceras reticulatum</i>	<i>Zora</i> sp.		<i>Stilicus orbicularis</i>
<i>Limax flavus</i>	<i>Ero furcata</i>		<i>Mycetoporus longicornis</i>
Gigantomilax majoricensis			Hypotyphlus menorquensis
<i>Acanthinula aculeata</i>	ARACH. OPILIONES		Paratyphlus cristobali
	Scotolemon krausi		Atheta bellesi
ARACH. PALPIGRADA	Scotolemon balearicus		<i>Atheta negligens</i>
Eukoeneria draco draco	Phalangium clavipes		<i>Atheta pittionii</i>
	<i>Dicranolasma soerensemi</i>		<i>Ptomaphagus clavalis</i>
ARACH. SCORPIONES	Trogulus balearicus		<i>Acronota orbata</i>
Euscorpium balearicus			<i>Gyrohyphnus fracticornis</i>
	CRUSTACEA ISOPODA		Omalium espanoli
ARACH. PSEUDOSCORPIONES	<i>Buddelundiella cataractae</i>		Xantholinus balearicus
<i>Chthonius dacnodes</i>	<i>Armadillidium granulatum</i>		Lobrathium bellesi
<i>Chthonius hispanus</i>	Armadillidium serrai		Catops zariquieyi
<i>Chthonius ischnocheles</i>	Armadillidium strinatii		Faronus espanoli
Chthonius balearicus	<i>Armadillidium vulgare</i>		Bythinopsis balearica
Chthonius bellesi	<i>Armadillidium espanyoli</i>		Abromus palaui
Chthonius ponsi	<i>Paraschizidium olearum</i>		Leptobythus palaui
<i>Chthonius gibbus</i>	Ballodillium pilosum		<i>Elenophorus collaris</i>
<i>Chthonius cf. tetrachelatus</i>	<i>Armadillo officinalis</i>		<i>Tentyria grossa</i>
Neobisium monasterii	<i>Chaetophiloscia elongata</i>		Phylan semicostatus
<i>Roncus lubricus</i>	<i>Chaetophiloscia cellaria</i>		<i>Akis acuminata</i>
Roncus neotropicus	<i>Chaetophiloscia sicula</i>		<i>Akis bacarozzo</i>
<i>Roncus caralinatus</i>	<i>Ctenoscia minima</i>		<i>Blaps gibba</i>
<i>Roncus pugnax</i>	<i>Anaphiloscia simoni</i>		<i>Blaps lusitanica</i>
Roncus vidali	<i>Halophiloscia ischiana</i>		<i>Blaps bedeli mcminni</i>
Acanthocreagris balearica	<i>Leptotrichus panzeri</i>		<i>Cryptophagus</i> sp.
<i>Allochernes powelli</i>	<i>Porcellio baeticensis</i>		Macrothorax morbillosus macilentus
	<i>Porcellio dilatatus</i>		<i>Gibbium psyllioides</i>
ARACH. ACARI	<i>Porcellio laevis</i>		<i>Anobium punctatum</i>
<i>Ixodes vespertilonis</i>	<i>Porcellio incanus</i>		<i>Pselactus spadix</i>
<i>Oppia decipiens</i>	<i>Porcellionides sexfasciatus sexfasciatus</i>		PSOCOPTERA
<i>Dorycranosus punctulatus</i>	<i>Porcellionides sexfasciatus glaber</i>		<i>Psyllipsocus ramburii</i>
<i>Atropacarus phyllophorus</i>	<i>Porcellionides pruinosus</i>		<i>Liposcelis decolor</i>
	Agabiformius manacori		<i>Marcenendius nostras</i>
ARACH. ARANEAE	Trichoniscus dragani	ORTHOPTERA	
Nemesia brauni	<i>Trichoniscus pusillus provisorius</i>	<i>Gryllomorpha dalmatina</i>	
<i>Filistata insidiatrix</i>	<i>Trichoniscus fragilis</i>		TRICHOPTERA
<i>Uloborus plumipes</i>	<i>Trichoniscus pygmaeus</i>	<i>Microptera fissa</i>	SIPHONAPTERA
<i>Mizaga racovitzae</i>	Balearonethes sesrodesanus	<i>Mesophylax asperus</i>	<i>Xenopsylla gratiosa</i>
<i>Scytodes velutina</i>	Haplophthalmus chisterai		
<i>Loxosceles rufescens</i>	<i>Bathytropa granulata</i>	LEPIDOPTERA	HOMOPTERA
<i>Dysdera crocata</i>	<i>Trichorhina bonadonai</i>	<i>Triphosa dubitata</i>	Cixius pallipes
<i>Harpactea corticalis</i>	<i>Platyarthrus costulatus</i>	<i>Alucita hexadactyla</i>	
Harpactea dufouri	<i>Platyarthrus schölbi</i>	<i>Pyrois effusa</i>	HETEROPTERA
<i>Ariadna insidiatrix</i>	<i>Stenoniscus pleonalis</i>		Velia hoberlandti
<i>Leptoneta infusca</i>	<i>Stenoniscus carinatus</i>		<i>Reduvius personatus</i>
<i>Pholcus phalangioideus</i>	Spelaoniscus coiffaiti		

Taula 1: Llistat d'espècies invertebrates terrestres trobades a les cavitats de les Illes Balears. En vermell espècies troglòbiques, en negreta espècies endèmiques, en vermell i negreta espècies troglòbiques endèmiques.

Table 1: Checklist of terrestrial invertebrate species found in the caves of the Balearic Islands. In red troglöbiontic species, in bold endemic species, in red and bold troglöbiontic and endemic species.

Typhlosorius ibizensis Coiffait 1973 és una espècie coneguda exclusivament de la localitat tipus, Sant Antoni (Eivissa) (COIFFAIT, 1973). Espècie que pot esser considerada troglòbia, doncs és completament despigmentada i anoftalma, de coloració vermella brunenca.

Leptobythus palaui Jeannel 1955 és un gènere monoespecífic endèmic conegut d'una única localitat de Mallorca: cova de na Boixa (Felanitx) (JEANNEL, 1955; PALAU, 1955).

A un altre nivell ens trobam amb espècies endèmiques trobades a cavitats amb algunes característiques endogees, però que no podrien esser considerades com a veritables troglòbics. *Hypotyphlus menorquensis* Coiffait 1961 és un gènere descrit inicialment sota la denominació *Microtyphlus menorquensis*. Conegut de la localitat de la seva descripció i retrobat per BELLÉS *et al.* (1989) a la mateixa localitat (cova de na Polida). Element edafobi, anoftalm considerat troglòxè.

Catops zariquieyi Jeannel 1936 és una espècie endèmica de Mallorca, recol·lectada de la cova Andritxol (Andratx), cova de sa Cometa des Morts (Escorca), Son Serra, avenc de Son Pou (Santa Maria) cova de na Boixa (Felanitx), cova de Comasema (Bunyola), Palma, cova de Can Sion (Pollença), cova des Robiols (Puigpunyent) i avenc des Picarol Gros (Selva) (BLAS, 1992, Comas, *in lit.*). És un element endogeu humícol o lapidícol, recol·lectat en les entrades de les coves de característiques troglòfiles o troglòxè regular.

Lobrathium bellesi Bordoni 1977 és una espècie troglòfila o endogea, coneguda exclusivament de la cova de Can Sivella (Pollença) (BORDONI, 1977; COIFFAIT, 1982).

Medon subterraneum Coiffait 1969 és una espècie coneguda de l'avenc den Cosmi (Sant Miquel, Eivissa). Espècie localitzada, ara per ara, únicament de la localitat tipus. *M. subterraneum* compta amb una important reducció ocular, coloració clara i desaparició del recobriment del propigidi. Totes aquestes característiques suggereixen una certa especialització per a la vida subterrània (COIFFAIT, 1969).

Paratyphlus cristobali Coiffait, 1959 és una espècie endèmica de Menorca, descrita de les rodalies de Sant Cristòfol, de la carretera de Ferreries i de la cova de na Polida (Sant Agustí) (COIFFAIT, 1959, 1961, 1972). És un element edafobi i cec considerat troglòxè.

Atheta bellesi Benick 1990 espècie cavernícola de costums guanòbics coneguda de la cova des Robiols (Puigpunyent) i de la cova de les Rodes (Pollença) (BENICK, 1990).

Omalium espanoli Jarrige, 1952 és una espècie coneguda únicament de la cova Andritxol (Andratx) (JARRIGE, 1952). Malgrat haver estat trobada i ser coneguda exclusivament d'una cova, no presenta les característiques pròpies dels troglòbics.

Xantholinus balearicus Coiffait 1962 és un endemisme gimnèsic conegut de Cala Sant Vicenç (Pollença), Son Morell, Gorg Blau (Escorca), Lluç (Escorca), Canyamel (Capdepera) i de l'Avenc II de s'Albufereta des Grau (Menorca) (COIFFAIT, 1962; BORDONI, 1976). Espècie d'àmplia valència ecològica. En general, les espècies d'aquest gènere viuen sota pedres, o entre detritus vegetals; algunes espècies viuen associades a formiguers i d'altres es poden trobar als caus de micro-mamífers (BORDONI, 1982).

Faronus espanoli Normand 1945 és una espècie descrita de d'Eivissa, sense indicar localitat precisa. Amb posterioritat, COMPTE (1966) la recull de Sant Miquel (PONS i PALMER, 1996). Espècie de costums humícoles o endogees i de dimensions reduïdes i colors poc vistents.

Bythinopsis balearica Jeannel 1961 és una espècie endogea endèmica de Menorca, recol·lectada vora la carretera que va a Fornells, prop de Maó.

Abromus palaui Español 1945 és una espècie lapidícol de costums endogees coneguda de Biniatzar (Bunyola) (J. M. Palau com. pers.) (PONS i PALMER, 1996).

Agraïments

El nostre més sincer agraïment a Alberto Sendra, Xavier Bellés, Juan Antonio Zaragoza i Vicente Ortuño persones que ens han recolzat en tot moment i que, sense ells bona part de les determinacions dels tàxons cavernícoles no hagués estat possible. També el nostre més entusiàstic agraïment a Xisco Gràcia, biòleg, espeleobussejador i amic que ens ha encorajat en l'estudi dels invertebrats.

Bibliografia

- BAQUERO, E.; VADELL, M. i JORDANA, R. (2007): Sa Gleda cave (Majorca, Balearic Islands) and its fauna, with description of a new species of Oncopoduridae (Collembola). *Subterranean Biology*, 5: 29-34.
- BARETH, C. (1980): Campodéidés endogees de Sardaigne récoltés par R. Dallai (Insecta, Diplura). *Redia*, 63: 121-135.
- BARRIENTOS, J.A., RIBERA, C. i PONS, G.X. (2002): Nuevos datos sobre los Agelénidos de las Islas Baleares (Araneae, Agelenidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 6: 85-90.
- BECKMANN, K.-H. (2007): Die Land- und Süßwassermollusken von Balearischen Inseln. ConchBooks. 255 pp.
- BELLÉS, X. (1976): Resultados de una campaña bioespeleológica en Mallorca (Coleópteros) *Endins*, 3: 47-55.
- BELLÉS, X. (1987): Fauna cavernícola i intersticial de la Península Ibèrica i les Illes Balears. Mon. Científiques 4, CSIC - Ed. Moll, 207 pp.
- BELLÉS, X.; DAMIANS, J. i PRETUS, J. LI. (1989): «MINOR-87»: Una campanya Biospeleològica a Menorca. *Endins*, 14-15: 69-75.
- BENICK, G. (1990): *Atheta bellesi* G. Benick. nov. spec. - eine neue höhlenbewohnende Art aus Mallorca. *Entomol. Blätter*, 86: 69-70.
- BLAS, M. (1992): Nuevos datos sobre los Cholevidae (Coleoptera) de las Islas Baleares. *Elytron*, 6:159-162.
- BORDONI, A. (1976): Studi sulla sistematica e la geonemia degli *Xantholinus*. IX. *Xantholinus* del Museo di Storia Naturale di Ginevra raccolti nel bacino del Mediterraneo ed appunti su alcuni altri *Xantholinini*. Prima nota (Col. Staphylinidae). *Rev. suisse Zool.*, 83:83-103.
- BORDONI, A. (1977): Stafilinidi raccolti nel corso di ricerche biogeologiche in Spagna (Bellés/Comas/Cuñé) e descrizione del *Lobrathium bellesi* n. sp. de Maiorca (Coleoptera). *Speleon*, 23:15-19.
- BORDONI, A. (1982): *Staphylinidae. Generalità- Xantholininae*. Fauna d'Italia. Coleoptera. Ed. Calderini. Bologna. 434 pp.

- BRÖLEMANN, H. W. (1910): Biospeologica. XVII. Symphyles, Pselaphognathes, Polydesmoides et Lysiopetaloides (Myriapodes) (première série). *Archives de zoologie expérimentale et générale*, 5e série 5 (7): 339-378.
- COIFFAIT, H. (1961): Faune cavernicole et endogée de l'île de Minorque. 9: Coléoptères cavernicoles et endogés. *Archives Zool. Exp. et Gen.*, 99:293-305.
- COIFFAIT, H. (1962): Trois nouveaux *Xantholinus* de la faune Européenne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 97:271-275.
- COIFFAIT, H. (1969): Formes nouvelles ou mal connues des genres *Medon* et *Hypomedon*. *Ann. Spéleol.*, 24:701-727.
- COIFFAIT, H. (1972): Coléoptères Staphilinidae de la région Paléarctique occidentale. I. Généralités, sous-familles: *Xantholininae* et *Leptotyphlinae*. Tom II (2). Toulouse.
- COIFFAIT, H. (1973): Staphylinides endogés nouveau du Muséum de Genève. *Nouv. Rev. Ent.*, 3:219-224.
- COIFFAIT, H. (1982): Coléoptères Staphilinidae de la région Paléarctique occidentale. Sous familles: *Paederinae* Tribu *Paederini* 1 (*Paederi*, *Lathrobii*). Tom XII (4). Toulouse.
- COMPTE, A. (1948): 1966. Resultados de una expedición zoológica a las islas Pitiusas. 2. Coleópteros. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 64:239-275.
- CONDÉ, B. (1948): Campodéidés d'Algérie. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 52 (9): 144-146.
- CONDÉ, B. (1951): Campodéidés cavernicoles de Catalogne. *Speleon*, 2: 51-62.
- CONDÉ, B. (1954): Sur la faune endogée de Majorque (Penicillates, Protures, Diploures Campodéidés, Palpigrales). *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2e série 26: 674-677.
- CONDÉ, B. (1955): Campodéidés cavernicoles des Baléares. *Notes biosp.*, 9 :121-132.
- CONDÉ, B. (1981): Un Pénicillate cavernicole de Mallorca (Diplopoda, Penicillata). *Arch. Sc. Genève*, 34 Fasc.3: 313-318.
- CONDÉ, B. (1984): Les Palpigrales: quelques aspects morphologiques. *Revue Arachnologique*, 5(4): 133-143.
- CONDÉ, B. i MATHIEU, A. (1957): Campodéidés Endogés de la Région Pyrénéenne. *Vie et Milieu*, VIII(4): 439-472.
- CRUZ, A. (1989): Isópodos terrestres de Menorca (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Endins*, 14-15:89-93.
- CRUZ, A. (1990): *Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres (Oniscoidea) de la Península Ibérica y Baleares*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Barcelona. 1006 pp.
- CRUZ, A. i DALENS, H. (1989): Especies nuevas o poco conocidas de isópodos terrestres de la Península Ibérica. I. Isópodos cavernícolas de la España oriental (Crustacea; Oniscoidea). *Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse*, 125: 91-98.
- CRUZ, A. i DALENS, H. (1990): Descripción del macho de *Eleoniscus helenae* Racovitza, 1907 y de *Armadillidium serrai* n. sp. (Isopoda: Oniscoidea: Armadillidiidae) de la España oriental. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 58:21-29.
- DALENS, H. (1977): Sur un nouveau genre de Trichoniscidae *Balearonethes sesrodesanus* n. g., n. sp. (Isopoda, Oniscoidea). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 113: 298-303.
- DAMIANS, J. (1980): Distribución en Mallorca del género *Duvalius* Delarouzée (1859) (Coleoptera, Trechidae). *Endins*, 7: 23-25.
- DEMANGE, J. M. (1961): Faune cavernicole et endogée de l'île de Minorque; Mission H. Coiffait et P. Strinati (1958). 7. Myriapodes. Biospeologica LXXX. *Arch. Zool. exp. et gén.*, 99: 277-288.
- DENIS, J. (1961). Quelques araignées de Minorque. Biospeologica LXXX. *Arch. Zool. exp. et gén.*, 99: 235-243.
- DUMITRESCO, M. (1973). *Nesticus (Gondwanonesticus) dragani* n.g., n.sp. Famille Nesticidae. *Résultats des expéditions Biospéologiques Cubano-Roumaines à Cuba*. Ed Academiei R.S.R. 1: 295-302. Bucarest.
- EASON, E.H. (1975): On Lithobiidae from Majorca with a description of new specie of *Lithobius* (Chilopoda: Lithobiomorpha). *Journal of Natural History*, 9: 445-456.
- ENCINAS, J. A. (1974): Inventario bio-espeleológico de Baleares, año 1973. Com. IV Simp. Bioespeleología. E.C.E., G.E. Pedraforca, 49-62. Barcelona.
- ENGHOFF, H. i KIME, R. (2009): Diplopoda, Myriapoda. Fauna Europaea version 2.0, <http://www.faunaeur.org>.
- ESTEBAN, M. i SANCHIZ, B. (1997): Descripción de nuevas especies animales de la península Ibérica e islas Baleares (1978-1994): Tendencias taxonómicas y listado sistemático. *Graellsia*, 53: 111-175.
- ESPANOL, F. (1974): Sobre un nuevo género cavernícola balear del género *Reicheia* Saulcy (Col. Scaritidae). *Speleon*, 21:79-84.
- GAMA, M.M. (1984): Collemboles cavernicoles de l'Espagne. *Misc. Zool.*, 8: 81-87.
- GAMA, M.M. (1985): Collemboles cavernicoles de l'Espagne. II. (Insecta, Apterygota). *Misc. Zool.*, 9: 209-214.
- GARCÍAS FONT, L.I. (1905): Nota bibliográfica. 6 de juny de 1905. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*. 36.
- GINÉS, A. (1982): Inventario de especies Cavernícolas de las Islas Baleares. *Endins*, 9: 57-75. Palma de Mallorca.
- GOURBAULT, N. i LESCHER-MOUTOUÉ, F. (1979): Faune des eaux souterraines de Majorque. *Endins*, 5-6: 43-54.
- GARCIA, LI. i CRUZ, A. (1993): Els Isòpodes terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea). In: Alcover, J.A, Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit.Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2:323-332.
- GARCIA, LI. i CRUZ, A. (1996): Els isòpodes terrestres (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) de les illes Balears: catàleg d'espècies. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 39: 77-99.
- GASULL, L. I VAN REGTEREN ALTEA, C.O. (1969): Pulmonados desnudos de las baleares (Mollusca, Gastropoda). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 15: 121-134.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M. A. i VADELL, M. (2003): Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- HENROT, H. (1964): Un *Duvalius* nouveau de l'île de Majorque. *Bull. Soc. ent. France*, 69:15-17.
- ICHN (1976): Natura, ús o abús ? Llibre Blanc de la Gestió de la Natura als Països Catalans. R. Folch (secretari redacció).
- JARRIGE, J. (1952): Brachélytres cavernicoles nouveaux d'Europe Occidental. *Bull. Soc. ent. Fran.*, 57:86-88.
- JAUME, D.; PONS, G.X.; GRÀCIA, F i VICENS, D. (2001): Atles de cavitats càrstiques de les Balears elevades a Lloc d'Interès Comunitari (LICs). Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears. 157 pp
- JEANNEL, R. (1955): Un Psélaphide cavernicole de Majorque. *Notes Biospéologiques*, 10:27-29.
- 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 Zoologica*, 29 (2): 8-21. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra.
- LAGAR, A (1972): Contribución al conocimiento de los Pseudoscorpiones de España. II. *Speleon*, 19: 45-52.
- LAGAR, A. (1975): La cueva de la Campana y el Karst de Castellots (Mallorca). *Bioespeleología. Speleon*, 22:69-72.
- LIENHARD, C. i BAZ, A. (2011): Redescription of the genus *Marcenendius* Navás (Psocodea: 'Psocoptera': Amphientomidae) with a key to western Palaearctic amphientomids. *Revue Suisse de Zoologie* 118 (3): 451-466.
- MAHNERT, V. (1977): Spanische Höhlenpseudoskorpione. *Miscelanea Zoologica*, 4: 61-104.
- MAHNERT, V. (1989): Les pseudoscorpions (Pseudoscorpiones, Arachnida) récoltés pendant la campagne biospéologique 1987 à Minorque. *Endins*, 14-15: 85-87.
- MAHNERT, V. (1993a): Els pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones). In: Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera. (Alcover, J. A. Ballesteros, E. i Fornós, J.J. Eds.). Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 355-360.

- MAHNERT, V. (1993b): Pseudoscorpione (Arachnida: Pseudoscorpiones) von Inseln des Mittelmeers und des Atlantiks (Balearen, Kanarische Inseln, Madeira, Ascensión), mit Vorwiegend subterranean Lebensweise. *Revue Suisse de Zoologie*, 100 (4): 971-992.
- MAURIÈS, J. P. i VICENTE, C. (1976): Miriápodos de Balears. Descripción de un nuevo Diplópodo cavernícola y catálogo de Miriápodos señalados en Balears. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears* 21: 33-46.
- MAYORAL, J. G. i BARRANCO, P. (2002): Palpígrados: Grandes desconocidos (Arachnida, Microthelyphonida). *Revista Ibérica de Aracnología*, 5: 103-110.
- NEGREA, ST. i MATIC, Z. (1973): Chilopodes cavernicoles et endogés de l'île de Majorque. Mission biospéologique "Constantin Dragan" à Majorque (1970-1971). *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 18: 21-39.
- NGUYEN DUY-JACQUEMIN, M. (1993): Convergences évolutives entre diplopodes pénicillates vivant dans les Grottes. *Mém. Biospéol.*, 20:147-155.
- ORGHIDAN, T.; DUMITRESCO, M. i GEORGESCO, M. (1975): Mision biospéologique "Constantin Dragan" à Majorque (1970-1971). Première note: Arachnides (Araneae et Pseudoscorpionidea). Travaux de l'Institut de Spéologie "Émile Racovitza", 14: 9-33.
- PAGÈS, J. (1950): Diploures cavernicoles d'Espagne. *Notes Biospéologiques*, 5: 71-77.
- PALAU, J.M. (1955): El *Leptobythus palaui* de la Cova den Boixa (Felanitx). *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 1:41-43.
- PALMER, M.; PONS, G.X.; CAMBEFORT, Y. i ALCOVER, J.A. (1999): Historical processes and environmental factors as determinants of inter-island differences in endemic faunas: the case of the Balearic Islands. *Journal of Biogeography*, 26: 816-823.
- PEYERIMHOFF, P. (1906): Sur l'existence à Majorque du genre *Koeneria* (Arach. Palpigradi). *Bull. Soc. Entom. de France*, 300-302.
- PLATNICK, N.I. (2003). The world spider catalog, version 3.5. American Museum of Natural History, online at
- PONS, G.X. (1991): Llista vermella de la fauna cavernícola de les Balears. Documents tècnics de conservació 10. Govern Balear, Conselleria d'Agricultura i Pesca. Direcció General d'Estructures Agràries i Medi Natural. Servei de Conservació de la Naturalesa.
- PONS, G.X. (1992): El gènere *Leptoneta* Simon, 1872 (Araneae, Leptonetidae) a Mallorca. Apunts biogeogràfics. *Endins*, 17-18: 61-66.
- PONS, G.X. (2004a): *Biogeografia, ecologia i taxonomia de les aranyes (Arachnida, Araneae) de les Illes Balears. Models de distribució de la fauna insular*. Tesis doctoral, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca. 541 pp.
- PONS, G.X. (2004b): Biogeografia, ecologia i taxonomia de les aranyes (Arachnida, Araneae) cavernicoles de les Illes Balears. *Endins*, 26: 83-104.
- PONS, G.X. (2010): *Trogulus balearicus*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 5ena edició. Govern de les Illes Balears.
- PONS, G.X. (2011): Llorenç Garcias Font, un naturalista inquiet. In: Garcias, M. i Pons G.X. (edits.), Llorenç Garcias Font, científic i promotor cultural. La ciència a les Illes Balears 10. 495 pp.
- PONS, G.X. i DAMIANS, J. (1992a): Fauna malacològica d'algunes cavitats de l'illa de Mallorca. *Endins*, 17-18: 51-56.
- PONS, G.X. i DAMIANS, J. (1992b): Els aràcnids de la Cova de sa Cometa des Morts (Escorca, Mallorca). *Endins*, 17-18: 62-72.
- PONS, G.X.; JAUME, D. i DAMIANS, J. (1995): Fauna cavernícola de Mallorca / Cavernicolous fauna of Mallorca. *Endins 20 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 125-143.
- PONS, G.X. i PALMER, M. (1996): Fauna endèmica de les illes Balears. Institut d'Estudis Balearics, Conselleria d'Obres Públiques, Ordenació del Territori i Medi Ambient (Dir. Gen. Medi Ambient). Societat d'Història Natural de les Balears. 307 pp.
- PONS, G.X. i RAMBLA, M. (1993): Els pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones). In: Alcover, J.A, Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Edit.Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 355-360.
- RACOVITZA, E. (1905): *Typhlocirolana moraguesi* n.g., n.sp. Isopode aquatique cavernicole des Grottes du Drach (Balears). *Bull. Soc. Zool. France*, 30(4): 72-80.
- RACOVITZA, E. (1907): Essai sur les problèmes biospéologiques. *Biospeologica I Arch. Zool. exp et gén.*, 6: 371-488.
- RAMBLA, M. (1972): Opiliones (Arachnida) de las Balears. *Rapp. Comm. int. Mer Médit., Mónaco*, 21:89-92.
- RAMBLA, M. (1977): Un nuevo *Scotolemon* cavernícola de la isla de Mallorca, (Arachnida, Opiliones, Phalangodidae). *Speleon*, 23:7-13.
- RAMBLA, M. (1983): Sobre la presencia de *Dicranolasma soereni* Thorell, 1876 (Arachnida, Dicranolasmatidae) en una cueva de la isla de Menorca (Balears). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 28: 129-130
- REDIKORZEV, V. (1937): Die erste neotropische Roncus-Art. *Entomologisk Tidskrift*, 58: 146-147.
- RIBERA, C. (1989): Araneidos cavernícolas de Menorca. *Endins*, 14-15: 81-83.
- SCHÖNHOFER, A.L. i MARTENS, J. (2008): Revision of the genus *Trogulus* Latreille: the *Trogulus coriziformis* species Group of the western Mediterranean (Opiliones: Trogulidae). *Invertebrate Systematics* 22 (5): 523-554.
- SENDRA, A. (1985): Campodeidos cavernícolas de Balears (Diplura: Campodeidae). *Endins*, 10-11: 33-35.
- SENDRA, A. (1988): Taxonomía, Filogenia y Biogeografía de la Fauna de Campodeidos Ibérica, Balear y Canaria (Hexapoda, Diplura, Campodeidae). Tesis Doctoral. Universitat de València. 398 pp.
- SENDRA, A. (1989): Nuevas aportaciones a la fauna de Campodeidos edáficos de la Península Ibérica e Islas Balears (*Diplura, Campodeidae*). *Boletín Asoc. Esp. Entom.*, 13: 35-51. Salamanca.
- SENGLLET, A. (1972): Note sur les *Spermophora* (Araneae, Pholcidae) Méditerranéens. *Boll. Soc. Entom. Suisse*, 5: 307-319.
- SENGLLET, A. (2001): Copulatory mechanism in *Holpopholcus*, *Stygopholcus* (revalited), *Pholcus*, *Spermophora* and *Spermophorides* (Araneae, Pholcidae), with additional faunistic and taxonomic data. *Bull. Soc. entomol. Suisse*, 74: 43-67.
- SERRA, A. (1980): Contribución al conocimiento de los Lithobiomorpha (Chilopoda) de la Península Ibérica. (Tesis doctoral). Dept. Zool. Univ. Barcelona. 356pp.
- SERRA, A. (1983): Contribució al coneixement de la fauna cavernícola (Chilopoda, Lithobiomorpha) de les Balears. *Speleon* 26-27: 33-38.
- SILVESTRI, F. (1932a): Campodeidae (Thysanura) de España. *Eos*, 8: 115-164.
- SILVESTRI, F. (1932b): Nuovi Contributi alla conoscenza della fauna delle isole Italiane dell'Egeo. *Bolletino di Laboratorio di Zoologia generale ed agraria, Portici*, 27: 61-111.
- TABACARU, I. (1974): Espècies de *Trichoniscus* (Crustacea, Isopoda) de l'île de Majorque. *Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza"*, 13:213-221.
- VADELL, M. (2003): Fauna invertebrada de las cavidades del Barranc de sa coma del Mal Pas (Palma – Calvià). *Endins*, 25: 107-116.
- VADELL, M. (2007): Datos sobre los quilópodos *Lithobius viveisi* Serra 1983 y *Lithobius piceus tabacaru* Negrea i Matic 1973, (Lithobiidae: Lithobiomorpha), localizados en Clot des Sero (Calvià, Mallorca). *Endins*, 31: 179-183.
- VADELL, M. (2010): *Trogulus balearicus* Schönhofer i Martens 2008 (Opiliones: Trogulidae). Nou endemisme per a la fauna de les Balears. Societat d'Història Natural de les Balears, Circular nº 35: 4.
- VADELL, M. (2010): *Scutigera coleoptrata*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 5ena edició. Govern de les Illes Balears.

- VADELL, M. i GARCÍA LL. (2010): Tresors vius del subsòl de la Vall. Especial Sóller, Setmanari independent d'informació local, Edició commemorativa 125 anys (1885-2010) 68-69p. Sóller.
- VADELL, M. i HOCH, H. (2009): *Cixius (Ceratoxicius) pallipes* Fieber, 1876 (Homoptera: Fulgoroidea: Cixiidae) first record for Spain. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52.
- VADELL, M. i HOCH, H. (en premsa): *Cixius (Ceratoxicius) pallipes* A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 6ta edició. Govern de les Illes Balears.
- VADELL M.; JORDANA R.; SENDRA, A. i MORAZA, ML (2007): Primeros datos sobre la fauna cavernícola terrestre de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca, Balears) *Endins*, 31: 117-124.
- VADELL M. i MARTINEZ, M. (2010): Sobre algunos quilópodos de la Finca Pública de Son Real (Santa Margarita, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 53: (en premsa).
- VADELL, M. i PONS, G.X. (2008): Primera cita de *Eurygeophilus multistiliger* (Verhoeff, 1899) (Chilopoda, Geophilomorpha) para las Islas Baleares. *Endins* 32: 171-174.
- 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 premsa).
- VADELL, M. i ZARAGOZA, J. A. (2005): Estudio preliminar de la fauna invertebrada terrestre de la Cova des Coll (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 27: 187-204.
- VADELL, M.; ZARAGOZA, J. A.; BARCELÓ, M. A. i CRESPI, D. (2005): Aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola en el conjunto de las Coves del Pilar (Palma, Mallorca). *Endins*, 27: 75-92.
- VADELL M.; ZARAGOZA J.A.; JORDANA R.; GARCÍA, LL.; GRÀCIA, F. i CLAMOR, B. (2006): Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna cavernícola terrestre de las Coves del Pirata, Cova des Pont, Cova de Sa Piqueta y la Cova des Xots (Manacor, Mallorca, Balears). *Endins*, 29: 75-98.
- VANDEL, A. (1961a): Faune cavernicole et endogée de l'île de Minorque. Mission H. Coiffait et P. Strinati (1958). Les Isopodes terrestres de l'île de Minorque. *Biospeologica* LXXX. *Arch. Zool. exp. et gén.*, 99(3):249-265.
- VANDEL, A. (1961b): Les isopodes terrestres de l'île de Minorque. *Biospeologica* LXXX. *Arch. Zool. exp. et gén.*, 99: 249-265.
- VAN DER HAMMEN, L. (1982): Comparative studies in chelicerata II. Epimerata (Palpigradi and Actinotrichida). *Zoologische Verhandelingen*, 196: 4-70
- ZARAGOZA, J. A. (2006): Catálogo de los Pseudoescorpiones de la Península Ibérica e Islas Baleares (Arachnida: Pseudoscorpiones). *Revista Ibérica de Aracnología*, 13: 3-91.
- ZARAGOZA, J. A. i VADELL, M. (2008): *Neobisium monasterii*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 3ra edició. Govern de les Illes Balears.
- 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 vidali*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 4ta edició. Govern de les Illes Balears.
- ZARAGOZA, J. A. i VADELL, M. (2009c): *Roncus neotropicus*. A: Bioatles. Palma: Conselleria de Medi Ambient. 4ta edició. Govern de les Illes Balears.

LA FAUNA AQUÀTICA DELS HÀBITATS ANQUIHALINS I DOLÇAQUÍCOLES DE LES CAVITATS BALEARIS

per Francesc GRÀCIA ^{1,2} i Damià JAUME ³

Abstract

This paper discusses the aquatic troglobiontic taxa discovered mostly since 1987 in the Balearic Islands, with some brief comments, if appropriate, on its general distribution pattern. At the same time, some mention is made about species from the interstitial environment. The last two decades have represented a qualitative leap in the knowledge of the aquatic fauna from the coastal caves of the Balearic Islands, thanks to advances in taxonomy conducted by two local renowned zoologists: Damià Jaume and Joan Lluís Pretus. The description of numerous endemic species, including thalasso-stygo-biontic organisms (marine aquatic troglobionts), has experienced a really remarkable growth. The task of speleo-divers, exploring the underwater caves of the archipelago, has allowed the discovery of completely drowned underground systems with huge and unexpected dimensions. In this manner, the faunistic researches have not been limited to the cave pools, but also to underwater passages whose depths exceed 30 m, developing even kilometres away from the cave entrances. The main contribution, besides the discovery of some new genus and species, has been exploring, surveying and studying these habitats. Groundwaters, either occupying the marine interstitial environment or located inland and accessible only by caves and wells, as well as those in river-beds and floodplains (hyporheic environment) tend, by their relative isolation, to host a large number of endemic species. A lot of them belong to primitive lineages, often unknown at the surface, and they should be considered as phylogenetic or biogeographic relics. It is, therefore, an extremely relevant fauna both from the scientific point of view as well as regarding conservation. Finally, the faunistic register from anchialine and freshwater cave-habitats of the Balearic Islands is presented, together with the inventory of strictly subterranean species of crustaceans.

Resum

En aquest treball es comenten els tàxons aquàtics exclusivament subterranis descoberts principalment d'ençà de 1987 a les Illes Balears, amb alguna breu observació, si escau, sobre el seu patró de distribució general. També es fa alguna menció d'espècies del medi intersticial. Les dues darreres dècades han suposat un salt qualitatiu en el coneixement de la fauna aquàtica de les coves costaneres de les Illes Balears, gràcies als avenços taxonòmics que portaren a terme dos zoològics il·lencs: Damià Jaume i Joan Lluís Pretus. La descripció de nombroses espècies endèmiques, incloent-hi organismes talassoestigobis (troglobis aquàtics marins), ha experimentat un espectacular creixement. La tasca dels espeleòlegs especialitzats en l'exploració de les cavitats submergides ha permès descobrir sistemes subterranis totalment submergits de dimensions inesperades i gegantines. Això ha fet que es prospectàs 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, a més a més de la troballa d'alguns nous gèneres i espècies, ha estat la d'explorar, topografiar i estudiar aquests hàbitats. Les aigües subterrànies, tant les que ocupen el medi intersticial marí com les que es troben situades terra endins, accessibles únicament per coves i pous, o les de llits de rius i planes al·luvials (medi hiporreic) acostumen, per llur relatiu aïllament, a hostatjar un bon nombre d'endemismes. Molts pertanyen a llinatges primitius, sovint desconeguts a la superfície, i cal considerar-los com relíquies filogenètiques o biogeogràfiques. Es tracta, doncs, d'una fauna extremament rellevant des del punt de vista científic, a més del de la conservació. Finalment es comenta el catàleg faunístic de les cavitats amb hàbitats anquihalins i amb hàbitats dolçaquíquies de les Balears i l'inventari de les espècies estrictament subterrànies de crustacis.

Resumen

En este trabajo se comentan los taxones acuáticos exclusivamente subterráneos descubiertos principalmente desde 1987 en las Islas Baleares, con alguna breve observación, si procede, sobre su patrón de distribución general. También se hace alguna mención de especies del medio intersticial. Las dos últimas décadas han supuesto un salto cualitativo en el conocimiento de la fauna acuática de las cuevas costeras de las Islas Baleares, gracias a los avances taxonómicos que llevaron a cabo dos zoológicos isleños: Damià Jaume y Joan Lluís Pretus. La descripción de numerosas especies endémicas, incluyendo organismos talassoestigobiontes (troglobios acuáticos marinos), ha experimentado un espectacular crecimiento. La tarea de los espeleólogos especializados en la exploración de las cavidades sumergidas ha permitido descubrir sistemas subterráneos totalmente inundados de dimensiones inesperadas y gigantes. Esto ha hecho que se prospectase no sólo los lagos de las cavidades, sino también las galerías subacuáticas hasta profundidades superiores a los 30 m y a distancias kilométricas de las entradas. La principal aportación, además del hallazgo de algunos nuevos géneros y especies, ha sido la de explorar, topografiar y estudiar estos hábitats. Las aguas subterráneas, tanto las que ocupan el medio intersticial marino como las que se encuentran situadas tierra adentro, accesibles únicamente por cuevas y pozos, o las de los lechos de ríos y llanuras aluviales (medio hiporreico) acostumbren, por su relativo aislamiento, a albergar un buen número de endemismos. Muchos pertenecen a linajes primitivos, a menudo desconocidos en la superficie, y hay que considerarlos como reliquias filogenéticas o biogeográficas. Se trata, pues, de una fauna extremadamente relevante desde el punto de vista científico, además del de la conservación. Finalmente se comenta el catálogo faunístico de las cavidades con hábitats anquihalinos y con hábitats dulceacuícolas de las Baleares y el inventario de las especies estrictamente subterráneas de crustáceos.

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

3 Institut Mediterrani d'Estudis Avançats IMEDEA (CSIC-UIB). C/Miquel Marquès, 21, 07190 Esporles, Illes Balears. email: d.jaume@uib.es

Introducció

Les Balears posseeixen cavitats amb hàbitats aquàtics dolçaquícies no litorals, com són les coves constituïdes per galeries de drenatge, formes endocàrstiques generades per la dissolució i erosió per part de les aigües d'origen meteòric infiltrades en els massissos càrstics. Les cavitats, actives hidrològicament, es veuen recorregudes per petits rius subterranis, almenys en part del trajecte. Es troben presents a la serra de Tramuntana de Mallorca i a la part central del Migjorn de Menorca (Fig. 1). A més a més, s'ha de tenir ben present l'existència de nombrosos gours amb aigua que poden contenir fauna dolçaquícola i que es poden trobar a qualsevol tipus de cavitat de les Balears.

L'altre ambient aquàtic de les coves illenques, molt més ben representat i molt característic de les cavitats de la franja litoral de les Balears, és el medi anquihalí. El terme de cavitat anquihalina, en el sentit en què ha estat redefinit per SKET (1986), és el de "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). El terme anquihalí deriva del grec *anchialos*, que significa precisament "proper al mar". Encara que algunes d'aquestes coves, com és el cas del sistema Gleda-Camp des Pou, s'endinsen quilòmetres terra endins. Les Balears presenten una gran riquesa d'aquests ambients anquihalins i de fauna estigobionta; de fet es localitzen les coves 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. Al treball de 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 13 km del sistema Gleda-Camp des Pou fins a coves a les quals amb prou feines trobam llacs de pocs centímetres de fondària. ARNAU *et al.* (2008) incrementen la llista amb dues estacions més: la cova de na Megaré i la cova des Màrmol, a Ciutadella de Menorca. Finalment, GRÀCIA *et al.* (2010b) permeten afegir la cova des Coloms de Cala Varques, o cova des Coloms 2. Per la qual cosa actualment el nombre d'estacions anquihalines



Figura 1: La font des Verger (Sóller, Mallorca) constitueix una de les principals cavitats freàtiques no litorals de les Balears i exemple d'hàbitat dolçaquícola (Foto: M. A. Perelló).

Figure 1: The Font des Verger (Sóller, Mallorca) is one of the most outstanding non-littoral phreatic caves in the Balearic Islands, as well as an example of freshwater cave habitat. (Photo: M. A. Perelló).

lines seria de 59, ja que s'ha unificat la cova de sa Gleda i l'avenc des Camp des Pou (GRÀCIA *et al.*, 2010a) 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, encara en fase de tramitació, consideren aquests hàbitats com a zones humides i consten del mateix grau de protecció.

En aquest treball s'ofereix un repàs, que no és exhaustiu, dels tàxons exclusivament subterranis descoberts principalment d'ençà de 1987 a les Illes Balears, amb algun breu comentari, si escau, sobre el seu patró de distribució general. També es fa alguna menció d'espècies del medi intersticial. El pes específic dels dos ambients aquàtics és molt diferent, ja que encara que comparteixen algunes espècies, hi ha un gran desequilibri en favor dels hàbitats anquihalins que deixa a l'hàbitat dolçaquícola pendent d'un estudi molt més profund. Una part important de la informació faunística prové de JAUME (2010).

Història de les recerques

Les contrades calcàries del nostre país, amb una important incidència dels fenòmens càrstics, han estat històricament un centre de primer ordre per al desenvolupament de la zoologia subterrània. Només cal esmentar els estudis pioners del científic romanès Emil Racovitza (1868-1947) a les coves del Drac (Manacor), al començament del segle XX, que van permetre el descobriment de l'isòpode *Typhlocirolana moraguesi* (Fig. 2).

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 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 (GINÉS, 1982). Es varen obtenir perfils verticals de salinitat i es va introduir el concepte de llac glacioeustàtic 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 zoològics illencs:



Figura 2: Femella ovígera de l'isòpode endèmic estigobiont *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905 (Foto: M. Vadell).

Figure 2: Ovigerous female of the endemic stygobiontic isopod *Typhlocirolana moraguesi* Racovitza, 1905 (Photo: M. Vadell).

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, incloent-hi organismes talassoestigobis (troglòbis 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 subterranies del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera (JAUME & GARCIA, 1992; JAUME, 1993).

L'exploració científica del medi aquàtic subterrani en terres de les Illes Balears ha estat molt important les últimes dècades, cosa que s'ha reflectit en el descobriment de nombroses espècies de crustacis noves per a la ciència. La majoria d'aquests nous tàxons provenen d'un medi molt peculiar: les denominades cavernes anquihalines. La tasca dels espeleòlegs especialitzats en l'exploració de les cavitats submergides ha permès descobrir sistemes subterranis totalment sotaiguats de dimensions inesperades i gegantines. Així, i a tall d'exemple, el sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor) té més de 13,5 km de passatges totalment submergits, i la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) més de 67 km, dels quals 10.200 m corresponen a galeries totalment submergides, a més de centenars de metres de llacs de gran recorregut (GRÀCIA *et al.*, 2009). Altres aspectes a destacar la darrera dècada, que han influït de manera notable en el coneixement de les cavitats de la franja litoral, han estat 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. La secció d'espeleobusseig del GNM, amb la col·laboració de la determinació

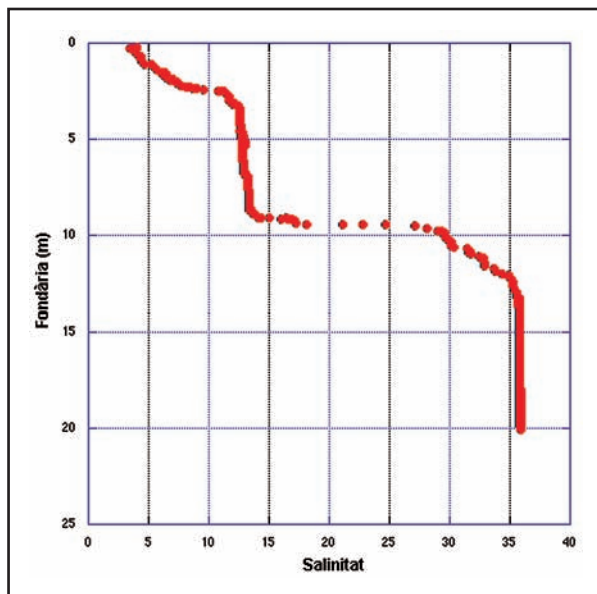


Figura 3: Perfil de Salinitat (%) de la cova Genovesa, cavitat amb hàbitat anquihalí a on es poden distingir-se clarament diverses masses d'aigua amb salinitats ben diferenciades.

Figure 3: Salinity profile (%) corresponding to Cova Genovesa, anchialine cave where diverse water masses with well-differentiated salinities can be clearly distinguished.

taxonòmica del Dr. Damià Jaume, ha fet que es prospectàs 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. Les aportacions han estat, a més a més de la troballa d'alguns nous gèneres i espècies, l'estudi de la distribució de la fauna al llarg de les cavitats i d'explorar, topografiar i documentar 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 pregonos 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 que les situen com a referent a nivell internacional.

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. En aquest sentit, 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). L'efecte d'alteració de la distribució de la fauna carcinològica a causa de la contaminació per un pou negre es tracta a GRÀCIA *et al.* (2003b). 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. Cal també esmentar que a GRÀCIA *et al.* (2009) es 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.

Característiques principals de les cavitats amb hàbitats anquihalins

L'estabilitat ambiental, l'obscuritat permanent i l'oligotròfia 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 de 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, ja que generalment sols reben 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 aportos d'aigües freàtiques més o manco dolces, 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 anquihalines però amb accés més o menys directe a la mar, ben diferenciades de les coves submarines pròpiament dites.

A les cavitats s'estableix una columna d'aigua permanentment estratificada, 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 pycnoclines (Fig. 3).

Aspectes biogeogràfics

Un dels trets més distintius dels tàxons anquihalins, pobladors d'aquests ambients, és llur patró de distribució general, desconcertant a primer cop d'ull: totes les espècies d'un mateix gènere es coneixen en illes separades per conques oceàniques senceres a més de grans masses continentals; a les Balears, Yucatán i Nova Caledònia, per exemple. La distribució de les espècies vicariants termòfiles en coves molt allunyades entre si pren sentit si traslladam la seva distribució actual sobre un mapa de paleolínie 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 (Fig. 4). 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 poc profundes 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 de 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.

A més, aquestes distribucions disjunctes extremes són comunes a molts grups d'animals anquihalins, fins al punt que la composició faunística de les coves anquihalines d'arreu del món es pot predir amb força facilitat. Per més aïllada i allunyada de la resta que estigui una localitat anquihalina descoberta de nou, la proporció de nous tàxons coincidents amb els d'altres estacions anquihalines serà molt alta. Aquesta observació, juntament amb altres evidències, com el reduït potencial de dispersió a gran distància inherent als animals cavernícoles, apunta a la vicariança com a element modulador d'aquests patrons de distribució dels organismes. De fet, la inclusió gairebé perfecta d'aquests patrons de distribució dins les àrees cobertes per les mars del final del Mesozoic i el principi del Terciari suggereix que podrien ser el resultat de vicariança a causa de la tectònica de plaques. Molts d'aquests animals estigobis (és a dir, habitants exclusius del medi aquàtic subterrani) poden, doncs, haver derivat de fauna marina que hauria colonitzat el medi subterrani durant aquests períodes tan remots.

Les aigües subterrànies, tant les que ocupen el medi intersticial marí com les que es troben situades terra endins, accessibles únicament per coves i pous, o les de llits de rius i planes al·luvials (medi hiporreic) acostumen, per llur relatiu aïllament, a hostatjar un bon nombre d'endemismes. Els animals que hi viuen mostren sovint trets morfològics, fisiològics i de comportament que s'interpreten com adaptacions al medi cavernícola. Entre els artròpodes, les manifestacions més destacables són la regressió de l'aparell visual i de la pigmentació corporal, així com la prolongació extrema dels apèndixs corporals (antenes, cames, etc.). A més, molts pertanyen a llinatges primitius, sovint desconeguts a la superfície, i cal considerar-los com relíquies filogenètiques o biogeogràfiques. Es tracta, doncs, d'una fauna extremadament rellevant des del punt de vista científic, a més del de la conservació.



Figura 4: Els copèpodes suposen una part molt important de la biodiversitat de les cavitats de la franja litoral (Foto: M. Vadell).

Figure 4: Copepoda are a very important part of cave biodiversity in the littoral fringe (Photo: M. Vadell).



Figura 5: *Bermudacaris* sp. Decàpode estigobiont trobat a la cova Genovesa (Manacor) i a la cova des Coll (Felanitx), a l'illa de Mallorca.

Figure 5: *Bermudacaris* sp. Stygobiontic decapod from Cova Genovesa (Manacor) and Cova des Coll (Felanitx), both in Mallorca Island.

Catàleg faunístic

Classe Malacostraca

Ordre Decapoda

Les dues darreres dècades han estat testimoni de la troballa dels primers decàpodes estigobis a les Balears, en un parell de coves del litoral mallorquí. Cal esmentar la troballa d'una espècie de la família Stenopodidae, *Odontozona addaia* Pretus, 1990 a les coves submarines de Fornells, a Menorca, si bé aquesta espècie té els ulls desenvolupats normalment i el cos pigmentat, i cal considerar-la més aviat una espècie esciàfila marina (és a dir, 'que defuig de la llum') que estrictament

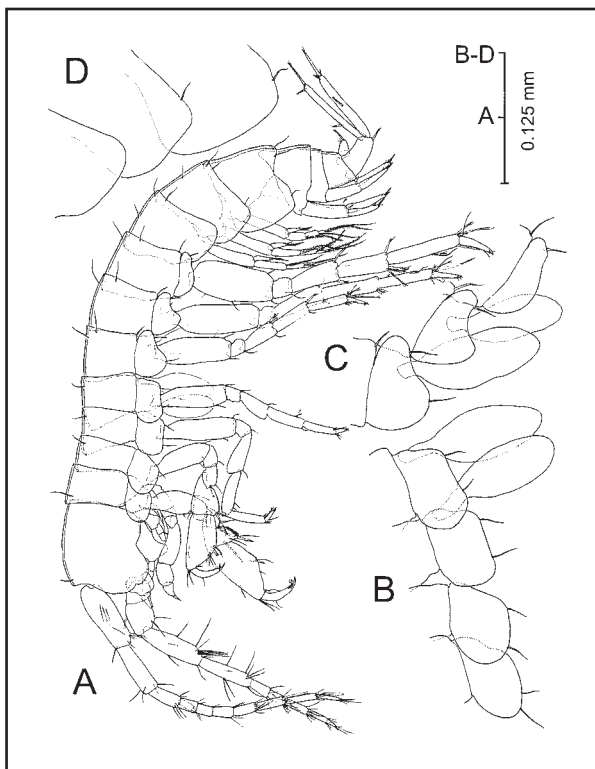


Figura 6: *Racovella birramea* Jaume, Gràcia & Boxshall, 2007. Gènere i espècie d'amfípode descrit a partir d'exemplars trobats a la cova des Coll, cavitat anquihalina del litoral de Felanitx (Mallorca).

Figure 6: *Racovella birramea* Jaume, Gràcia & Boxshall, 2007. Genus and species of amphipoda described from exemplars collected in Cova des Coll, anchialine cave in the littoral of Felanitx (Mallorca).

cavernícola. Un altre decàpode, aquest pròpiament estigobi, va esser trobat a Mallorca, concretament a la cova Genovesa (Manacor) l'any 2002, i l'any 2009 a la cova des Coll (Felanitx). Es tracta d'un nou alfeid (Alpheidae) cavernícola que pertany al gènere *Bermudacaris* Anker & Iliffe, 2000 (l'espècie resta encara per ser formalment descrita), que és integrat per altres tres espècies, endèmiques respectivament de Bermuda, el litoral de l'Àustràlia nord-occidental i el Vietnam; l'espècie mallorquina i la de Bermuda són les úniques d'hàbits cavernícoles (Fig. 5).

Ordre Mysidacea

Dels misidacis, al nostre territori hi ha diverses espècies que de dia són dins a les coves i a la nit surten a alimentar-se a aigües obertes. És el cas de *Hemimysis margalefi* Alcaraz, Riera & Gili, 1986 i *H. lamornae* Couch, 1856, ambdues freqüents a les coves submarines balears. Ni l'una ni l'altra presenten la regressió de l'aparell ocular ni de la pigmentació corporal típiques dels veritables misidacis cavernícoles. Sí que té aquestes característiques, en canvi, *Burrimysis palmeri* Jaume & García, 1993, descobert a la cova des Burri, cavitat amb llacs anquihalins de Cabrera el 1993, i que, per tant, és un dels pocs representants estrictament cavernícoles

d'aquest grup a la regió Mediterrània. L'espècie pertany a un gènere monotípic, emparentat llunyanament amb *Deltamysis*, un tàxon també monotípic de l'oceà Pacífic nord-americà. Un altre gènere i espècie nou s'ha trobat a una cavitat marina de Menorca: *Retromysis nura* Wittmann, 2004.

Ordre Thermosbaenacea

Els termosbenacis, aquest grup enigmàtic i poc nombrós de crustacis cavernícoles que es caracteritzen perquè les femelles porten els embrions dins una cambra dorsal constituïda per la closca, tenen un únic representant al nostre territori: *Tethysbaena scabra* (Pretus, 1991), una espècie pròpia de coves anquihalines de Mallorca, Menorca, Cabrera i sa Dragonera, a les Balears. Es coneix una altra espècie ibèrica del gènere a la península. Els termosbenacis són molt freqüents a les picnoclines desenvolupades als llacs anquihalins, on neda activament i a on sembla que s'alimenten dels núvols de matèria orgànica, bacteris i protists suspesos en aquestes interfases.

Ordre Amphipoda

Salentinella angelieri Rufo & Delamare-Deboutteville, 1952 és l'únic amfípode estigobiont 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. *Metacrangonyx longipes* Chevreux, 1909 és una espècie estigobiont endèmica, de les primeres descrites. Entre els amfípodes, destaquen les troballes recents fetes en els estudis de coves anquihalines. *Psammogammarus burri* Jaume & García, 1992 (descrit a les capes més fondes de la cova des Burri a Cabrera, l'única localitat coneguda de l'espècie) pertany a la família dels melítids (Melitidae), típicament marina, i és un dels amfípodes amb característiques més similars a les dels troglobis coneguts, en el sentit que mostra una prolongació extrema dels apèndixs corporals (antenes, cames i uropodis), suposadament com una adaptació a la vida a l'ambient cavernícola. A la mateixa família que l'anterior pertany *Pseudoniphargus*, del qual s'han descrit sis espècies a les Balears (*P. mercadali* Pretus, 1988, *P. racovitzae* Pretus, 1990, *P. pedrerae* Pretus, 1990, *P. pityusensis* Pretus, 1990, *P. triasi* Jaume, 1991 i *P. daviui* Jaume, 1991). Aquest gènere, estrictament subterrani, és extremament divers i mostra una distribució general que comprèn les ribes de la Mediterrània occidental, la península Ibèrica i tots els arxipèlags de la Macaronèsia –a excepció de les illes del Cap Verd–, a més de l'illa de Bermuda, a l'Atlàntic nord-occidental.

Els bogidièl·lids (Bogidiellidae), també exclusivament subterranis, tenen representants a les aigües dolces i intersticials marines de tots els continents, llevat de l'Antàrtida. *Bogidiella balearica* Dancau, 1973 és un am-

fípode endèmic de Mallorca i Cabrera (DANCAU, 1973; JAUME, 1993). A Mallorca ocupa únicament cavitats anquihalines de la costa de Manacor (coves del Drac, coves dels Hams, sistema Pirata-Pont-Piqueta, sistema Gleda-Camp des Pou, coves de Cala Varques). Un altre bogidièl·lid, aquest d'hàbits hiporreics, és *Bogidiella torrenticola* Pretus & Stock, 1990, del torrent de Pareis, a Mallorca. Un gènere i espècie descobert darrerament és *Racovella birramea* Jaume, Gràcia & Boxshall, 2007; fou descrita a partir d'exemplars de la cova des Coll, cavitat anquihalina del litoral de Felanitx, a Mallorca, i el seu gènere és monotípic. S'ha localitzat a les zones de

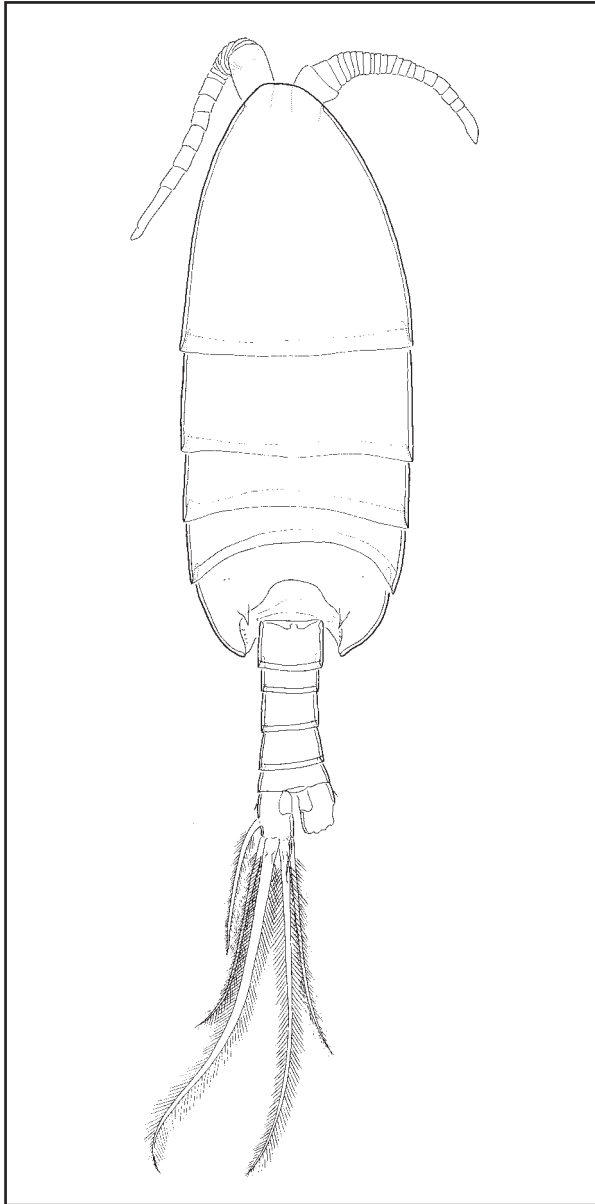


Figura 7: *Paramisophria mediterranea* Jaume, Cartes & Boxshall, 2000. Copèpode calanoide estigobiont endèmic conegut únicament de la cova de na Mitjana (Capdepera, Mallorca). És un depredador molt voraç d'altres copèpodes.

Figure 7: *Paramisophria mediterranea* Jaume, Cartes & Boxshall, 2000. Stygobiontic calanoid copepoda only known from Cova de na Mitjana (Capdepera, Mallorca). It is a very voracious predator of other copepoda.

la columna d'aigua amb més salinitat i fins ara no s'ha trobat a cap altra cavitat (Fig. 6). Encara que no és una espècie trobada dins cavitats, cal esmentar un melítid (Melitidae) marí propi del medi intersticial, amb regressió ocular parcial: *Nuuanu beatricis* Jaume & Box, 2007 que viu en fons arenosos del sud-oest mallorquí.

Ordre Isopoda

Pel que fa als isòpodes, a les darreres dècades ha aparegut nova informació sobre cirolànids (Cirolanidae), una família típicament marina, de costums majoritàriament necròfags i amb una munió d'espècies cavernícoles a la major part de les regions subtropicals del món. *Metacirolana ponsi* Jaume & García, 1992 és l'únic representant mediterrani del seu gènere, amb espècies cavernícoles a Yucatán. L'única localitat coneguda de l'espècie és la cova des Burrí, a Cabrera. La distribució general del gènere *Typhlocirolana* inclou la franja lleuantina ibèrica, les Balears, Sicília i també el Marroc i Algèria. *T. moraguesi* Racovitza, 1905 estigobiont endèmic balear (citada únicament a Mallorca, Menorca, Cabrera i sa Dragonera) va ésser descrit a principis del segle passat a partir de material capturat a les coves del Drac de Portocristo. És una espècie eurihalina i es localitza a les galeries de drenatge d'aigua dolça de la serra de Tramuntana, com la cova dets Estudiants (Sóller) i a totes les cavitats anquihalines de les Gimnèsies. Es troba a qualsevol fondària, des de la superfície dels llacs fins a les cotes més fondes i actua com a depredador de molts de crustacis i fins i tot es menja a altres exemplars de la seva espècie.

Deixant de banda els cirolànids, cal remarcar la troballa de *Trogloaniropsis lloberai* Jaume, 1995 un asellota (Asellota) caracteritzat per la prolongació extrema de les antènules. És un gènere monotípic propi de coves anquihalines i litorals de Mallorca i Cabrera, si bé se'n coneixen altres representants, encara no formalment descrits, en coves anquihalines de terres extremament llunyanes, com l'illa de Cozumel, al Carib mexicà, i l'illa de Lifou, prop de Nova Caledònia, al Pacífic.

Balearonethes sesrodesanus Dalens, 1977 és una espècie de costums amfibies, ja que sempre ha estat recol·lectada sota pedres submergides en petits rierols subterranis. Endemisme de Mallorca, només recol·lectat a les localitats de la cova de les Rodes i de la cova de Can Sivella (Pollença).

Classe Maxillopoda

Ordre Calanoida

Els copèpodes calanoides, que són majoritaris al plàncton marí, tenen entre les formes més primitives espècies suprabentòniques, i en alguns casos han colonitzat les coves submarines i anquihalines com una extensió del seu hàbitat natural. Els darrers anys s'han descrit una munió d'espècies i, fins i tot, nous gèneres, d'algunes coves de les Balears i Sardenya. Així, *Exumella mediterranea* Jaume & Boxshall, 1995 (Ridgewayiidae) és propi de coves de Mallorca, Menorca i Cabrera,

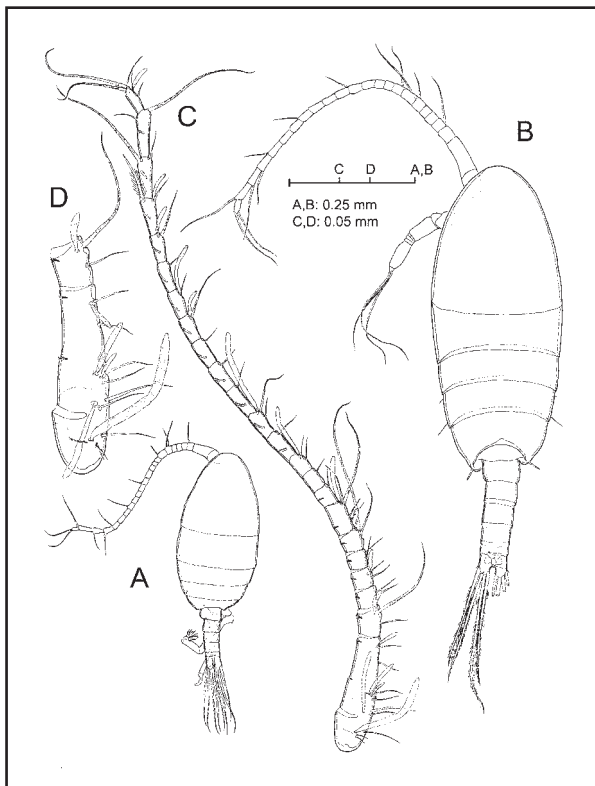


Figura 8: A. *Stephos vivesi* Jaume, Boxshall & Gràcia, 2008. Espècie diminuta detritívora, descrita de la cova des Coll (Felanitx) i de la cova Genovesa (Manacor) ambdues a Mallorca. B. *Stephos margalefi* Riera, Vives & Gili, 1991. Espècie trobada per primera vegada a la cova de sa Catedral (Capdepera, Mallorca), cova submarina amb aports d'aigües dolces.

Figure 8: A. *Stephos vivesi* Jaume, Boxshall & Gràcia, 2008. Minute detritivore species described from Cova des Coll (Felanitx) and Cova Genovesa (Manacor), both in Mallorca. B. *Stephos margalefi* Riera, Vives & Gili, 1991. Species found for the first time in Cova de sa Catedral (Capdepera, Mallorca), submarine cave with some freshwater inputs.

a més de l'Alguer, a Sardenya (Grotta Verde, Dasterru de la Dragunara). Se'n coneixen tres espècies més, que viuen als fons arenosos de Jamaica, les illes Bahames i en un cenote de Yucatán, a Mèxic, respectivament. Una altra espècie, no descrita encara formalment, viu en aigües subterrànies de Lanzarote. De la mateixa família és *Ridgewayia marki* ssp. *minorcaensis* Razouls & Carola, 1996, citada de una cova submarina de cala en Porter (Menorca).

Paramisophria mediterranea Jaume, Cartes & Boxshall, 2000 és un arietèlid (Arietellidae) conegut únicament de la cova de na Mitjana (Capdepera). El seu gènere té representants cavernícoles, però també altres propis de fons marins, tant soms com batials. Les espècies de *Paramisophria* presenten una morfologia molt característica, amb el cos fortament asimètric, com el llenguado (Fig. 7). En diferents coves de Mallorca habita una segona espècie, encara no descrita formalment. Tant *Exumella* com *Paramisophria* són predadors voraçs d'altres copèpodes, els quals capturen amb els maxil·lípedes hipertrofiats i fornits de fortes espines. *Stygocyclopia balearica* Jaume & Boxshall, 1995 és un pseudociclopíid (Pseudocyclopiidae) habitant de coves anquihalines de Mallorca, Menorca i Cabrera, a més del tub volcànic dels Jameos

del Agua, a Lanzarote i de Sardenya. Aquesta espècie es manté sempre a dins salinitats marines, i sembla partir 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. Té tres congèneres en altres coves del món: a Austràlia, a les Filipines i a les illes Loyauté, a Nova Caledònia (on, en aquestes darreres illes, encara no ha estat descrit). *Thompsonopia mediterranea* Jaume, Fosshagen & Iliffe, 1999, un altre pseudociclopíid, es coneix únicament de la cova de na Mitjana (Capdepera) al litoral mallorquí, i té dos congèneres al suprabentos d'aigües somes del Japó i de l'Atlàntic oriental.

Finalment, cal esmentar *Stephos vivesi* Jaume, Boxshall & Gràcia, 2008, un estèfid (Stephidae) diminut descrit recentment en coves anquihalines de la costa de Manacor i cova des Coll (Felanitx), a Mallorca, on és una espècie simpàtrica de l'endemisme *S. margalefi* Riera, Vives & Gili, 1991, trobat també en aquestes cavitats, a més de la cova de sa Catedral (Capdepera), una cova submarina amb alguns aports d'aigües dolces a on es va trobar per primer cop. Tot i ser afins, aquestes dues espècies congèneres tenen trets morfològics distintius i difereixen ostensiblement per la mida corporal (Fig. 8). Tant els pseudociclopíids com els estèfids són detritívors, en contraposició als calanoides predadors esmentats anteriorment.

Ordre Misophrioida

Els primers representants dels misofrioides (Misophrioida), un ordre primitiu de copèpodes, van ser descrits els anys noranta, a partir de material capturat en coves anquihalines de les Balears i de l'Alguer, a Sardenya. Així, *Speleophria gymnesica* Jaume & Boxshall, 1996 i *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996 pertanyen a gèneres estrictament cavernícoles amb distribucions disjunctes extremes. Pel que fa al primer, a més de les Balears, es troba a l'Adriàtica, Bermuda, Yucatán i el nord-oest d'Austràlia; i el segon, a Lanzarote, Bermuda i les illes Palau, aquestes darreres al Pacífic occidental. *Speleophria gymnesica* només és conegut fins ara de les coves ACD de Cala Varques i del sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor), també de la cova des Coll, a Portocolom (Felanitx) (GRÀCIA *et al.*, 2005, 2006) i d'una altra cova de Menorca (Fig. 9). Ocupa les parts més profundes de salinitat marina de les cavitats. *Speleophriopsis balearicus* s'ha citat a Mallorca, Menorca i Cabrera, a vegades en simpatria amb l'espècie *Speleophria gymnesica*. Tant *Speleophria* com *Speleophriopsis* es capturen rarament en tot el seu àmbit de distribució (Fig. 10).

Ordre Cyclopoida

Les troballes més rellevants de copèpodes ciclopoides fan referència a la família dels ciclopínids (Cyclopiidae), típicament marina, i inclouen dos nous gèneres monotípics, endèmics de les Balears i estigobionts. Així, en coves de Mallorca i Cabrera s'ha descobert *Troglocyclopina balearica* Jaume & Boxshall, 1996, habitant de



Figura 9: Cova de Cala Varques B (Manacor, Mallorca). El desenvolupament de les tècniques de busseig en coves ha permès la recerca de fauna aquàtica a les zones més allunyades dels llacs d'entrada (Foto: A. Cirer).

Figure 9: Cova de Cala Varques B (Manacor, Mallorca). The advance in the cave-diving techniques has allowed the researches on aquatic fauna, even in the zones farthest from the entrance pools.

les capes menys salabroses, gairebé dolces, d'algunes cavernes anquihalines. És l'únic ciclopínid conegut que ha penetrat dins aigües continentals, tota la resta són marins. Es tracta d'un copèpode de mida petita (ateny sols 0,3 mm de mida corporal). Es coneix de coves anquihalines de la costa SE de Mallorca, des de Capdepera fins a Felanitx, així com a dues coves de Cabrera.

D'altra banda, *Ginesia longicaudata* Jaume & Boxshall, 1997 es coneix en un únic llac anquihalí del litoral de Capdepera, a Mallorca; és un dels pocs copèpodes coneguts amb el tegument cobert d'excrecències. *Hali-cyclops troglodytes* Kiefer, 1954 és una 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, la cova Genovesa i a la cova de s'Abisament s'ha capturat a les capes de menor salinitat. *Muceddina multispinosa* Jaume & Boxshall, 1996 ha estat citada de cavitats de Sardenya, Canàries i de les Balears. S'ha citat de la cova de na Mitjana (Capdepera) i de la cova de sa Llumeta (illa Conillera). *Diacyclops clandestinus* (Kiefer, 1936) és una espècie estigobiont dolçaquícola de distribució Paleàrtica. A les Balears, s'ha citat del medi hiporreic de sa Calobra, de la cova de les Rodes (Pollença) i de la cova de s'Abissament (Sant Llorenç des Cardassar), aquesta darrera localitat amb aigua salobre.

Finalment, quant a ciclopoides típicament dolçaquícules, *Eucyclops leschermoutouae* Alekseev & Defaye, 2004 fou descrit en un pou de Sóller, i aparentment se circumscriu a aquesta vall mallorquina.

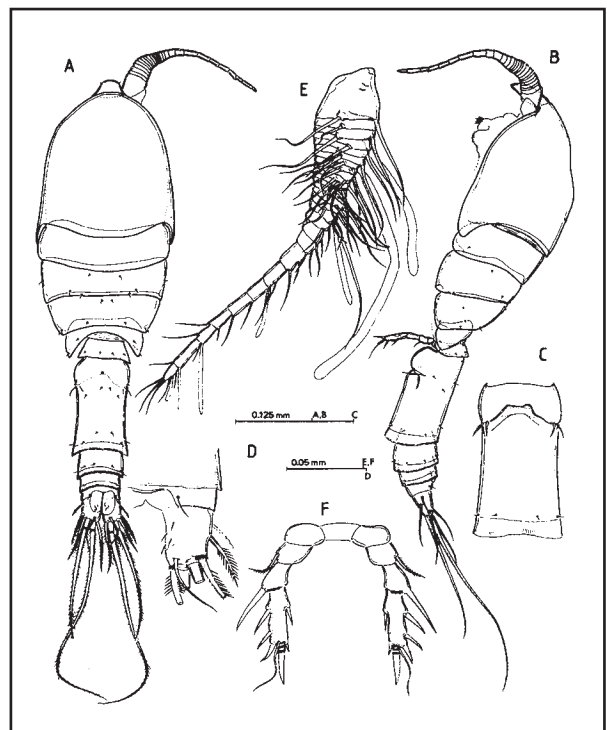


Figura 10: *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996. Vista dorsal i lateral. Espècie de copèpode misofrioid estigobiont i endèmica de les Gimnèsies.

Figure 10: *Speleophriopsis balearicus* Jaume & Boxshall, 1996. Dorsal and lateral views. Stygobiontic species of misofrioid copepoda, endemic of the Gymnesian Islands (Mallorca and Menorca).

Classe MAXILLOPODA Dahl, 1956 Subclasse COPEPODA H. Milne Edwards, 1830	Classe MALACOSTRACA Latreille, 1806
Ordre CALANOIDA G.O. Sars, 1903	Ordre AMPHIPODA Latreille, 1816
Família Arietellidae G.O. Sars, 1902 Gènere <i>Metacalanus</i> Cleve, 1901 <i>Metacalanus</i> sp. Gènere <i>Paramisophria</i> T. Scott, 1897 <i>P. mediterranea</i> Jaume, Cartes & Boxshall, 2000 <i>Paramisophria</i> sp. nov. 1	Suborden Gammaridea Dana, 1852
Família Pseudocyclopiidae T. Scott, 1892 Gènere <i>Stygocyclopija</i> Jaume & Boxshall, 1995 <i>Stygocyclopija balearica</i> Jaume & Boxshall, 1995 Gènere <i>Thompsonopia</i> Jaume, Fosshagen & Iliffe, 1999 <i>T. mediterranea</i> Jaume, Fosshagen & Iliffe, 1999	Família Bogidiellidae Hertzog, 1936 Gènere <i>Bogidiella</i> Hertzog, 1933 <i>B. (Bogidiella) balearica</i> Dancau, 1973 Gènere <i>Racovella</i> Jaume, Gràcia & Boxshall (2007) <i>R. birramea</i> Jaume, Gràcia & Boxshall (2007)
Família Ridgewayiidae M.S. Wilson, 1958 Gènere <i>Ridgewayia</i> Thompson & Scott, 1903 <i>R. marki</i> ssp. <i>minorcaensis</i> Razouls & Carola, 1996 Gènere <i>Exumella</i> Fosshagen, 1970 <i>E. mediterranea</i> Jaume & Boxshall, 1995	Família Melitidae Bousfield, 1977 Gènere <i>Pseudoniphargus</i> Chevreux, 1901 <i>P. mercadali</i> Pretus, 1988 <i>P. racovitza</i> Pretus, 1990 <i>P. pedrerae</i> Pretus, 1990 <i>P. pityusensis</i> Pretus, 1990 <i>P. triasi</i> Jaume, 1991 <i>P. daviui</i> Jaume, 1991 Gènere <i>Psammogammarus</i> S. Karaman, 1955 <i>P. burri</i> Jaume & García, 1992
Família Stephidae G.O. Sars, 1902 Gènere <i>Stephos</i> T. Scott, 1892 <i>S. margalefi</i> Riera, Vives & Gili, 1991 <i>S. vivesi</i> Jaume, Boxshall & Gràcia, 2008	Família Metacrangonyctidae Boutin & Messouli, 1988 Gènere <i>Metacrangonyx</i> Chevreux, 1909 <i>M. longipes</i> Chevreux, 1909
Ordre CYCLOPOIDA Burmeister, 1834	Família Salentinellidae Bousfield, 1977 Gènere <i>Salentinella</i> Ruffo, 1947 <i>S. angelieri</i> Ruffo & Delamare-Deboutteville, 1952
Família Cyclopiidae Dana, 1853 Gènere <i>Diacyclops</i> Kiefer, 1927 <i>Diacyclops</i> cf. <i>clandestinus</i> (Kiefer, 1936) Gènere <i>Halicyclops</i> A.M. Norman, 1903 <i>H. troglodytes</i> Kiefer, 1954 Gènere <i>Mesocyclops</i> Kiefer, 1927 <i>Mesocyclops</i> cf. <i>salinus</i> Onabamiro, 1957 Gènere <i>Metacyclops</i> Kiefer, 1927 <i>M. subdolos</i> Kiefer, 1938 Gènere <i>Neocyclops</i> Gurney, 1927 <i>N. (Protoneocyclops) mediterraneus</i> (Kiefer, 1960)	Ordre ISOPODA Latreille, 1817
Família Cyclopinidae G.O. Sars, 1913 Gènere <i>Ginesia</i> Jaume & Boxshall, 1997 <i>G. longicaudata</i> Jaume & Boxshall, 1997 Gènere <i>Muceddina</i> Jaume & Boxshall, 1996 <i>M. multispinosa</i> Jaume & Boxshall, 1996 Gènere <i>Troglocyclopina</i> Jaume & Boxshall, 1996 <i>T. balearica</i> Jaume & Boxshall, 1996	Subordre Asellota Latreille, 1803
Ordre HARPACTICOIDA G.O. Sars, 1903	Superfamília Janiroidea
Família Superornatiremidae Huys, 1996 Gènere <i>Intercrusia</i> Huys, 1996 <i>I. garciai</i> Jaume, 1997 Gènere <i>Neoechinophora</i> Huys, 1996 <i>N. xoni</i> Jaume, 1997 Gènere <i>Superornatiremis</i> Huys, 1996 <i>S. mendai</i> Jaume, 1997	Família Janiridae G.O. Sars, 1899 Gènere <i>Trogloianiropsis</i> Jaume, 1995 <i>T. lloberai</i> Jaume, 1995
Ordre MISOPHRIOIDA Gurney, 1933	Família Microparasellidae Karaman, 1933 Gènere <i>Microcharon</i> Karaman, 1934 <i>Microcharon</i> sp.
Família Speleophriidae Boxshall & Jaume, 2000 Gènere <i>Speleophria</i> Boxshall & Iliffe, 1986 <i>S. gymnesica</i> Jaume & Boxshall, 1996 Gènere <i>Speleophriopsis</i> Jaume & Boxshall, 1996 <i>S. balearicus</i> Jaume & Boxshall, 1996	Subordre Cymothoida Wägele, 1989
	Família Cirolanidae Dana, 1852 Gènere <i>Typhlocirolana</i> Racovitza, 1905 <i>T. moraguesi</i> Racovitza, 1905 Gènere <i>Metacirolana</i> Nierstrasz, 1931 <i>M. ponsi</i> Jaume & García, 1992
	Ordre MYSIDACEA Boas, 1883
	Subordre Mysida Boas, 1883
	Família Mysidae Latreille, 1803 Gènere <i>Burrimysis</i> Jaume & García, 1993 <i>B. palmeri</i> Jaume & García, 1993 Gènere <i>Retromysis</i> Wittmann, 2004 <i>R. nura</i> Wittmann, 2004
	Ordre THERMOSBAENACEA Monod, 1927
	Família Monodellidae Taramelli, 1954 Gènere <i>Tethysbaena</i> Wagner, 1994 <i>T. scabra</i> (Pretus, 1991)
	Ordre DECAPODA Latreille, 1802
	Subordre Natantia Boas, 1880
	Família Alpheidae Rafinesque, 1815 Gènere <i>Bermudacaris</i> Anker & Iliffe, 2000 <i>Bermudacaris</i> sp. nov.

Taula 1: Llistat dels crustacis anquihalins estigobionts de cavitats Balears (subratllat: tàxons endèmics).

Table 1: Check-list of stygobiont anchialine crustaceans from Balearic caves (endemic taxa underlined).

Classe MAXILLOPODA Dahl, 1956
Subclasse COPEPODA H. Milne Edwards, 1830
Ordre CYCLOPOIDA Burmeister, 1834
Família Cyclopidae Dana, 1853
Gènere <i>Diacyclops</i> Kiefer, 1927
<i>Diacyclops clandestinus</i> (Kiefer, 1936)
Ordre HARPACTICOIDA G.O. Sars, 1903
Família Ameiridae Monard, 1927
Gènere <i>Nitocrella</i> Chappuis, 1923
<i>N. stammeri</i> Chappuis, 1938
Classe MALACOSTRACA Latreille, 1806
Ordre BATHYNELLACEA Chappuis, 1915
Família Parabathynellidae Noodt, 1964
Gènere <i>Paraiberobathynella</i> Camacho & Serban, 1998
<i>P. fagei</i> (Delamare & Angelier, 1950)
Ordre AMPHIPODA Latreille, 1816
Subordre Gammaridea Dana, 1852
Família Melitidae Bousfield, 1977
Gènere <i>Pseudoniphargus</i> Chevreux, 1901
<i>Pseudoniphargus n.sp.</i>
Família Metacrangonyctidae Boutin & Messouli, 1988
Gènere <i>Metacrangonyx</i> Chevreux, 1909
<i>M. longipes</i> Chevreux, 1909
Família Salentinellidae Bousfield, 1977
Gènere <i>Salentinella</i> Ruffo, 1947
<i>S. angelieri</i> Ruffo & Delamare-Deboutteville, 1952
Ordre ISOPODA Latreille, 1817
Subordre Asellota Latreille, 1803
Família Microparasellidae Karaman, 1933
Gènere <i>Microcharon</i> Karaman, 1933
<i>Microcharon sp. 1</i>
<i>Microcharon sp. 2</i>
Subordre Cymothoidea Wägele, 1989
Família Cirolanidae Dana, 1852
Gènere <i>Typhlocirolana</i> Racovitza, 1905
<i>T. moraguesi</i> Racovitza, 1905
Subordre Oniscidea Latreille, 1829
Família Trichoniscidae G.O. Sars, 1899
Gènere <i>Balearonethes</i> Dalens, 1977
<i>B. sesrodesanus</i> Dalens, 1977

Taula 2: Llistat dels crustacis dolçaquícules estigobionts de cavitats Balears (subratllat: tàxons endèmics).

Table 2: Check-list of stygobiotic freshwater crustaceans of Balearic caves (endemic taxa underlined).

Ordre Harpacticoida

La cova de na Mitjana i la cova de na Barxa (Capdepera), cavitats litorals mallorquines van lliurar, l'any 1997, els primers representants coneguts a la mar Mediterrània de la família dels superornatirèmids (Superornatirèmidae), uns copèpodes harpacticoides caracteritzats per mostrar un nombre inusualment elevat d'espines a les cames. Així, els gèneres *Superornatiremis* i *Intercrusia*, fins aleshores monotípics i restringits a coves anquihalines de Bermuda, tenen cadascun un representant a Mallorca: *Superornatiremis mendai* Jaume,

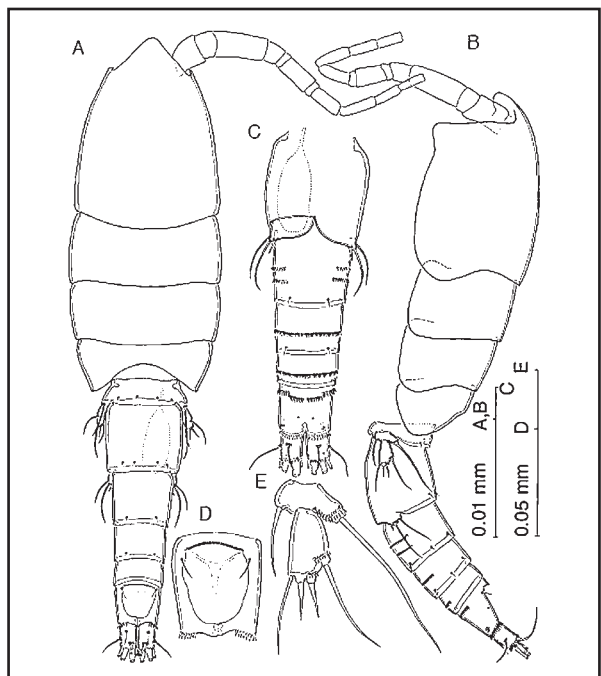


Figura 11: *Superornatiremis mendai* Jaume, 1997 ha estat citada únicament de la cova de na Mitjana i de la cova de na Barxa (Capdepera). L'espècie està dedicada a l'espeleòleg Jaume Damians, àlies "El Menda", finat l'any 2008.

Figure 11: *Superornatiremis mendai* Jaume, 1997 has been cited only from Cova de na Mitjana and Cova de na Barxa (Capdepera). This species is dedicated to the caver Jaume Damians, a.k.a. "El Menda", deceased in 2008.

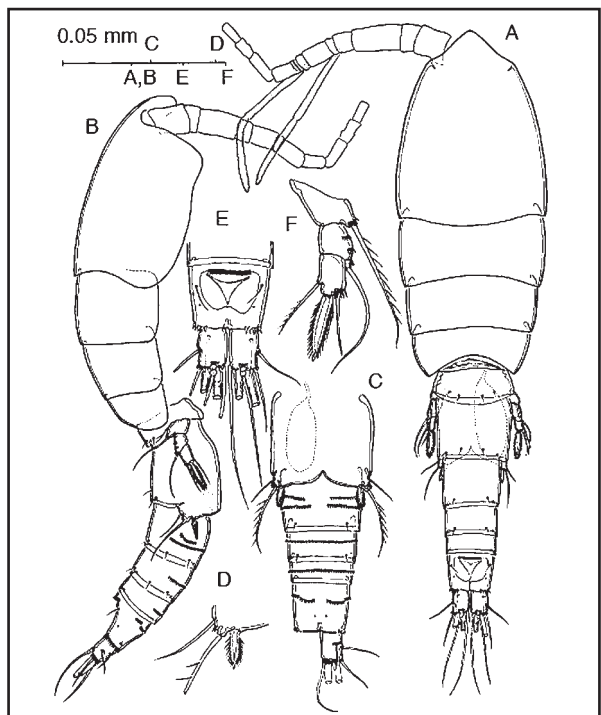


Figura 12: *Neoechinophora xoni* Jaume, 1997 espècie trobada únicament a la cova de na Mitjana (Capdepera). L'espècie està dedicada a l'espeleòleg i paleontòleg Joan Pons, àlies "El Xoni", finat l'any 2003.

Figure 12: *Neoechinophora xoni* Jaume, 1997 has been exclusively collected in Cova de na Mitjana (Capdepera). This species is dedicated to the caver and paleontologist Joan Pons, a.k.a. "El Xoni", deceased in 2003.

1997 i *Intercrusia garciai* Jaume, 1997. *S. mendai* ha estat citada de la cova de na Mitjana i de la cova de na Barxa i *Intercrusia garciai* únicament de la cova de na Mitjana. D'altra banda, *Neoechinophora xoni* Jaume, 1997 descobert a la mateixa cavitat que les espècies precedents (cova de na Mitjana), pertany a un gènere amfiatlàntic integrat per quatre espècies cavernícoles que es troben a Bermuda i Lanzarote.

Agraïments

La concessió de diversos projectes d'estudi de *Conservació de la Biodiversitat* per part de l'*Obra Social de Sa Nostra* ha suposat un important impuls a l'increment de les recerques. S'han explorat, topografiat i documentat cavitats amb importants continuacions sota l'aigua mitjançant tècniques de busseig espeleològic. Així 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.

Bibliografia

- ARNAU, P.; LAÍNEZ, N.; ZUBILLAGA, M. & GÓMEZ, D. (2008): Les coves de cala Blanca (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 32: 105-139.
- GINÉS, A. (1982): *Bioespeleologia del karst mallorquí, datos ecológicos preliminares*. Tesi de Llicenciatura. Departamento de Ecología, Universidad de Palma de Mallorca. 219 pàgs. Inèdit.
- 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 *Símposium d'Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - S.I.S. del C. E. de Terrassa. 81-95. Terrassa, Barcelona.
- 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.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J. J. (2010a): El sistema Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- 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.
- 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*, 31: 43 - 96.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J. J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B. & POCOVÍ, J. (2009): Morfologies de corrosió a la part submergida de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 33: 73-98.
- GRÀCIA, F.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; TRIAS, M.; FORNÓS, J. J.; FEBRER, M. & POCOVÍ, J. (2010b): 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. & VADELL, M. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- 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*: 309-322. Ed. Moll / CSIC. Palma de Mallorca.
- JAUME, D. (2010): Crustacis del medi subterrani. p. 218-221. En: Giralt, J. (ed.). *Història Natural dels Països Catalans. Suplement Flora i Fauna*. Enciclopèdia Catalana, Barcelona.
- JAUME, D. & GARCÍA, L. (1992): Nota preliminar sobre la presència de crustacis talasoestigobionts a una cova litoral de l'illa de Cabrera (Balears). *Endins*, 17-18: 57-59.
- 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.
- PETRUS, J. L. & STOCK, J. H. (1990): A new hyporheic Bogidiella (crustacea, Amphipoda) from Mallorca. *Endins*, 16: 47-51.
- SKET, B. (1986): Ecology of the mixohaline hypogean fauna along the Yugoslav coasts. *Stygologia*, 2 (4): 317-338.
- STOCK, J.H. & ILIFFE, T.M. (1987): The status of *Bogidiella balearica* Dancau, 1973, a stygobiont amphipod from Mallorca. *Endins*, 13: 39-46.

LES RATAPINYADES DE LES ILLES BALEARS: DISTRIBUCIÓ, AVALUACIÓ I ESTAT SANITARI DE LES POBLACIONS

per Jordi SERRA-COBO^{1,2}, Xavier BAYER², Marc LÓPEZ-ROIG^{1,2} i Magdalena SEGUÍ¹

Abstract

Bats are considered an excellent group of environmental health indicator. Besides its ecological importance, the bats have acquired in recent years a great interest in epidemiological studies because they are an important reservoir of emerging viral zoonoses.

This paper highlights the ecological and epidemiological information obtained since 1993 in the Balearic Islands. During these years we have used different methodologies: exploration of underground cavities, installing Japanese nets and recording and analysis of ultrasonic signals emitted by bats. The results obtained indicate that the Balearic Islands have a very high diversity of bats, with the presence of 19-20 species, the most abundant *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus pygmaeus* and *Tadarida teniotis*. These four species together with *Hypsugo Savii*, *Plecotus austriacus*, *Rhinolophus ferrumequinum* and *Rhinolophus hipposideros*, are present in all the major islands of the archipelago.

The loss and alteration of the shelters have a negative impact on bat populations. However, is confirmed the gradual recovery of the colony of *Miniopterus schreibersii* hibernation in Minorca, after the great mortality that occurred in 2003. We have also verified several movements between different cavities either between islands or between one island refuges.

We observed spread of lyssavirus in Mallorca and Menorca colonies of bats, although that the risk of transmission of a bat to the human species is very low.

Resum

Les ratapinyades són considerades un excel·lent grup indicador de la salut ambiental. A més a més de la importància ecològica, els quiròpters han adquirit els darrers anys un gran interès en estudis epidemiològics perquè són un important reservori de zoonosis víriques emergents.

El present treball dona a conèixer la informació ecològica i epidemiològica obtinguda des de l'any 1993 a les Illes Balears. Durant aquests anys hem utilitzat diferents metodologies: prospeccions de cavitats subterrànies, instal·lació de xarxes japoneses i enregistraments i anàlisis dels senyals ultrasònics emesos pels quiròpters. Els resultats obtinguts indiquen que les Illes Balears presenten una diversitat de quiròpters força elevada, amb 19-20 espècies citades, essent les més abundants *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus kuhlii*, *Tadarida teniotis* i *Pipistrellus pygmaeus*. Aquestes quatre espècies juntament amb *Hypsugo savii*, *Plecotus austriacus*, *Rhinolophus ferrumequinum* i *Rhinolophus hipposideros*, són presents en totes les grans illes de l'Arxipèlag.

La pèrdua i les freqüents alteracions dels refugis incideixen negativament en les poblacions de les ratapinyades. No obstant això, s'ha pogut constatar la recuperació gradual de la colònia d'hibernada de *Miniopterus schreibersii* a Menorca, després de la gran mortaldat succeïda l'any 2003. També hem pogut verificar diversos desplaçaments entre cavitats, ja sigui entre illes o entre refugis d'una mateixa illa.

S'ha observat circulació de lyssavirus en colònies mallorquines i menorquines de ratapinyades, tot i que el risc de transmissió d'una ratapinyada a l'espècie humana és molt baix.

Resumen

Los murciélagos son considerados un excelente grupo indicador de la salud ambiental. Además de la importancia ecológica, los quirópteros han adquirido en los últimos años un gran interés en estudios epidemiológicos porque son un importante reservorio de zoonosis víricas emergentes.

El presente trabajo da a conocer la información ecológica y epidemiológica obtenida desde 1993 en las Islas Baleares. Durante estos años hemos utilizado diferentes metodologías: prospecciones de cavidades subterráneas, instalación de redes japonesas y grabaciones y análisis de las señales ultrasónicas emitidas por los quirópteros. Los resultados obtenidos indican que las Islas Baleares presentan una diversidad de quirópteros muy elevada, con presencia de 19-20 especies, siendo las más abundantes *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus kuhlii*, *Tadarida teniotis* i *Pipistrellus pygmaeus*. Estas cuatro especies juntamente con *Hypsugo savii*, *Plecotus austriacus*, *Rhinolophus ferrumequinum* y *Rhinolophus hipposideros*, son presentes en todas las grandes islas del Archipiélago.

La pérdida y las alteraciones de los refugios inciden negativamente en las poblaciones de murciélagos. No obstante, se ha podido constatar la recuperación gradual de la colonia de hibernación de *Miniopterus schreibersii* en Menorca, después de la gran mortalidad sucedida en el año 2003. También hemos podido verificar diversos desplazamientos entre diferentes cavidades ya sea entre islas o entre refugios de una misma isla.

Se ha observado circulación de lyssavirus en colonias mallorquinas y menorquinas de murciélagos, aunque el riesgo de transmisión de un quiróptero a la especie humana es muy bajo.

1 Centre de Recerca en Infeccions Víriques, Illes Balears (CRIVIB).
Plaça. Hospital, 3, 07012 Palma de Mallorca.

2 Areambiental, 08758 Cervelló (Barcelona).
E-mail: info@areambiental.com.

Introducció

Els quiròpters presenten unes característiques singulars que els fan únics dins de l'ordre dels mamífers. Les ratapinyades són un grup força antic (TEELING *et al.*, 2005) i han tingut un gran èxit evolutiu, gràcies principalment a la seva adaptació al medi aeri. Aquest fet queda ben palès en el gran nombre d'espècies (més de 1.150 espècies) i en la colonització de gairebé tots els ambients del planeta (excepte les regions més fredes). La multitud d'estratègies ecològiques diferents (comportamentals, alimentàries, reproductores, etc) permet aquesta gran diversitat d'espècies, les quals tenen en comú una elevada longevitat i una baixa taxa de fecunditat. Les ratapinyades són especialment sensibles als canvis en els ecosistemes, ja siguin per alteracions humanes o climatològiques (canvi climàtic). Factors, cada vegada més freqüents, tals com la pèrdua o alteració dels seus refugis (l'augment de la freqüentació humana a les coves i avencs), modificació dels seus hàbitats (fragmentació, urbanització, incendis forestals, etc) o esdeveniments meteorològics (temperatura, pluviositat) incideixen negativament sobre les poblacions de quiròpters. Aquest fet queda evidenciat per les darreres dades presentades per la IUCN, segons les quals el 23% de les 1.150 espècies de quiròpters del món estan considerades en regressió (IUCN, 2010). La sensibilitat als canvis ambientals i les peculiars característiques del cicle biològic han fet del grup dels quiròpters un bon indicador de la qualitat i salut ambiental (JONES *et al.*, 2009). Per aquest motiu, estudis sobre la biologia i ecologia de les poblacions de les ratapinyades són importants per a la gestió i conservació de les espècies però també per observar alteracions o canvis ambientals i conèixer l'estat sanitari de les poblacions i els possibles riscos associats amb la salut pública.

Els primers treballs quiropterològics realitzats a les Illes Balears es remunten als anys seixanta (BALCELLS, 1964, 1968; VERICARD i BALCELLS, 1965; COMPTE, 1966) i posteriorment altres estudis contribueixen a augmentar el coneixement de la fauna quiropterològica de les Illes Balears (GINÉS, 1982; ALCOVER, 1977, 1988; ALCOVER i MUNTANER, 1986; TRIAS, 1987; SERRA i BALCELLS, 1987; NOBLET, 1995; PONS *et al.*, 1993; QUETGLAS, 1997; ALCOVER, 2003; GRÀCIA *et al.*, 2003; VADELL *et al.*, 2005; GUINARD *et al.*, 2006; TRUJILLO i GARCÍA, 2008). Recentment, noves citacions (GARCÍA i ARBONA, 2009; TRUJILLO i GARCÍA, 2009; TRUJILLO *et al.*, 2009) han incrementat el nombre d'espècies presents a les Balears.

El nostre equip inicià els primers estudis quiropterològics a Balears l'any 1993, d'aleshores ençà i de forma continuada, hem anat fent treballs sobre diferents aspectes biològics i ecològics (SERRA-COBO *et al.*, 2006, 2007, 2009; AMENGUAL *et al.*, 2007b).

L'estudi dels quiròpters ha adquirit els darrers anys un interès que va més enllà dels treballs ecològics i faunístics. Les ratapinyades també tenen interès en salut pública perquè són un important reservori de zoonosis víriques emergents (SERRA-COBO *et al.*, 2002, 2008b; AMENGUAL *et al.*, 2007a; 2007c; 2008).

Així doncs, el present article és una recopilació dels resultats de 19 anys de recerques que ha portat a terme

el nostre equip. El treball aporta noves dades sobre (1) la distribució de les diferents espècies de ratapinyades a les Balears (a més a més de la informació bibliogràfica d'altres autors), (2) l'ecologia i la dinàmica d'algunes colònies d'especial interès (relació entre els diferents refugis i la seva funció) i (3) l'estat sanitari d'aquestes poblacions i la incidència en salut pública.

Material i mètodes

DISTRIBUCIÓ I DINÀMICA POBLACIONAL

Les prospeccions s'han fet pràcticament arreu de les Illes Balears (a bona part de Mallorca i Menorca, a Eivissa, Formentera, Cabrera i sa Dragonera). També s'han visitat alguns illots com ara sa Conillera. Per tal de conèixer millor la distribució les poblacions de ratapinyades s'ha procurat de prospectar una gran varietat d'ambients: cavernícoles, antròpics, torrentícoles i rupícoles, així com zones humides interiors i litorals, forestals, arbustives i terres de conreu, etc. Les citacions obtingudes juntament amb les dades bibliogràfiques han estat representades en mapes amb quadrícules UTM de 10 x 10 Km.

Les tècniques de mostreig utilitzades han estat: instal·lació de xarxes, prospecció diürna de refugis i detecció ultrasònica nocturna.

La instal·lació de xarxes s'ha dut a terme quan fosquejava i abans de l'inici de l'activitat quiropterològica. S'han col·locat xarxes a penya-segats, torrents, basses d'aigua, ponts, embassaments, avencs, coves i mines.

Les prospeccions de refugis han consistit en exploracions de coves, avencs, mines, escletxes de cases, teulades, porxadets, esglésies, etc. Sempre s'ha utilitzat il·luminació elèctrica per evitar emprar carbur que pot incidir negativament en les colònies de ratapinyades.

La captura de quiròpters, mitjançant ambdós mètodes, ha permès identificar directament les espècies, anotar el sexe, l'estat reproductor (gestants o lactants), prendre mesures morfològiques i obtenir mostres biològiques per anàlisis sanitàries. La manipulació de les ratapinyades ha estat molt ràpida i els individus han estat alliberats en el mateix lloc de captura.

Per tal d'estudiar les relacions intra i interespecífiques de les poblacions de ratapinyades (desplaçaments estacionals), les seves dinàmiques poblacionals i l'evolució del seu estat sanitari s'ha portat a terme un mostreig sistemàtic en certes cavitats d'especial interès. La metodologia utilitzada per aquesta finalitat ha estat el mètode de captura-marcatge-recaptura. Aquest mètode consisteix en l'anellatge sistemàtic dels individus i les seves posteriors recaptures. S'han utilitzat anelles especials per a quiròpters de dues mides: anelles de 2,8 mm de diàmetre per espècies de mida petita i anelles de 3,5 mm de diàmetre per les espècies de mida gran. Les dades obtingudes durant més de 10 anys, gràcies a aquesta metodologia, ens han donat informació sobre els moviments estacionals i ens ha permès estimar, mitjançant



Foto 1: Ratapinyada de ferradura grossa (*Rhinolophus ferrumequinum*).

Photo 1. Greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*).

el programa Mark 5.0 (WHITE i BURNHAM, 1999), diversos paràmetres demogràfics, tals com la mida de les colònies i les taxes de supervivència de les espècies subjectes a estudi. La citada metodologia també ens ha permès obtenir interessants dades epidemiològiques sobre l'evolució de l'estat sanitari de les colònies (SERRA-COBO *et al.*, 2002; 2009; AMENGUAL *et al.*, 2007). L'estudi dels desplaçaments estacionals, la dinàmica poblacional i l'evolució de l'estat sanitari de les colònies s'ha centrat principalment en tres espècies de ratapinyades de Mallorca i Menorca: *Miniopterus schreibersii* (ratapinyada de cova), *Myotis capaccinii* (ratapinyada de peus grossos) i *Myotis myotis* (ratapinyada de morro llarg).

La tècnica de detecció ultrasònica ha complementat la prospecció de refugis i la col·locació de xarxes i ha estat de gran utilitat per obtenir informació sobre les espècies de ratapinyades fissurícoles i forestals. Les emissions ultrasòniques de cada espècie han estat captades amb detectors suecs "Peterson Elektronik" en modus "heterodyne" i en temps expandit i enregistrades digitalment ja sigui en cassets DAT o bé directament en ordinador. La durada de les deteccions ha estat de 10 a 30 minuts i han anat acompanyades, sempre que ha estat possible, d'observacions directes del tipus de vol, la mida i la forma de les ales de les espècies emissores. El període anual d'enregistrament d'emissions ultrasòniques ha abastat tots els mesos de l'any, si bé el major esforç s'ha fet durant els mesos d'abril a octubre. Els enregistraments han estat analitzats informàticament utilitzant el programa Bat Sound seguint la metodologia descrita per RUSSO i JONES (2002) i comparats amb els espectrogrames patró del nostre arxiu. S'ha utilitzat un GPS per obtenir les coordenades UTM de les citacions quiropterològiques.

OBTENCIÓ DE MOSTRES EPIDEMIOLÒGIQUES

L'estudi de l'estat sanitari de colònies de ratapinyades de Balears el vàrem iniciar l'any 1995. Les anàlisis es fan al Centre de Recerca en Infeccions Viríques, Illes Balears (CRIVIB) i a l'Institut Pasteur de París.

S'han analitzat sèrums i pòsits de mostres sanguínies. La sang s'ha obtingut fent una petita punció a la vena mediana a nivell de l'epífisi proximal del radi (SERRA-COBO *et al.*, 2002; AMENGUAL *et al.*, 2007a). La sang s'ha conservat a 4 °C durant unes hores. A continuació, s'ha centrifugat i separat el contingut cel·lular del sèrum. Les mostres serològiques i cel·lulars han estat conservades a -20 °C.

DETECCIÓ D'ANTICOSSOS I ARN VÍRIC

La tècnica emprada en la detecció d'anticossos d'EBLV és una adaptació de la prova ràpida de reducció de focus fluorescents (RFFIT) (BOURHY i SUREAU, 1990). Cada anàlisi serològica s'ha repetit dues vegades per a cadascuna de les mostres i s'ha pres com a resultat la mitjana aritmètica de les dues repeticions. Per descartar falsos positius que siguin fruit de reaccions creuades, s'han considerat sèrums positius aquells que tenien una titulació superior a 27 a ambdues repeticions (SERRA-COBO *et al.*, 2002).

La fracció cel·lular sanguínia ha estat analitzada amb la tècnica de la nRT-PCR. Les mostres positives han estat seqüenciades i posteriorment analitzades amb els programes Sequencher 10.1 i MEGA5.

Resultats

DISTRIBUCIÓ

La prospecció de noves localitats ha donat resultats interessants a gairebé totes les illes de l'arxipèlag. S'han localitzat importants colònies pluriespecífiques a cavitats situades a la Serra de Tramuntana, a la costa de Menorca i al litoral d'Eivissa. S'ha ampliat molt el nombre d'espècies observades a les coves des Pilar. S'han citat 20 espècies de quiropters a les Illes Balears (es comptabilitza *R. mehelyi* que podria estar extingida). La taula 1 mostra la riquesa d'espècies trobada a

Illes	Núm. d'espècies
Mallorca	19
Menorca	15
Eivissa	13
Formentera	9
Cabrera	7
Sa Dragonera	6
Conjunt de Balears	20

Taula 1. Riquesa d'espècies detallada per illes.

Table 1. Number of species by island.

cadascuna de les principals illes. Actualment, disposem de més de 1.650 citacions quiropterològiques recollides pel nostre equip.

***Rhinolophus ferrumequinum* (Ratapinyada de ferradura grossa)**

Solen hibernar a coves, avencs i mines abandonades, i amb menor freqüència a soterranis. Crien a cavitats relativament càlides. A Balears formen colònies que poden superar els 200 exemplars. S'ha trobat a coves situades arran de mar. Caça als espais oberts, poc arbrats; clarianes del bosc, zones de garriga i màquia, enfront dels penyals, etc.

Habita a totes les illes grans (figura 1, foto 1) i és especialment abundant a Menorca.

***Rhinolophus hipposideros* (Ratapinyada de ferradura petita)**

Els mesos d'hivern i bona part de la resta de l'any viuen en coves, avencs i mines. Solen hibernar en solitari, però a vegades es poden reunir uns quants exemplars al mateix refugi. Gràcies a la protecció que li ofereix el patagi, pot ocupar llocs menys arcerats que les altres ratapinyades, i per tant, sovint es poden situar a prop de l'entrada de les cavitats. A l'estiu solen refugiar-se a localitats més temperades, tant si són cavitats naturals com edificis abandonats (cases de camp, talaiots, golfes...). En els refugis de cria s'hi poden concentrar un bon nombre de femelles, a voltes més de cent. Caça

insectes a les clarianes, camins i als terrenys amb predomini arbustiu. A les zones agrícoles mostra predilecció pels sectors de secà i pels llocs on es combinen els conreus amb la vegetació silvestre.

És una espècie que l'hem trobada a totes les illes grans (figura 2), des d'arran de mar fins a les cotes més altes de la Serra de Tramuntana.

***Myotis emarginatus* (Ratapinyada d'orelles dentades)**

Durant l'hivern sol refugiar-se a coves, on acostuma a disposar-se aïlladament o en petits grups. Es col·loca sovint en esclotxes. A Menorca ocupa coves càlides durant la primavera i l'estiu, on sol formar colònies de reproducció força nombroses d'uns 200 exemplars. De nit caça als torrents, a les pinedes, a les brolles, màquies i garrigues, i també a molts dels espais agrícoles que es combinen amb erms i bosquines. Fins fa pocs anys sols s'havia localitzat aquesta espècie a Menorca. Darrerament també ha estat citada a l'illa de Mallorca (figura 3, foto 2) pel nostre i altres equips (GARCÍA i ARBONA, 2009).

***Myotis escaleraei* (Ratapinyada d'Escalera)**

Durant el període reproductor poden utilitzar una àmplia varietat de refugis: coves, avencs, mines, forats dels arbres, esclotxes de parets rocoses, de ponts, etc. Les colònies de cria poden oscil·lar entre petits grupets d'unes deu femelles fins a agrupacions de més d'un centenar d'individus. Durant aquest temps la majoria de



Foto 2: Ratapinyada d'orelles dentades (*Myotis emarginatus*).

Photo 2: Geoffroy's Bat (*Myotis emarginatus*).

masclès s'arreceren en refugis solitaris, però també poden formar concentracions nombroses de més de cent exemplars i establir-se en cavitats. Els ambients naturals que freqüenta solen ser àrees forestals o arbustives. És una espècie que es distribueix per Mallorca, Menorca i Eivissa (figura 4).

***Myotis myotis* (Ratapinyada de morro llarg)**

Les colònies de cria observades a les Balears solen estar situades en coves i avencs. Les agrupacions més grans que hem observat són d'uns 600 individus. És una espècie habitual a les grans extensions de cultius de secà i als espais on es combinen aquests conreus amb els erms i amb la vegetació forestal, sobretot de brolles i de màquies. A Mallorca té una certa predilecció per anar a caçar a zones de muntanya baixa, espais humits (com per exemple s'Albufera) i sobre els camps d'ametllers i oliveres. Durant les darreres dècades aquesta ratapinyada ha perdut, a Mallorca, una part significativa del seu hàbitat. Hi ha una citació antiga de l'espècie a Eivissa, en aquesta illa actualment es podria haver extingit.

***Myotis daubentonii* (Ratapinyada d'aigua)**

Li agrada cercar refugis prop de l'aigua, rius, embassaments, llacunes, albuferes, etc. Els hiverns troben recer a dins de forats i esquerdes, moltes vegades a l'interior de les cavitats. Les agrupacions de femelles reproductores poden concentrar unes quantes desenes d'exemplars. En general es refugia a prop d'aquests indrets i de nit s'hi desplaça a caçar. Fa pocs anys que s'ha pogut comprovar la seva presència a Menorca (figura 6) (TRUJILLO, GARCÍA i JUSTE, 2009). A l'illa de Mallorca creiem que també hi és present. Disposem d'alguna citació que hem realitzat en una zona humida, però ens cal confirmar-la amb major certesa.

***Myotis capaccinii* (Ratapinyada de peus grossos)**

Tendeix a refugiar-se en coves i avencs. Pot amagar-se dins de petits forats i esclotxes de les cavitats, formar petites colònies o situar-se entre les ratapinyades de cova (*Miniopterus schreibersii*). Ocasionalment poden formar colònies de cria relativament grans de diversos centenars d'individus, com és el cas de Menorca. L'Albufera de Mallorca i l'embassament des Gorg Blau són àrees de caça d'aquesta espècie. Tot i que a Europa se la considera una espècie molt amenaçada, a Mallorca i Menorca és un quiròpter relativament abundant (figura 7).

***Nyctalus leisleri* (Ratapinyada nòctula petita)**

És una ratapinyada forestal que es refugia en forats i clivelles d'arbres madurs i en esquerdes de roques, en forats d'edificis o en caixes niu. Pot fer desplaçaments estacionals de més de 1.000 Km de recorregut (HUTTERER *et al.*, 2005). Té tendència a ocupar els mateixos refugis d'un any a l'altre. La primera citació de l'espècie la vàrem obtenir a Mallorca, posteriorment comprovàrem la seva presència a Menorca i a Eivissa (figura 8, foto 3).

***Nyctalus lasiopterus* (Ratapinyada nòctula gegant)**

Es tracta d'una espècie de mida gran (fins a 50 cm d'envergadura) i costums forestals. Menja ocells passeriformes (rupits, etc.) i insectes (DONDINI i VERGARI,

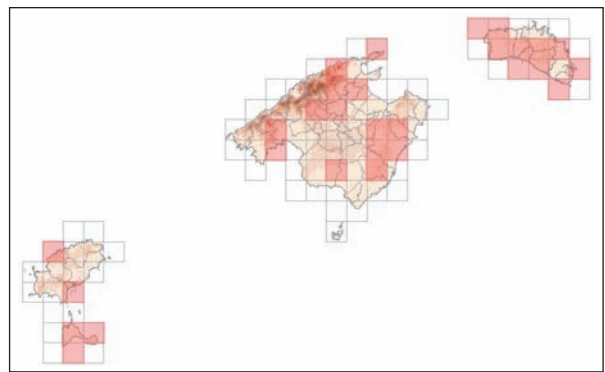


Figura 1: Mapa de distribució de *Rhinolophus ferrumequinum*.

Figure 1: Distribution map of *Rhinolophus ferrumequinum*.

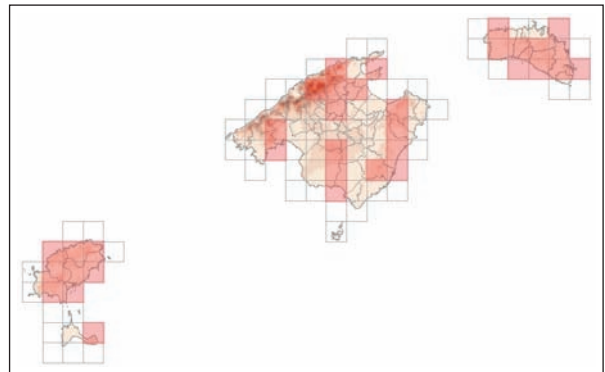


Figura 2: Mapa de distribució de *Rhinolophus hipposideros*.

Figure 2: Distribution map of *Rhinolophus hipposideros*.

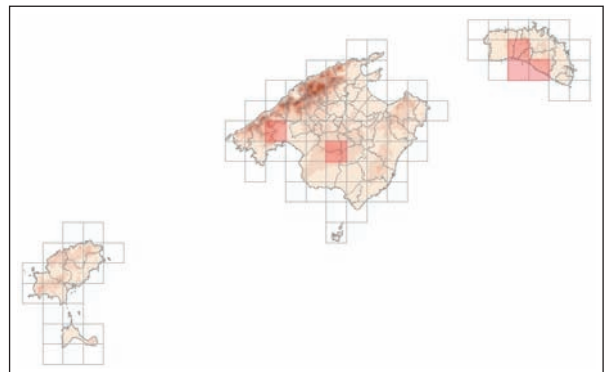


Figura 3: Mapa de distribució de *Myotis emarginatus*.

Figure 3: Distribution map of *Myotis emarginatus*.

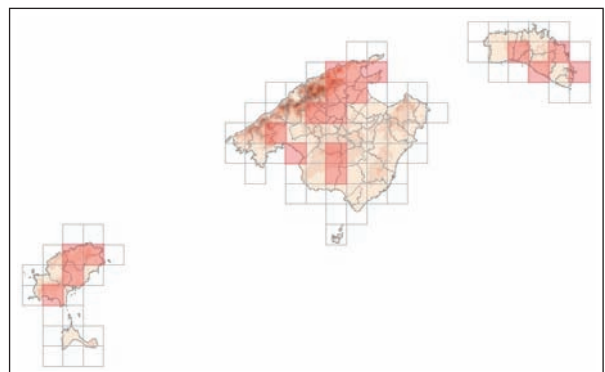


Figura 4: Mapa de distribució de *Myotis escaleraei*.

Figure 4: Distribution map of *Myotis escaleraei*.

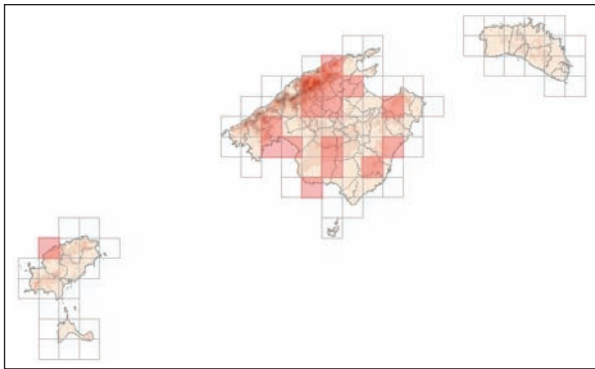


Figura 5: Mapa de distribució de *Myotis myotis*.

Figure 5: Distribution map of *Myotis myotis*.

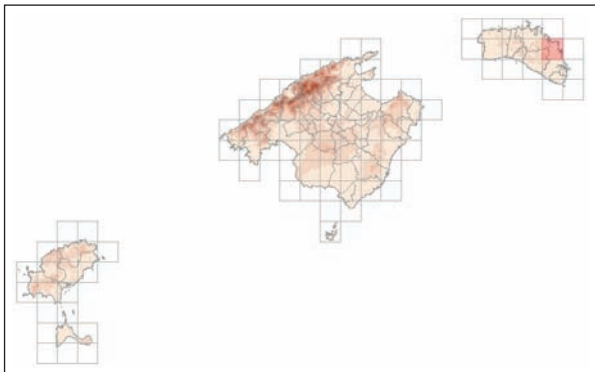


Figura 6: Mapa de distribució de *Myotis daubentonii*.

Figure 6: Distribution map of *Myotis daubentonii*.

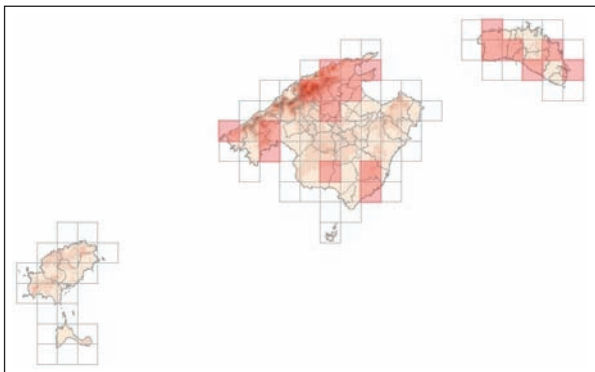


Figura 7: Mapa de distribució de *Myotis capaccinii*.

Figure 7: Distribution map of *Myotis capaccinii*.

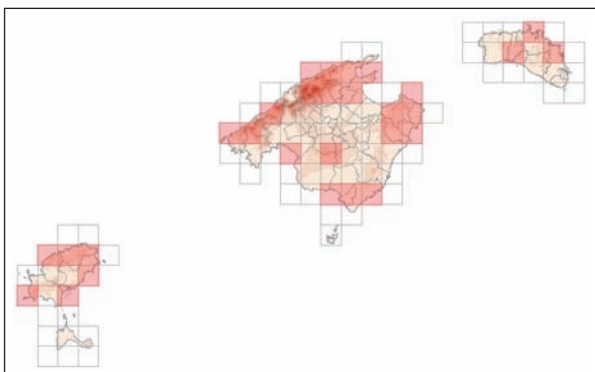


Figura 8: Mapa de distribució de *Nyctalus leisleri*.

Figure 8: Distribution map of *Nyctalus leisleri*.

2000). Es varen obtenir dades que semblaven indicar la seva presència a Mallorca i a Eivissa (SERRA-COBO *et al.* 2007) (figura 9). A Balears pot ser una espècie molt escassa i difícil de localitzar. Manquen més estudis per conèixer quina és la repartició a Balears. També se l'ha observada en altres illes de la Mediterrània.

***Pipistrellus pipistrellus* (Ratapinyada comuna).**

És una espècie de caràcter fissurícola que es refugia en tota mena de forats i esclotxes d'edificis nous, vells o abandonats, als ponts, a les parets rocoses dels penyals, en forats dels arbres, etc. A l'estiu cerca refugis càlids. És una de les poques ratapinyades que pot tenir parts dobles (bessons). Les colònies de cria poden estar formades per unes poques femelles o per centenars d'individus. És una espècie oportunista, amb poques exigències ecològiques. És una ratapinyada abundant a totes les illes (figura 10).

***Pipistrellus pygmaeus* (Ratapinyada soprano)**

Es refugia en forats i esquerdes d'edificis, de ponts i d'altres construccions, de penyals i fins i tot en arbres. Poden hibernar en solitari, però sovint es poden reunir uns quants exemplars al mateix refugi. Mostra certa predilecció pels punts amb aigua. Li agrada especialment viure prop de rieres, estanys, albuferes, embassaments, salines i basses. Tot i això, sovint també es deixa veure allunyada de les zones humides. La ratapinyada soprano viu amb densitats desiguals a totes les illes grans de l'arxipèlag balear (figura 11).

***Pipistrellus kuhlii* (Ratapinyada de vores clares)**

Es refugien en fissures i esclotxes d'edificis, de roques, de balmes, de soterranis, d'arbres i habitualment poden instal·lar-se en caixes niu. Les colònies de cria solen ser bastant petites, de poques femelles. Freqüentament ambients força diversos i mostra un caràcter antropòfil menys acusat que la ratapinyada comuna. És una espècie molt abundant a l'illa de Mallorca i present amb menor freqüència a la resta d'illes (figura 12).

***Pipistrellus nathusii* (Ratapinyada de Nathusius)**

A l'hivern busca refugi en fissures i forats de les penyals, les coves i també dels arbres. A la primavera i l'estiu forma colònies de cria, que poden reunir entre 50 i 200 femelles. Aquests refugis sovint se situen en forats i esclotxes dels arbres o en menor percentatge en fissures d'algunes construccions. També pot ocupar caixes niu per a ratapinyades. Li agrada establir-se prop de les zones humides (aiguamolls, albuferes, maresmes...). Li agrada caçar per sobre l'aigua i a les clarianes i els camins que hi ha en els boscos. És una espècie molt escassa. Tan sols ha estat citada a l'illa de Mallorca (TRUJILLO i GARCÍA, 2009), però no es descarta que es pugui trobar en altres illes (figura 13).

***Hypsugo savii* (Ratapinyada muntanyenca)**

És una espècie marcadament fissurícola. Es refugia en esclotxes dels penya-segats, dels edificis i de les coves, avencs i mines. També la podem trobar en forats d'arbres. Sol formar petites agrupacions de cria de fins a 20 femelles, però excepcionalment n'hi pot haver més. A Balears freqüentament gran varietat d'ambients (zones bos-



Foto 3: Ratapinyada nòctula petita (*Nyctalus leisleri*).

Photo 3: Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*).

coses, terres de cultiu, zones humides, zones costeres, roquissars, fins i tot zones urbanes). S'ha observat a totes les illes i és especialment abundant a la Serra de Tramuntana de Mallorca (figura 14).

***Eptesicus serotinus* (Ratapinyada dels graners)**

Es refugia als teulats, golfes i esglésies. També s'amaga a les fissures de penya-segats i de coves i avencs. Els refugis estivals són càlids. De nit li agrada caçar a les zones humides del litoral, els torrents i els horts. Ha estat citada a Mallorca i a Menorca. Tot i ser una espècie poc abundant a les Balears, es troba amb relativa freqüència al Parc Natural de s'Albufera de Mallorca i a diverses zones de Menorca (figura 15).

***Plecotus austriacus* (Ratapinyada orelluda meridional)**

És una espècie força fissurícola. Els refugis hivernals solen estar ubicats en coves, avencs, mines, túnels i bodegues abandonades. Les colònies de cria poden estar situades en edificis vells, sota la teulada, en forats i en esclètxes. En algunes ocasions pot aprofitar forats dels penya-segats de vora mar, de les balmes o de l'entrada d'avencs i coves. És freqüent trobar-la en petits forats dels murs d'edificis vells i de ponts. El més normal és que les agrupacions de cria no siguin gaire nombroses, per bé que en alguns casos poden arribar al centenar d'exemplars. Se l'ha observat a totes les illes (figura 16).

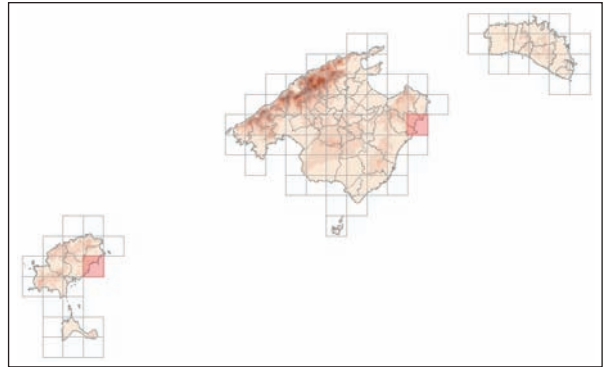


Figura 9: Mapa de distribució de *Nyctalus lasiopterus*.

Figure 9: Distribution map of *Nyctalus lasiopterus*.

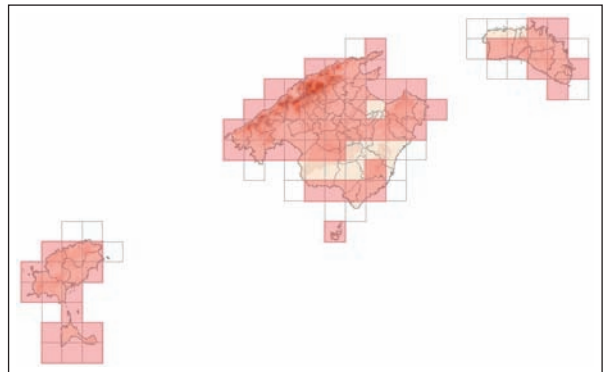


Figura 10: Mapa de distribució de *Pipistrellus pipistrellus*.

Figure 10: Distribution map of *Pipistrellus pipistrellus*.

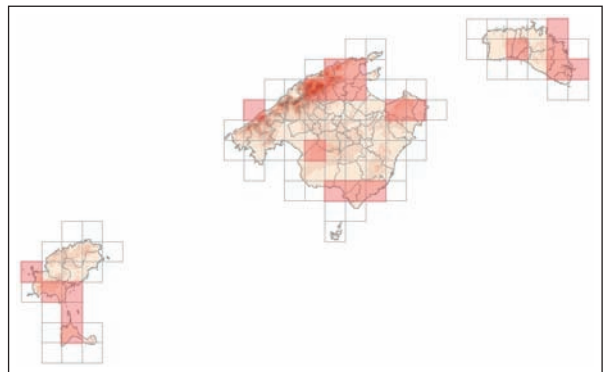


Figura 11: Mapa de distribució de *Pipistrellus pygmaeus*.

Figure 11: Distribution map of *Pipistrellus pygmaeus*.

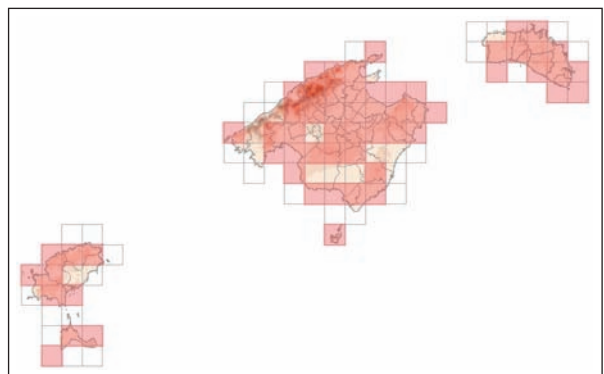


Figura 12: Mapa de distribució de *Pipistrellus kuhlii*.

Figure 12: Distribution map of *Pipistrellus kuhlii*.

***Barbastella barbastellus* (Ratapinyada de bosc)**

Els mesos d'hivern troben resguard en coves, avencs, mines i soterranis. Durant aquest període poden tolerar temperatures molt baixes. Per als refugis estivals busquen llocs més càlids. Poden ocupar forats i fissures dels arbres, arrecerar-se sota algunes escorces o situar-se en edificis abandonats. Poden refugiar-se solitàriament o formar petites colònies. Li agraden els ambients forestals. No és una espècie abundant a Balears. Ha estat citada a Mallorca, Eivissa, Formentera i a Sa Dragonera. És molt probable que també sigui present a Menorca (figura 17, foto 4).

***Miniopterus schreibersii* (Ratapinyada de cova)**

És una espècie amb un caràcter acusadament troglòfil i gregari. Es refugia en coves i avencs, però també en mines abandonades i soterranis. Per hibernar cerquen cavitats amb temperatura estable propera als 7 graus. Els refugis estivals són càlids. Les colònies de cria poden ser mixtes amb d'altres espècies. Es distribueix per Mallorca, Menorca i Cabrera (figura 18, foto 5). La població de Cabrera és molt reduïda. La població de Menorca va disminuir dràsticament l'any 2003 en inundar-se la cova d'hivernada (hi va haver una mortaldat a l'entorn del 85% de la població). Els plans de gestió duts a terme per la Conselleria de Medi Ambient estan essent favorables i ja s'han notat evidències clares de la recuperació.

***Tadarida teniotis* (Ratapinyada cuallarga)**

És una ratapinyada de mida relativament gran que té caràcter fissurícola. Es refugia als penya-segats interiors i als penyals de vora mar. Secundàriament pot ocupar esquerdes d'edificis, per exemple a la ciutat de Palma. És una espècie molt abundant a les illes Balears (figura 19).

DINÀMICA POBLACIONAL

Des de 1996 fins la primavera del 2011 s'ha realitzat un total de 4.553 anellatges de ratapinyades i un total de 1.928 recaptures, les quals han aportat informació sobre moviments estacionals i sobre la dinàmica de diverses colònies de Mallorca i Menorca.

Cova d'en Curt

Se la pot considerar el refugi de *M. schreibersii* més important de l'illa de Menorca. És l'única cavitat d'hivernada coneguda i en ella s'hi refugia pràcticament la totalitat de la població d'aquesta espècie a Menorca. La cova ofereix condicions ambientals (8,5°C) per tal que les ratapinyades de cova puguin refugiar-se durant els mesos més freds de l'any. Cap a finals de tardor, arriben les ratapinyades a la cavitat i resten a la cova fins a finals d'hivern (abandonen la cova més o menys tard segons les condicions meteorològiques anuals). Un pe-

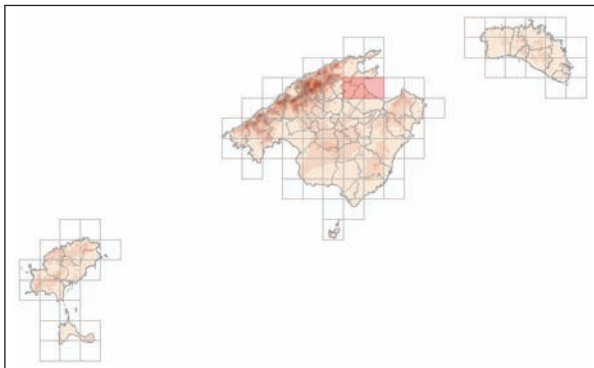


Figura 13: Mapa de distribució de *Pipistrellus nathusii*.

Figure 13: Distribution map of *Pipistrellus nathusii*.

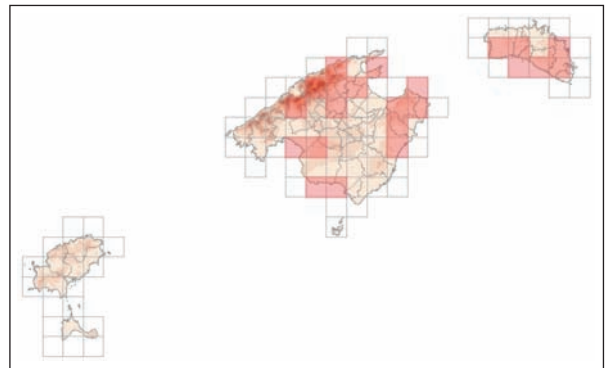


Figura 15: Mapa de distribució de *Eptesicus serotinus*.

Figure 15: Distribution map of *Eptesicus serotinus*.

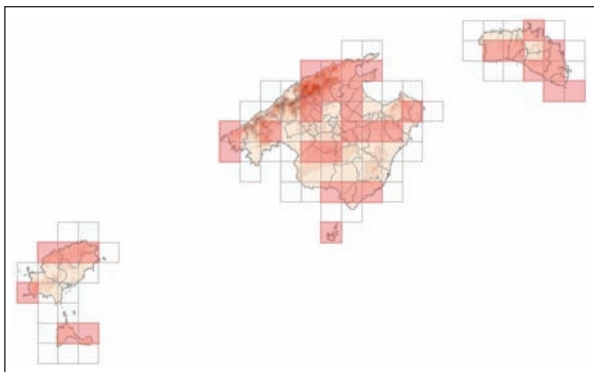


Figura 14: Mapa de distribució de *Hypsugo savii*.

Figure 14: Distribution map of *Hypsugo savii*.

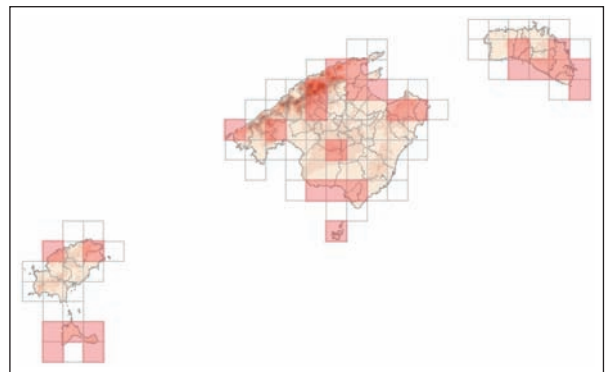


Figura 16: Mapa de distribució de *Plecotus austriacus*.

Figure 16: Distribution map of *Plecotus austriacus*.

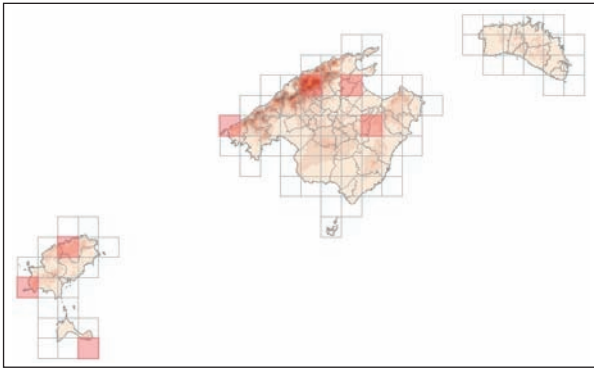


Figura 17: Mapa de distribució de *Barbastella barbastellus*.

Figure 17: Distribution map of *Barbastella barbastellus*.

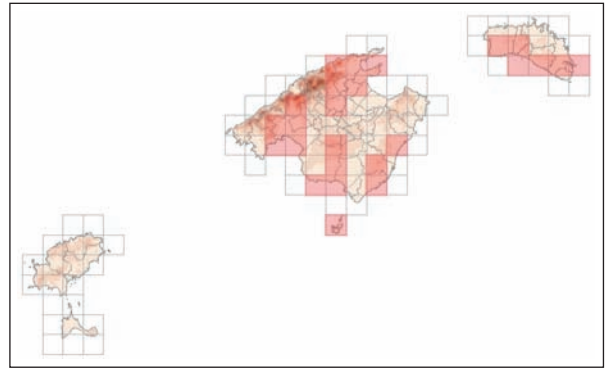


Figura 18: Mapa de distribució de *Miniopterus schreibersii*.

Figure 18: Distribution map of *Miniopterus schreibersii*.

tit nombre de *M. capaccinii*, alguns *R. ferrumequinum* i *M. escalerae* també utilitzen aquesta cavitat com a refugi d'hivernada.

L'estudi de la dinàmica poblacional de la cova d'en Curt que duem a terme des de fa més de 12 anys ens ha permès obtenir informació de gran rellevància sobre més de 1.300 *M. schreibersii*. El seguiment anual de la colònia pren encara més importància després de la gran mortalitat succeïda l'any 2003, deguda a una inundació total i sobtada de la cavitat. Aquest esdeveniment catastròfic va provocar una davallada de la mida de la colònia d'un 85 %, passant d'uns 2.200 a uns 300 individus. Actualment, els resultats obtinguts ens indiquen que la colònia de ratapinyades de cova va recuperant gradual-

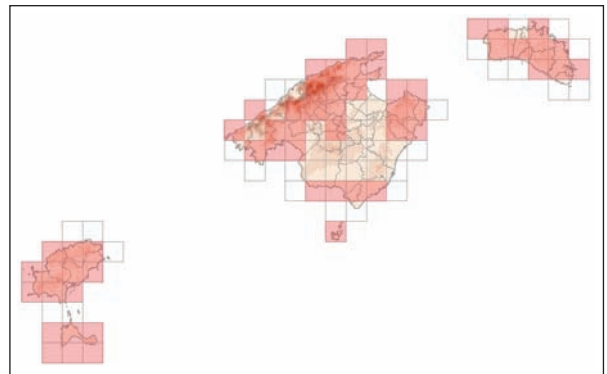


Figura 19: Mapa de distribució de *Tadarida teniotis*.

Figure 19: Distribution map of *Tadarida teniotis*.



Foto 4: Ratapinyada de bosc (*Barbastella barbastellus*).

Photo 4: *Barbastelle* (*Barbastella barbastellus*).

ment els seus efectius gràcies principalment a tres factors: (1) La taxa de supervivència promig estimada és força elevada per a tots els individus ($0,816 \pm 0,02$) i és semblant a l'obtinguda per *M. capaccinii*, espècie amb requeriments ecològics semblants (PAPADATOU *et al.*, 2009). (2) El sex-ratio observat (percentatge de femelles respecte el nombre total) durant el període 2004-2011 fluctua entre 58 i 70 % (figura 20). El major nombre de femelles respecte als mascles, implica un augment potencial de la taxa de natalitat i per tant un increment en la incorporació d'individus a la població via natalitat. Finalment, (3) la condició corporal dels individus a la sortida del període d'hivernació és millor que abans de la inundació, fet que pot incidir significativament en una menor taxa de mortalitat.

Cova Marina de ses Ratapinyades

Aquesta cova va ser descoberta per en Josep Márquez l'any 2007 i constitueix una localitat important per a la reproducció de *M. schreibersii* i *M. capaccinii* (foto 6). En les diverses prospeccions realitzades s'ha pogut constatar que la cavitat alberga una colònia de cria formada per uns 400 individus de cada espècie. També s'ha pogut observar que les cries ja volen a principis de juliol, la qual cosa ens indica que els parts poden produir-se a principis de juny, segons les condicions meteorològiques anuals. Una altra troballa important és que els individus d'aquesta cavitat, especialment els *M. schreibersii*, presenten un fort lligam amb la cova d'en Curt.

Cova des Pilar

Els resultats de les prospeccions realitzades des del 2008 a les coves del Pilar ens indiquen que *M. schreibersii* utilitza aquesta cavitat com a refugi de primavera i probablement de tardor. Les ratapinyades de cova arriben a la primavera, formen agrupacions al voltant d'uns 300 individus (al mes de maig) i gradualment abandonen el refugi. La majoria de ratapinyades (especialment les femelles) ja han marxat a mitjans de juliol i agost i només hi resten alguns individus aïllats (majoritàriament mascles) (figura 21). Altres espècies com *M. myotis*, *M. escalerae* i els *Rhinolophus* hi poden ser ocasionalment presents a l'estiu.

Cova de sa Guitarreta

La cova allotja una colònia de reproducció pluriespecífica de *M. schreibersii*, *M. myotis* i alguns individus de *M. capaccinii*. Les colònies de reproducció estan situades al sostre de la cavitat separades per pocs metres o de vegades formant una sola colònia. El seguiment de la colònia durant 17 anys ens ha permès determinar que el mes de juny és el període en què es produeixen la majoria de parts de *M. schreibersii* i *M. myotis* (figura 22). També hem observat que el període de naixements pot avançar-se o endarrerir-se en funció de les condicions ambientals que hi hagi cada any. Cap a mitjans d'agost, quan els juvenils ja volen i surten a caçar juntament amb els adults, les ratapinyades d'ambdues espècies abandonen la cavitat.



Foto 5: Ratapinyada de cova (*Miniopterus schreibersii*).

Photo 5: Schreiber's bat (*Miniopterus schreibersii*).

Cova de ses Ratapinyades

En aquesta cavitat s'hi refugia una important colònia de reproducció pluriespecífica de *M. myotis*, *M. schreibersii*, *M. capaccinii* i *M. escalerae*, tot i que també s'han observat *R. ferrumequinum* i *R. hipposideros*. No obstant això, el nombre d'individus és força diferent segons quina sigui l'espècie. L'espècie més abundant és de llarg *M. myotis* (al voltant d'uns 700 individus) seguida per *M. schreibersii* i en menor nombre *M. capaccinii* i *M. escalerae* (figura 23). Les dues espècies de rinolòfids tenen una representació menor.

El nombre d'individus capturats per a cada espècie també varia segons el mes de l'any. Els resultats obtinguts durant tots aquests anys indiquen que *M. myotis*, *M. schreibersii*, *M. capaccinii* i *M. escalerae* són presents en aquesta cavitat durant el període d'abril fins l'agost (figura 24). Tot i això, el major nombre d'individus per aquestes 4 espècies varia segons el mes. Mentre que *M. myotis* sembla estar present amb un nombre igual durant els 5 mesos d'estudi, *M. schreibersii*, *M. capaccinii* i *M. escalerae* presenten majors abundàncies al juliol, maig i juliol-agost respectivament. Aquesta variabilitat

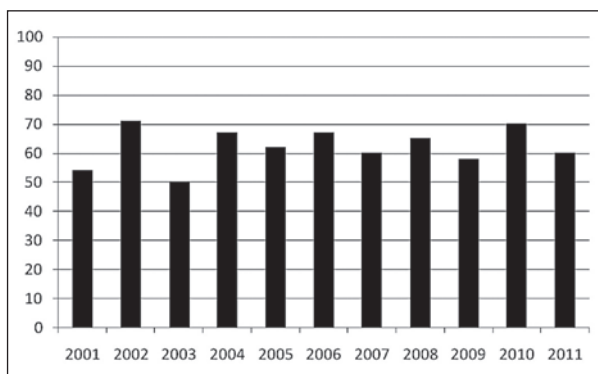


Figura 20: Percentatge de femelles respecte el total d'individus capturats per mes.

Figura 20: Percentage of females of the total number of individuals captured per month.

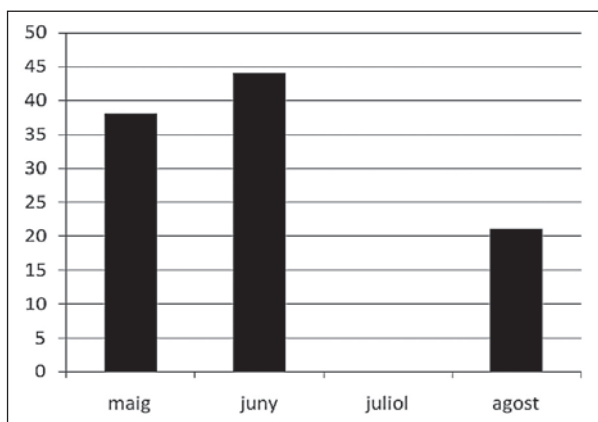


Figura 21: Percentatge de femelles respecte el total d'individus capturats per mes. El nombre de captures s'indica a l'interior del quadre.

Figura 21: Percentage of females of the total number of individuals captured per month. The number of captures is indicated inside the box.

respon segurament als diferents períodes de cria de cada una de les espècies.

DESPLAÇAMENTS ESTACIONALS

El mètode de captura-marcatge-recaptura ens ha permès verificar diversos moviments estacionals per a quatre espècies de ratapinyades, ja sigui entre illes o entre refugis d'una mateixa illa (AMENGUAL *et al.*, 2007; SERRA-COBO *et al.*, 2007). La prospecció de nous refugis durant aquests darrers anys ens ha aportat resultats interessants i nous desplaçaments estacionals tant a Mallorca com a Menorca. Un dels resultats més rellevants observats a Menorca ha estat el gran lligam existent entre els refugis de reproducció i d'hivernada de *M. schreibersii*. Aquest fet queda ben palès si tenim en compte que el 100 % dels *M. schreibersii* recapturats a la cova Marina de ses Ratapinyades provenia de la cova d'en Curt i el 54% dels individus anellats en aquesta cavitat marina va ser posteriorment capturat a la cova d'en Curt (figura 26). Un fet semblant ha estat observat per a *M. capaccinii*, la majoria dels quals també provenien de la cova d'en Curt. L'altre nou desplaçament verificat per a *M. schreibersii* ha estat observat a Mallorca, on un individu recapturat a la cova de ses Ratapinyades provenia de la cova des Pilar, situada a uns 32 Km (figura 25).

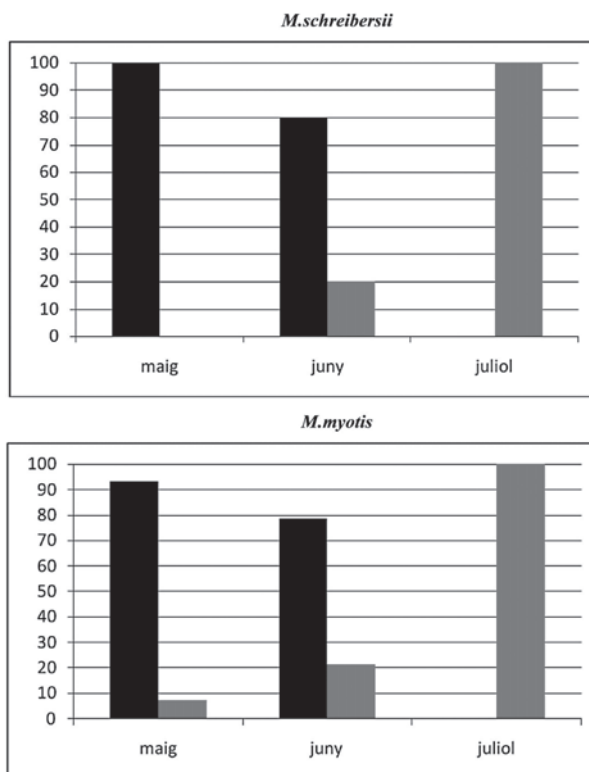


Figura 22: Percentatge de femelles gestants (color negre) i lactants (color clar) respecte el total de femelles capturades per mes. S'han tingut en compte les prospeccions realitzades durant el període 2009-2011.

Figura 22: Percentage of pregnant (black colour) and lactating females (light gray colour) of the total number of females captured per month. We have taken into account surveys conducted during the period 2009-2011.



Foto 6: Cova Marina de ses Ratapinyades.

Photo 6: Marina de ses Ratapinyades' cave.

RESULTATS EPIDEMIOLÒGICS

S'ha detectat la presència d'European Bat Lyssa-virus tipus 1 (EBLV-1) a les coves d'en Curt, Murada, ses Ratapinyades, sa Guitarreta i des Pilar. S'han trobat anticossos neutralitzants específics anti-EBLV-1 a *M. myotis*, *M. escalerae*, *M. schreibersii*, *R. ferrumequinum* i *T. teniotis*. S'ha obtingut ARN d'EBLV-1 de *M. myotis*, *M. escalerae*, *M. schreibersii* i *R. ferrumequinum* (SERRA-COBO *et al.*, 2002). El seguiment epidemiològic mostra que hi ha colònies en què els percentatges de ratapinyades infectades, immunes i susceptibles de ser infectades es manté en una situació d'equilibri. En d'altres en canvi, els percentatges fluctuen significativament d'un any a un altre i segueixen cicles d'amplitud variable. Els estudis mostren que la taxa de supervivència de les colònies de *M. myotis* es manté constant malgrat que es produeixen infeccions víriques d'EBLV-1 a les colònies (AMENGUAL *et al.*, 2007).

Discussió

Tenint present la importància dels seguiments a llarg termini l'actual treball aporta informació de 19 anys d'estudis ecològics i epidemiològics sobre les ratapinyades de les Illes Balears. El coneixement sobre els quiròpters a les Illes Balears va incrementant gràcies als diversos estudis realitzats. El major esforç prospectiu fet els darrers anys ha aportat noves dades de les diferents espècies de quiròpters de les Illes Balears, com és el cas de les noves citacions de *M. emarginatus* a l'illa de Mallorca per GARCÍA i ARBONA (2009) i pel nostre equip. Aquest fet evidencia que la realització de més estudis, especialment en aquelles zones on l'esforç prospectiu ha estat menor, pot aportar un coneixement més ampli de les ratapinyades de les Illes Balears. Els resultats obtinguts fins ara indiquen que les espècies més abundants a Balears són *P. pipistrellus*, *P. kuhlii*, *T.*

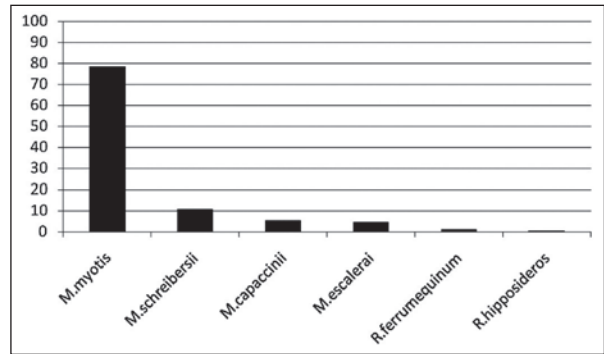


Figura 23: Percentatge d'individus capturats respecte el total durant el període 1996-2011.

Figura 23: Percentage of individuals captured of the total number during the period 1996-2011.

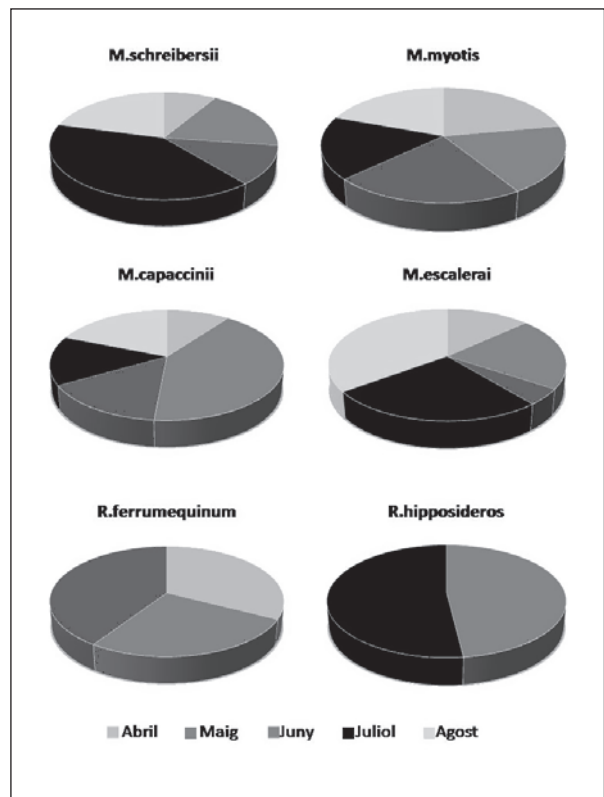


Figura 24: Percentatge d'individus capturats cada mes respecte el total durant el període 1996-2011.

Figura 24: Percentage of individuals captured each month of the total number during the period 1996-2011.

teniotis i *P. pygmaeus*. Aquestes quatre espècies juntament amb *H. savii*, *P. austriacus*, *R. ferrumequinum* i *R. hipposideros*, són presents en totes les grans illes de les Balears. Altres espècies poden ser a l'actualitat relativament abundants i freqüents en una illa (com *M. myotis*, *M. schreibersii* i *M. capaccinii*) però ser absents en una altra. Cal comentar també les citacions de *N. lasiopterus* a Mallorca i Eivissa. Si bé aquestes semblen indicar que l'espècie és present a Balears, tal i com succeeix en altres illes de la Mediterrània, calen noves dades per confirmar la seva presència. Finalment, la manca de ci-

tacions recents de *R. mehelyi* sembla indicar que aquesta espècie en l'actualitat no és present a les Balears.

Hi ha molts factors que poden intervenir en l'extinció d'una espècie de ratapinyada, però la pèrdua o alteració dels seus refugis i els fenòmens meteorològics (temperatura, pluviositat) són els principals factors que incideixen negativament sobre les poblacions de quiròpters. Malauradament, s'observa una tendència general a la pèrdua de refugis adients, especialment per a les espècies troglòfiles. La major amenaça que tenen els quiròpters és l'elevada freqüentació humana dels seus refugis i la creixent destrucció o alteració del seu hàbitat, construcció d'urbanitzacions al voltant o prop de l'entrada de les cavitats, etc. Estudis a llarg termini de diverses cavitats ens han permès observar l'evolució de les colònies que s'hi allotgen i avaluar els canvis que s'han produït. En aquest sentit, alguns refugis han estat abandonats i d'altres, com les coves de Sant Martí i d'en Bessó, tan sols són emprats de forma ocasional o com a llocs de repòs nocturn. A més, colònies importants com la cova de sa Guitarreta o la cova d'en Curt han patit davallades notables en el nombre d'individus com a conseqüència d'alteracions de l'entorn i d'esdeveniments meteorològics sobtats, respectivament. Cal destacar, que la gestió portada a terme des de fa anys per la Conselleria de Medi Ambient de les Balears, en aquesta última cavitat ha permès la recuperació gradual del nombre d'individus de *M. schreibersii* a Menorca. Així doncs, cal insistir en la importància que té la conservació dels refugis per a la riquesa natural i per a la preservació de la biodiversitat.

Els canvis d'us que les ratapinyades poden fer dels seus refugis poden alterar o modificar els desplaçaments estacionals coneguts fins ara (SERRA-COBO *et al.*, 2007). *M. schreibersii* és l'espècie de la que coneixem més els seus moviments estacionals tant a Balears com a Catalunya (SERRA-COBO *et al.*, 2009). La seva capacitat de desplaçar-se ràpidament li permet canviar de refugi amb certa facilitat a Menorca i a Mallorca on les distàncies entre coves són relativament menors que a la Península. Aquesta característica fa que el patró de moviments estacionals que segueix l'espècie a Balears presenti diferències respecte al de les poblacions continentals. Si bé hi ha localitats d'hivern, de primavera/tardor i d'estiu, l'intercanvi entre elles és molt més dinàmic. Els resultats obtinguts de l'anellatge a Menorca indiquen que la cova d'en Curt congrega pràcticament la totalitat de la població de *M. schreibersii* durant l'hivern, des d'aquí els individus es distribueixen cap a diverses localitats de reproducció. Així doncs, a finals d'hivern, gran part dels individus, excepte alguns mascles que romanen en aquesta cavitat o cavitats properes, es desplacen cap a les cavitats costaneres de l'illa, com és el cas de la cova Marina de ses Ratapinyades, per formar les colònies de cria. A la tardor, adults i joves provinents d'aquesta i d'altres colònies de reproducció, retornen a la cova d'en Curt per passar els mesos d'hivern (figura 26). És especialment rellevant la recaptura a Mallorca de dos *M. schreibersii* que havien estat anellats a Menorca ja que es tenen molt pocs coneixements dels desplaçaments de les ratapinyades sobre el mar (AMENGUAL *et al.*, 2007). Els resultats obtinguts per a *M. capaccinii* semblen indicar que aquesta espècie presenta un patró molt semblant al de *M. schreibersii* en els seus desplaça-

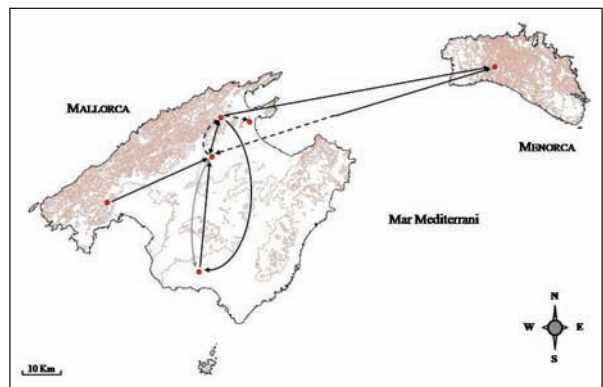


Figura 25: Moviments estacionals de *Minioproterus schreibersii* (línia contínua negra), *Myotis capaccinii* (línia discontinua negra) i *Myotis myotis* (línia contínua grisa).

Figura 25: Seasonal movements of *Minioproterus schreibersii* (black solid line), *Myotis capaccinii* (black dashed line) and *Myotis myotis* (gray solid line).

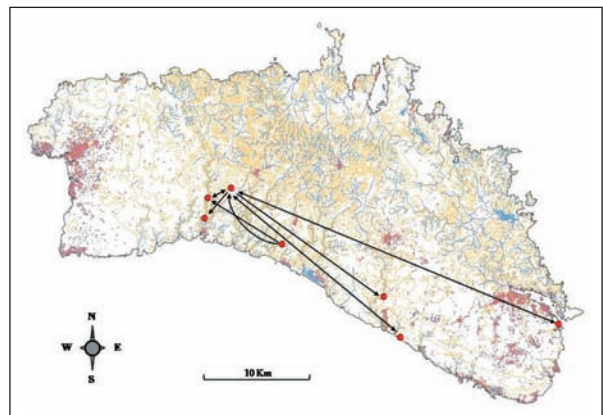


Figura 26: Moviments estacionals de *Minioproterus schreibersii* a Menorca.

Figura 26: Seasonal movements of *Minioproterus schreibersii* in Menorca.

ments estacionals a Menorca. No obstant això, el menor nombre d'individus presents a la cova d'en Curt respecte als observats a la cova Marina de ses Ratapinyades, suggereix que és molt probable que *M. capaccinii* utilitzi també altres cavitats com a refugis d'hivern.

El trajecte més rellevant fet per un *M. capaccinii* va ser entre Menorca i Mallorca, va ser el primer cop que es comprovà un desplaçament de l'espècie sobre el mar (AMENGUAL *et al.*, 2007). Els desplaçaments estacionals de *M. schreibersii* a Mallorca són més complexos degut a la gran quantitat de cavitats presents a l'illa. Les dades obtingudes mostren que existeix relació entre les colònies que es refugien a la cova des Pilar i de ses Ratapinyades (figura 25). L'anellament de *M. myotis* ha mostrat que hi ha molt poca relació entre els individus de les colònies de sa Guitarreta i ses Ratapinyades. Les dades obtingudes mostren que l'espècie té un caràcter sedentari a Mallorca (figura 25).

Les ratapinyades també tenen interès en salut pública. Són molts i diversos els patògens que s'han aïllat en els quiròpters, alguns dels quals poden infectar l'espècie humana. Les ratapinyades són un important reservori de zoonosis víriques emergents, com per exemple

les provocades per *Lyssavirus*, *Coronavirus*, *Ebola virus*, *Marburg virus*, *Paramyxovirus*, *West Nile virus* o *Hantavirus*. Els quiròpters poden estar persistentment infectats amb diversos virus però rarament mostren símptomes de la malaltia. Així ho va demostrar per primera vegada el nostre equip en infeccions ràbiques a colònies de ratapinyades (SERRA-COBO *et al.*, 2002; 2008; 2009; AMENGUAL *et al.*, 2007).

Si bé s'han detectat diverses espècies de ratapinyades infectades per *Lyssavirus* en diferents refugis a les Illes Balears, la presència de virus en els quiròpters no ha de provocar por ni aprensió a aquests mamífers, ni tampoc ha de causar una alarma sanitària. Cal tenir present que les ratapinyades no són agressives si no se les molesta. Contràriament al que es pot pensar en llegir les anteriors línies, les ratapinyades són importants pel manteniment de la salut ambiental, tant pel que fa a les malalties zoonòtiques com en el control de plagues forestals i agrícoles. Els quiròpters depreden una gran quantitat d'insectes, alguns d'ells vectors de malalties emergents. Així per exemple, contribueixen a la disminució de mosquits, fet summament rellevant si es té en compte que aquests insectes són potencialment transmissors de virus emergents com el West Nile i el Dengue. La funció reguladora de les poblacions de vectors és important per prevenir possibles brots de malalties en la població humana.

L'anàlisi de les relacions entre espècies, el seu entorn i les dinàmiques víriques permet afrontar aspectes ecològics i sanitaris de gran complexitat i de summa transcendència per a la conservació i la gestió dels recursos biòtics i la salut pública. Però per poder dur a terme les esmentades anàlisis són necessaris estudis a llarg termini que avaluin les tendències demogràfiques de les poblacions i les dinàmiques víriques. Els estudis a llarg termini són doncs, essencials per detectar a temps possibles alteracions en les poblacions i brots epidemiològics.

Bibliografia

- AMENGUAL, B.; BOURHY, H.; LÓPEZ-ROIG, M. & SERRA-COBO, J. (2007a): Temporal dynamics of European Bat *Lyssavirus* type 1 and survival of *Myotis myotis* bats in natural colonies. *PLoS ONE*, June, Issue 6, e566.
- AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M. & SERRA-COBO, J. (2007b): First record of seasonal over sea migration of *M. schreibersii* and *Myotis capaccinii* between Balearic Islands (Spain). *Acta Chiropterologica*, 3: 319-322.
- AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M.; MAS, O.; GONZÁLEZ, J. & SERRA-COBO, J. (2007c): Anàlisi d'ADN mitocondrial de cinc espècies de quiròpters de les Illes Balears. *Bull. Soc. Nat. Balears*, 50: 269-277.
- AMENGUAL, B.; BOURHY, H.; LOPEZ-ROIG, M. & SERRA-COBO, J. (2008): Active monitoring of EBLV infection in natural colonies of the mouse-eared bat (*Myotis myotis*). *Int. J. Dev. Biol.*, 131: 530-536.
- BALCELLS, E. (1964): Estudio de las Pitiusas. *Supl. Misc. Zool.*, 1: 29-31.
- BOURHY, H. & SUREAU, P. (1990): Rapid fluorescent focus inhibition test (RFFIT). In: Commission des Laboratoires de Référence et d'Expertise, editor. *Methodes de laboratoire pour le diagnostic de la rage*. Paris: Institut Pasteur : 191-193.
- DONDINI, G. & VERGARI, S. (2000): Carnivory in the greater noctule bat (*Nyctalus lasiopterus*) in Italy. *J. Zool.*, 251: 233-236.

- GARCÍA, D. & ARBONA, P. (2009): Presencia del murciélago ratonero pardo *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806) (*Chiroptera: Vespertilionidae*) en Mallorca (Islas Baleares). *Endins*, 33: 121-124.
- HUTTERER, R.; IVANOVA, T.; MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. (2005): *Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature*. Federal Agency for Nature Conservation., Bonn, 162 pp.
- IUCN, (2010): *IUCN Red List Categories*. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland.
- JONES, G.; JACOBS, D.S.; KUNZ, T.H.; WILLING, M.R. & RACEY, P.A. (2009): Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endan. Species Res.*, 8.
- NOBLET, J. F. (1995): Els quiròpters del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. S'Albufera de Mallorca. Monografies de la Soc. Hist. Nat. Balears, nº 4. Pp. 169-173. Ed. Moll. Palma de Mallorca.
- PAPADATOU, E.; BUTLIN, R.K.; PRADEL, R. & ALTRINGHAM, J.D. (2009): Sex-specific roost movements and population dynamics of the vulnerable long-fingered bat, *Myotis capaccinii*. *Biological conservation*, 142, 280-289.
- PONS, G.; BENZAL, J.; HINCHCLIFFE, G. & STRACHAN, R. (1993): Murciélagos (Mammalia, Chiroptera) del archipiélago de Cabrera. Evaluación de las poblaciones y propuestas de conservación. *Endins*, 19: 37-41.
- RUSO, D. & JONES, G. (2002): Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology*, 258: 91-103.
- SERRA-COBO, J. & BALCELLS, E. (1987): Els quiròpters ratpenats. In: *Història Natural dels Països Catalans*. Vol. 13: 284-311. Enciclopèdia Catalana S.A. Barcelona.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; ABELLÁN, C. & BOURHY, H. (2002): European Bat *Lyssavirus* Infection in Spanish Bat Populations. *Emerg. Infect. Dis.*, 8(4): 413-420.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG M.; MÁRQUEZ, J.; TORRES, M.; RIPOLL, A.; SÁNCHEZ, A. & OLIVER, J.A. (2006): "Catorze anys d'estudis quiropterològics a les Illes Balears (1993-2006)". *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 49: 89-107.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M.; MÁRQUEZ, J.; BAYER, X.; GUASCH, C.; SÁNCHEZ, A. & OLIVER, J.A. (2007): "Quinze anys d'estudis quiropterològics a les Illes Balears (1993-2007)". *Endins*, 31: 125-140.
- SERRA-COBO, J.; AMENGUAL, B.; LÓPEZ-ROIG, M. & BOURHY, H. (2008b): *Lyssavirus en quiròpters: estudi de la ràbia de les ratapinyades de les Illes Balears*. Documents de recerca en salut. Conselleria de Salut i Consum, Govern de les Illes Balears.
- SERRA-COBO, J.; LÓPEZ-ROIG, M.; BAYER, X.; AMENGUAL, B. & GUASCH, C. (2009): *Ratpenats. Ciència i mite*. Publicacions i edicions Universitat de Barcelona.
- TEELING, E.C.; SPRINGER, M.S.; MADSEN, O.; BATES, P.; O'BRIEN, S.J. & MURPHY, W.J. (2005): A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science*, 307: 580-584.
- TRIAS, M. (1987): Apunts sobre els avencs del Puig Major (Escorca, Mallorca). *Endins*, 13: 21-26.
- TRUJILLO, D. & GARCÍA, D. (2008): Catálogo quiropterològic del parc natural de s'Albufera de Mallorca. V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. *Soc. Hist. Nat. Balears*, 132-133.
- TRUJILLO, D. & GARCÍA, D. (2009): Primera cita del murciélago de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) en las islas Baleares. *Galemys*, 21 (2): 39-46.
- TRUJILLO, D.; GARCÍA, D. & JUSTE, J. (2009): First record of Daubenton's bat *Myotis daubentonii*, (Kuhl 1817), for the Balearic Islands (Spain). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*. Palma de Mallorca.
- WHITE, G.C. & BURNHAM, K.P. (1999): Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: S120-S139.

ELS INVERTEBRATS TERRESTRES FÒSSILS ALS JACIMENTS D'ORIGEN CÀRSTIC DE LES ILLES BALEARS

per Damià VICENS ^{1,2,3} i Guillem X. PONS ⁴

Abstract

A list of the invertebrate fossils found in karstic deposits in the Balearic Islands is presented in this paper. The knowledge we have about each island is different, and few data are available for Formentera and none for Cabrera. The fossil record is very incomplete and practically most taxa cited are from a group with calcareous exoskeleton, such as molluscs. The remaining taxa of other groups is very poor and anecdotal, but are cited in the Balearic Islands for the first time the presence of traces of a mineralised honeycomb (probably *Apis mellifera*), remains of an elytron belonging to an endemic coprophagic beetle (*Thorectes balearicus*) and also concreted remains of Diplopoda. In Mallorca there are many sites that have supplied vertebrates compared to those with invertebrates. In Menorca the situation is different from Mallorca; there are more karstic sites, found on the surface, containing fossil fauna and both vertebrates and invertebrates have been studied. In Ibiza, despite having few localities, data on the invertebrate fossils are available from karstic sites as well as non karstic ones. Information regarding those karst sites where invertebrates are present is quite important, but only from a few caves (Cova de ca na Reia, Cova d'en Jaume Orat and Es Pouàs). This paper attempts to give an overview on the state of their knowledge, providing a list of sites where the presence of invertebrate fossils is recorded together with the taxa found in them; in addition some unpublished data are also supplied.

Resum

Es dona una relació dels invertebrats fòssils trobats a jaciments d'origen càrstic a les Illes Balears. El coneixement que és té de cada una de les illes és diferent i no es tenen massa dades de Formentera i cap de Cabrera. El registre fòssil és molt parcial i pràcticament la majoria de tàxons citats són d'un grup que té exoesquelet calcari, com són els mol·luscs. La resta de tàxons d'altres grups és molt minsa i anecdòtica, encara que es citen per primera vegada a les Balears la presència de restes d'una bresca mineralitzada (probablement *Apis mellifera*), restes d'un èlitr d'un coleòpter copròfag endèmic (*Thorectes balearicus*) i restes de diplòpodes concrecionats. A Mallorca són nombrosos els jaciments que han lliurat vertebrats en comparació amb els que han lliurat invertebrats. A Menorca la situació és diferent a la de Mallorca; s'ha dedicat més atenció sobretot al contingut faunístic general d'aquells jaciments d'origen càrstic trobats en superfície, i s'han estudiat tant els vertebrats com els invertebrats. A Eivissa, malgrat que les localitats són escasses, es pot dir que s'ha tret informació dels invertebrats fòssils de jaciments tant d'origen càrstic com no càrstic. La informació que han lliurat els jaciments càrstics referent als mol·luscs és important però només de pocs jaciments (cova de Ca na Reia, cova d'en Jaume Orat i es Pouàs). En aquest treball s'intenta donar una visió general de l'estat del seu coneixement i donar un llistat dels jaciments que han lliurat invertebrats fòssils i de quins tàxons es tracta, a més d'aportar dades inèdites.

Resumen

Se aporta una relación de los invertebrados fósiles encontrados en yacimientos de origen kárstico en las Islas Baleares. El conocimiento que se tiene de cada una de las islas es diferente y se tienen pocos datos de Formentera y ninguno de Cabrera. El registro fósil es muy parcial y prácticamente la mayoría de taxones citados son de un grupo que tiene exoesqueleto calcáreo, como son los moluscos. El resto de taxones de otros grupos es muy pobre y anecdótico, aunque se citan por primera vez en Baleares la presencia de restos de un panal mineralizado (probablemente *Apis mellifera*), restos de un élitro de un coleóptero coprófago endémico (*Thorectes balearicus*) y restos de diplópodos concrecionados. En Mallorca son numerosos los yacimientos que han suministrado vertebrados en comparación con los que presentan invertebrados. En Menorca la situación es diferente a la de Mallorca; se ha dedicado más atención a los yacimientos de origen kárstico que contienen fauna fósil, encontrados en superficie, y se han estudiado tanto vertebrados como invertebrados. En Ibiza, a pesar de contar con escasas localidades, se puede decir que se ha obtenido información de los invertebrados fósiles de yacimientos tanto de origen kárstico como no kárstico. La información referente a los yacimientos kársticos en los que aparecen invertebrados es importante, pero procedente de pocas cavidades (Cova de Ca na Reia, Cova d'en Jaume Orat y Es Pouàs). En este trabajo se intenta dar una visión general del estado de su conocimiento y dar un listado de los yacimientos en los que se ha constatado la presencia de invertebrados fósiles y de los taxones encontrados, además de aportar datos inéditos.

1 Speleo Club Mallorca. Palma. Email: speleo.club.mallorca@gmail.com.

2 Societat d'Història Natural de les Balears, carrer Margarida Xirgu 16, baixos 07011 Palma.

3 Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Ctra. Palma-Port de Sóller, km 30,5. E-07100. Sóller.

4 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. E-mail: guillemx.pons@uib.es

Introducció

Els reblits càrstics tenen una especial rellevància per a l'estudi dels fòssils. Les coves sovint han actuat com un lloc on s'han acumulat restes d'essers vius susceptibles de fossilitzar. Dins la cova es donen unes condicions que afavoreixen la fossilització i on moltes de vegades es dipositen columnes estratigràfiques d'un cert abast temporal. Els dipòsits fossilífers es poden identificar i estudiar fins i tot quan la cova on es varen acumular els fòssils ja ha desaparegut. D'altra banda, a les coves quasi no actuen els agents meteòrics ni els agents biològics biodestructors que actuen a l'exterior. L'acumulació de restes que es dona a les coves es deguda a diferents processos tafonòmics (SONDAAR *et al.*, 1995). En total acord amb aquestes consideracions, l'estudi dels materials provinents de les coves i dels reblits càrstics s'ha revelat com a una eina de primer ordre per al coneixement de les faunes malacològiques i, sobretot, de vertebrats fòssils del Miocè, Pliocè i Quaternari de les Gimnèsies i de les Pitiüses (SONDAAR *et al.*, 1995). En els materials més moderns (finals del Pleistocè superior i Holocè) els fòssils de mol·luscs són molt útils per a confirmar si són autòctons o introduïts (QUINTANA, 2006b).

L'estudi dels invertebrats fòssils terrestres des de finals del Miocè fins a finals del Pleistocè superior és molt parcial. Són pocs els grups que tenen representació fòssil i els mol·luscs són majoritàriament el grup més ben representat. Tant jaciments càrstics com jaciments no càrstics han lliurat fòssils.

No passa el mateix amb els vertebrats terrestres fòssils d'aquesta edat que són coneguts gràcies a l'estudi dels jaciments càrstics i són pocs els jaciments d'origen no càrstic que han lliurat fòssils de vertebrats (ALCOVER i BOVER, 2002).

És possible trobar jaciments on hi ha vertebrats i no han aparegut invertebrats, i jaciments on si s'han trobat però no s'han estudiat, per la qual cosa resulta difícil fer una valoració. Així a Mallorca són nombrosos els jaciments que han lliurat vertebrats en comparació amb els que han lliurat invertebrats.

A Menorca la situació és diferent a la de Mallorca, s'ha dedicat més atenció sobretot al contingut faunístic general d'aquells jaciments d'origen càrstic trobats en superfície, i s'han estudiat tant els vertebrats com els invertebrats (QUINTANA, 1995; 1998a; 1998b). El coneixement d'invertebrats de jaciments procedents de l'interior de coves encara és pobre, a l'igual que els de Mallorca.

A Eivissa, a pesar de que les localitats són escasses, es pot dir que s'ha tret informació dels invertebrats fòssils de jaciments tant d'origen càrstic com no càrstic. La informació que han lliurat els jaciments càrstics referent als mol·luscs és important (GASULL, i ALCOVER, 1982; PAUL, 1984; PAUL i ALTABA, 1992) però només de pocs jaciments (cova de Ca na Reia, cova d'en Jaume Orat i es Pouàs).

De les illes de Formentera i de Cabrera no hem trobat informació sobre invertebrats procedents de jaciments d'origen càrstic.

Referent a la nomenclatura i taxonomia, cal comentar que hi grans discrepàncies entre els diferents autors

que han estudiat sobretot els mol·luscs. Un exemple clar es troba en el gènere *Iberellus* (veure FORÉS, 2002; ALONSO-ZARAZAGA, 2004; BECKMANN, 2007) i no menys problemàtics resulten la resta de tàxons.

Segons MARTÍNEZ-DELCLÒS (1996) el registre fòssil dels insectes és abundant i presenta una gran diversitat. Els jaciments són poc freqüents, emperò quant n'hi ha ho fan en gran número de formes i una quantitat considerable d'individus.

Els jaciments que han lliurat fòssils d'insectes a les Illes Balears són escassos. Només s'ha trobat una referència d'un jaciment d'insectes al Buntsandstein de Mallorca en un medi lacustre (CALAFAT i SÁEZ, 1987) i un altre de pistes d'insectes a un jaciment del Pleistocè mallorquí (SERVERA *et al.*, 2001, FERNÁNDEZ *et al.*, 2002). També tenim coneixement de l'existència de nius d'insectes al Pliocè-Pleistocè inferior de Calvià (Mallorca) (MAS i RIPOLL, en premsa) anomenats *nòduls* per alguns autors (veure ROSSELLÓ i CUERDA, 1973), i d'un altre indret mallorquí, confosos amb copròlits de *Myotragus* (veure COLOM *et al.*, 1968). Aquests darrers jaciments de nius d'insecte si que presenten un gran nombre d'individus, encara que només provinquin d'un tàxon.

En aquest treball s'intenta donar una visió general de l'estat del coneixement dels invertebrats fòssils procedents de jaciments d'origen càrstic, donar un llistat dels jaciments i tàxons, a més d'aportar dades inèdites. Algunes d'aquestes dades provenen de la consulta de la base de dades de les col·leccions paleontològiques Museu de la Naturalesa de les Illes Balears de la Societat d'Història Natural de les Balears (MNIB-SHNB) i del Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN).

Els jaciments

A les Taules 1, 2 i 3 es poden observar els jaciments d'origen càrstic que han lliurat invertebrats fòssils, l'edat, la tipologia general del jaciment (en superfície o dins una cova) i la referència bibliogràfica, per a l'illa de Menorca, de Mallorca i d'Eivissa respectivament. De la resta d'illes no es tenen dades al respecte.

Molts dels jaciments d'origen càrstic que han lliurat mol·luscs fòssils, també han lliurat vertebrats (ALCOVER *et al.*, 1981).

Hi ha alguns jaciments que no han pogut ésser localitzats, alguns perquè ja no existeixen, com per exemple el de Son Dureta (Mallorca) per la forta urbanització de la zona i d'altres per tenir una situació molt general al treball de referència. Molts d'ells, encara que l'autor del treball no ho digui, és probable que siguin d'un jaciment d'origen càrstic, per la qual cosa han estat inclosos a les taules indicant-lo.

Per a la cronologia del jaciment ens hem basat amb les referències dels treballs originals, ara bé, si en alguna ocasió ha estat assignada una cronologia queda indicat a les taules.

A Menorca són molts els jaciments d'origen càrstic que s'han trobat en superfície, i que provenen del desmantellament d'antigues cavitats que abracen temporalment des de finals del Miocè fins al Pleistocè superior (QUINTANA, 1995; 1998a; 1998b). En canvi, l'estudi d'invertebrats procedents de dipòsits de l'interior de cavitats és minso.

A Mallorca alguns jaciments es troben en superfície (Figura 1), i alguns dins cavitats. El marge temporal

dels jaciments d'origen càrstic amb invertebrats fòssils estudiats a Mallorca abraça un marge més curt que a Menorca i molts d'ells són cronològicament del Pleistocè superior (Taula 2). Malgrat que es tenen dades d'algunes cavitats, els estudis són molt escassos si es compara amb el número de coves inventariades.

A Eivissa no es tenen dades de jaciments càrstics trobats en superfície i que hagin lliurat invertebrats. Referent a dades provinents de cavitats, aquestes dades

Jaciment	Tàxons	Tip. jac.	Edat	Referència
Jac. A de Punta Nati	<i>Tudorella</i> cf. <i>ferruginea</i> <i>Rumina</i> cf. <i>decollata</i> <i>Oxychilus</i> cf. <i>lentiformis</i> <i>Oestophora</i> sp. <i>Helicodontinae</i> sp. <i>Otala</i> sp.	Exterior	Pliocè-Pleistocè inferior	Quintana 1995
Jac. D de Punta Nati	<i>Oxychilus</i> cf. <i>lentiformis</i> <i>Oestophora</i> sp.	Exterior	Pliocè-Pleistocè inferior	Quintana 1995
Jac. E de Punta Nati	<i>Oestophora</i> sp.	Exterior		Quintana 1995
Cala'n Bastó	<i>Rumina</i> cf. <i>decollata</i> <i>Oxychilus</i> cf. <i>lentiformis</i> <i>Hellicinae</i> sp <i>Mastus</i> cf. <i>pupa</i> <i>Testacella</i> sp	Exterior	Pliocè-Pleistocè inferior	Quintana 1995
Punta de Cala's Pous	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>nyeli</i> <i>Xerocrassa</i> <i>frater</i> <i>Iberellus</i> <i>companyonii</i> <i>Ovatella</i> <i>myosotis</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998a
Cala'n Bastó	<i>Rumina</i> <i>decollata</i> <i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>frater</i> <i>Chondrula</i> <i>gymnesica</i>	Exterior	Pre-wurmia	Quintana 1998a
Punta HUMBRIA	<i>Xerocrassa</i> <i>frater</i> <i>Otala</i> sp.	Exterior	Pleistocè inferior	Quintana 1998a
Na Macaret	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>frater</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998a
Jac. 5 de Punta Nati-Cala's Pous	<i>Tudorella</i> <i>ferruginea</i> <i>Otala</i> sp.	Exterior	Pliocè	Quintana 1998b
Jac. 12 del Racó de s'Amarador	<i>Xerocrassa</i> <i>frater</i> ? <i>Iberellus</i> <i>companyoni</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998b
Jacv. 14 de Punta de s'Esquitxador	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>nyeli</i> <i>Iberellus</i> <i>companyonii</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998b
Jac. 20.	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>nyeli</i> <i>Iberellus</i> <i>companyonii</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998b
Jac. 21 de Punta des Gegant	<i>Iberellus</i> <i>companyonii</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998b
Jac. 31 de Ses Capelles	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>nyeli</i>	Exterior	Pleistocè	Quintana 1998b
Cova C-2	<i>Oxychilus</i> <i>lentiformis</i> <i>Xerocrassa</i> <i>nyeli</i> <i>Chondrula</i> <i>gymnesica</i> ● <i>Helicella</i> <i>virgata</i> ● <i>Caracollina</i> <i>lenticula</i> ● <i>Papillifera</i> <i>bidens</i> <i>Iberellus</i> <i>companyonii</i> <i>Eobania</i> <i>vermiculata</i> <i>Otala</i> <i>lactea</i> <i>Helix</i> <i>aspera</i> ◆ <i>Alvania</i> <i>cimex</i>	Interior	Pleistocè superior- Holocè	Seguí <i>et al.</i> , 1998

Taula 1: Llistat dels jaciments d'origen càrstic de l'illa de Menorca que han fornit exemplars de Mollusca, on hi figuren: els tàxons citats a cada jaciment; la tipologia del jaciment (Exterior: bretxes superficials; Interior: bretxes dins una cova); l'edat del dipòsit; i la referència bibliogràfica. (◆): Taxon marí. (●): Segons Seguí *et al.* (1998) es varen incorporar al dipòsit recentment.

Table 1: Paleontological sites of karstic origin from Menorca where Mollusca have been cited. The list includes: the taxa reported in each site, the type of deposit (Exterior: surface breccia; Interior: cave breccia), age of the deposit, and bibliographic reference. (◆): Sea taxon. (●): According to Seguí *et al.* (1998) were incorporated recently to the site

Jaciment	Tàxons	Tip. Jac.	Edat	Referència
■ Son Dureta	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Iberellus companyonii</i> <i>Oestophora cuerdae</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Gasull 1963b
■ La Calobra	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Iberellus balearicus</i> <i>Iberellus graellsianus</i> <i>Oestophora cuerdae</i>	Exterior	Pleistocè superior	Gasull 1963b
Cova de Muleta	<i>Rumina decollata</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Helix aspersa</i> <i>Testacella halitoidea</i>	Interior	♣Pleistocè superior- Holocè	Adrover 1966
■ Son Vida	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Iberellus companyonii</i>	Exterior	Pleistocè superior	Adrover i Angel 1966
Es Bufador de Son Berenguer	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Xerocrassa prietoi</i> <i>Iberellus balearicus</i> <i>Allognathus graellsianus</i> <i>Testacella halitoidea</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Gasull i Adrover 1966
■ Carretera Lluc-Pollença km 9,1	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>X. frater pollenzensis</i> <i>Iberellus balearicus</i> <i>Rupestrella moraguesi</i>	Exterior	Pleistocè superior	Adrover i Cuerda 1976
■ Far de Formentor 800 m abans	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>X. frater pollenzensis</i> <i>Iberellus balearicus</i>	Exterior	Pleistocè superior	Adrover i Cuerda 1976
Avenc del Far (Pollença)	<i>Rupestrella moraguesi</i>	Interior	Holocè	Pons i Palmer, 1996
Avenc des Vent	<i>Tudorella ferruginea</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Crespí <i>et al.</i> , 2001
Avenc de sa Soca	<i>Tudorella ferruginea</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Crespí <i>et al.</i> , 2001
Cova des Amengual-Sastre	<i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Iberellus balearicus</i>	Interior	Pleistocè superior	Trias <i>et al.</i> , 2001
Mina de s'Avenc	<i>Tudorella ferruginea</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Bover <i>et al.</i> , 2004
Mina des Camí Vell Puigpunyent	<i>Tudorella ferruginea</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Bover <i>et al.</i> , 2004
Pedrera Grossa	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Iberellus balearicus</i> <i>Iberellus companyonii</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Bover <i>et al.</i> , 2004
Coves del Pilar	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Iberellus sp.</i>	Interior	Pleistocè superior	Vicens <i>et al.</i> , 2005
Cova de s'Abisament (Sant Llorenç)	<i>Iberellus companyonii</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova des Camí des Cap de Pinar (Alcúdia)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Iberellus sp.</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova Nova (Palma)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa sp.</i> <i>Iberellus sp.</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Sa Bassa Blanca (Alcúdia)	<i>Oxychilus lentiformis</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova de na Carolina Faggi (Palma)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova dets Xots (Manacor)	<i>Granopupa granum</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Son Vida 2 (Palma)	<i>Oxychilus lentiformis</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Coves de Campanet (Campanet)	<i>Iberellus balearicus</i>	Interior	♣Pleistocè	Inèdit
Cova de son Bauzà (Palma)	<i>Oxychilus lentiformis</i>	Interior	♣Pleistocè	Inèdit
Cova de Canet (Esporles)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa sp.</i>	Interior	♣Pleistocè	Inèdit
Cova des Pirata (Manacor)	<i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Iberellus companyonii</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova de Son Maiol (Palma)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Oxychilus lentiformis</i> <i>Xerocrassa frater</i> <i>Iberellus companyonii</i>	Interior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Clot de ses Falgueres (Palma)	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Iberellus sp.</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Inèdit
Cova des Guix (Calvià)	<i>Xerocrassa frater</i>	Exterior	♣Pleistocè superior	Inèdit

provenen de poques coves (GASULL, i ALCOVER, 1982; PAUL, 1984; PAUL i ALTABA, 1992) emperò les dades de la cova de Ca na Reia, són molt importants.

A distints punts de les Balears han aparegut motlles de mol·luscs terrestres, bàsicament d'helícids no determinats, del Miocè superior-Pliocè corresponents a distints punts de Menorca (QUINTANA, 1998a), Mallorca (A. Muntaner com. pers.) i Formentera (Pedrera de Can Rita) (GÄSSER i FERRER, 1997).

Per finalitzar aquest apartat volem destacar que a ran d'aquest treball, a Mallorca es citen 14 jaciments càrstics amb fòssils de mol·luscs, 2 amb fòssils o subfòssils d'insectes, 2 amb fòssils o subfòssils de diplòpodes, que fins ara eren inèdits per aquesta tipologia de restes fòssils (dels 31 jaciments mallorquins citats en aquest article). A Eivissa hi ha tres jaciments càrstics que han lliurat fòssils d'invertebrats i s'ha incrementat en 4 tàxons el jaciment càrstic d'Es Pouàs. A Menorca s'han citat 15 jaciments on hi ha restes d'invertebrats terrestres.

Catàleg taxonòmic

A les Illes Balears s'han trobat fòssils a jaciments càrstics procedents de tres classes: Insecta, Diplopoda i Mollusca. Les dues primeres, Insecta i Diplopoda han lliurat pocs fòssils al registre paleontològic, no així la darrera, Mollusca, que és la que més exemplars i tàxons ha proporcionat.

Entre els diferents autors hi ha notables discrepàncies sobre la posició taxonòmica i nomenclatural dels tàxons. S'ha optat per seguir a BECKMANN (2007) amb algunes modificacions.

A les taules hem posat la denominació que utilitzam en aquest text, de manera que si anam als treballs originals alguns tàxons surten denominats amb altres sinonímies.

Si un vol consultar sinonímies, a més d'un altre punt de vista nomenclatural, recomanem consultar l'obra de BECKMANN (2007).

Jaciment	Tàxons	Tip. jac.	Edat	Referència
Cova de Ca na Reia	<i>Tudorella ferruginea</i>	Interior	Pleistocè	Torres i Alcover 1981
Cova de Ca na Reia	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Xerocrassa</i> sp. <i>Oestophora</i> sp. <i>Sphincterochila candidissima</i> <i>Helix aspersa</i>	Interior	Pleistocè	Gasull i Adrover 1982
Cova de Ca na Reia	<i>Tudorella ferruginea</i> <i>Leiostula</i> sp. <i>Oxychilus pitiusanus</i> <i>Limax majoricensis</i> ? <i>Rumina decollata</i> <i>Sphincterochila candidissima</i> ♣ <i>Xerocrassa ebusitana</i> <i>Xerocrassa caroli</i> <i>Oestophora dentata</i> <i>Iberellus minoricensis</i> ♦ <i>Theba pisana</i> ? <i>Otala punctata</i> <i>Helix aspersus</i>	Interior	Pleistocè	Paul 1984 *Paul i Altaba 1992
Cova d'en Jaume Orat	<i>Oxychilus pitiusanus</i> <i>Xerocrassa caroli</i> <i>Allognathus</i> sp.	Interior	Pleistocè	Paul i Altaba 1992
Es Pouàs	<i>Iberellus pityusensis</i>	Interior	Pleistocè	Paul i Altaba 1992
Es Pouàs	<i>Vitrea cf. gasulli</i> <i>Xerocrassa ebusitana</i> <i>Xerocrassa caroli</i> <i>Sphincterochila candidissima</i>	Interior	Pleistocè-Holocè	Inèdit

Taula 3: Llistat dels jaciments d'origen càrstic de l'illa d'Eivissa que han fornit exemplars de Mollusca, on hi figuren: els tàxons citats a cada jaciment; la tipologia del jaciment (Exterior: bretxes superficials; Interior: bretxes dins una cova); l'edat del dipòsit; i la referència bibliogràfica. (*): Cites amb canvis nomenclaturals. (♦): PAUL i ALTABA (1992) confirmen que no es tracta d'aquest tàxon. (♣): S'han trobat dues subespècies: *X. ebusitana ebusitana* i *X. ebusitana gasulli*.

Table 3: Paleontological sites of karstic origin from Ibiza where Mollusca have been cited. The list includes: the taxa reported in each site, the type of deposit (Exterior: surface breccia; Interior: cave breccia), age of the deposit, and bibliographic reference. (*): Citations with nomenclatural changes. (♦): PAUL and ALTABA (1992) confirm that is not this taxon. (♣): Two subspecies have been found: *X. ebusitana ebusitana* and *X. ebusitana gasulli*.

Taula 2: Llistat dels jaciments d'origen càrstic de l'illa de Mallorca que han fornit exemplars de Mollusca, on hi figuren: els tàxons citats a cada jaciment; la tipologia del jaciment (Exterior: bretxes superficials; Interior: bretxes dins una cova); l'edat del dipòsit; i la referència bibliogràfica. (■): Al treball de referència no es diu que sigui un dipòsit d'origen càrstic, emperò és molt probable que ho sigui segons el nostre parer. (♣): Cronologia assignada pels autors d'aquest article.

Table 2: Paleontological sites of karstic origin from Mallorca where Mollusca have been cited. The list includes: the taxa reported in each site, the type of deposit (Exterior: surface breccia; Interior: cave breccia), age of the deposit, and bibliographic reference. (■): The work of reference does not explain whether it is a karstic site, but it is quite possible, in our opinion. (♣): Chronology attributed by the authors of this paper.

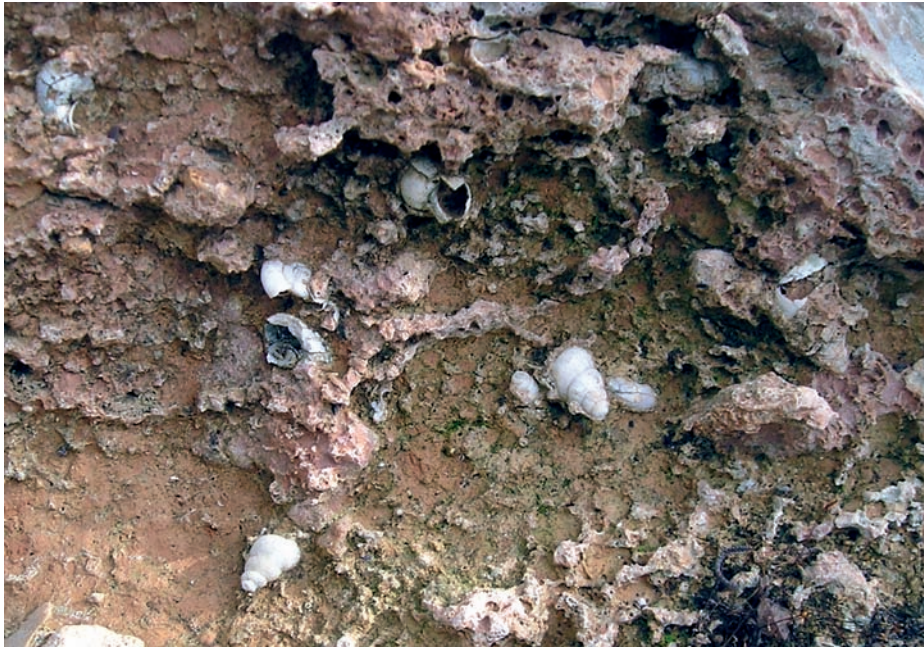


Figura 1: Jaciment càrstic a l'exterior de la cova de na Carolina Faggi (Palma, Mallorca). Es pot observar *Tudorella ferruginea*. (Foto D. Vicens).

Figure 1: Karstic deposit outside of Cova de na Carolina Faggi (Palma, Mallorca). It can be seen *Tudorella ferruginea*. (Photo D. Vicens).

Creiem necessari comentar que les figures 1, 2, 3, 4, 7 i 12 són fotografies fetes al camp. Les figures 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 i 11 són de dipòsits càrstics o d'espècimens procedents d'un jaciment càrstic. Les figures 3, 4, 5, 12, i 13 són d'espècimens de dipòsits no càrstics, o actuals. Les figures 3, 8, 10 i 11 són de fòssils dipositats a la SHNB.

CLASSE INSECTA

Apis mellifera L. 1758

Es té coneixement de la presència d'aquest tàxon gràcies a una cova de la serra de na Burguesa (Calvià, Mallorca) on hi ha restes de bresques, les quals gràcies a les condicions de la cova, es presenten mineralitzades per carbonat càlcic (Figura 2). L'antiguitat és molt mala d'assignar i tant pot ser de cronologia holocena com del Pleistocè superior. És la primera vegada que es cita a les Illes Balears una estructura fòssil d'aquestes característiques, que probablement és d' *Apis mellifera*.

No deu ser molt corrent trobar bresques fòssils d'abelles, de fet hem trobat un exemple a la bibliografia i curiosament també dins una cova (veure STAUFFER, 1979).

Thorectes balearicus López-Colón, 1984

Espècie endèmica descrita d'Esporles, coneguda únicament de Mallorca (PONS i PALMER, 1996). Aquests autors aporten nombroses dades sobre la distribució d'aquesta espècie a la serra de Tramuntana, Mallorca. Sembla que a l'actualitat està en regressió.

Espècie copròfaga, estretament lligada a la quantitat de femtes de ramaderia ovina i caprina. Foren localitzats uns èlitres entre les femtes de *Myotragus balearicus* a la cova Estreta (Pollença).

CLASSE DIPLOPODA

Els diplòpodes o mil peus van adquirint un nou segment després de cada muda. Les mudes són necessàries en els miriàpodes i diplòpodes doncs, igual que altres invertebrats, compten amb un exoesquelet constituït de quitina, i en el cas dels diplòpodes endurits amb sals de calci. Tot això fa que en condicions sedimentàries lentes i sense gaire gruix de paquet sedimentari puguin aparèixer restes fòssils o subfòssils, però molt delicats. Això fa que no siguin uns tàxons corrents entre les restes paleontològiques com puguin esser els ossos o el caragols, molt més sòlids. Es coneixen distints treballs sobre el registre fòssil dels diplòpodes (MELIC i GRUSTÁN, 1996). A les Balears es coneixen distints jaciments com la cova Estreta (Mallorca) i Es Pouàs (Eivissa) a on s'han recollit restes de Iulidae i del gènere *Polydesmus*. A la col·lecció Joan Bauzá (MBCN: Museu Balear de Ciències Naturals) hi ha un espècimen quaternari procedent de la cova de Canet que pot ser d'aquesta classe.

CLASSE GASTROPODA

Pomatiidae

Tudorella ferruginea (Lamarck, 1822)

És un endemisme de les Gimnèsies (GASULL, 1963a; PONS i PALMER, 1996). Viu preferentment a zones boscoses riques en humus, entre les enclotxes càrstiques i sota grans pedres. Es troba des del nivell de la mar fins als punts més alts de la serra de Tramuntana (PONS i PALMER, 1996).

Trobada en el Pleistocè inferior de Mallorca (CUERDA, 1975) i de Menorca (MERCADAL *et al.*, 1970). A Eivissa s'ha trobat en els sediments inferiors de cala Salada (PAUL, 1982) i a la cova de Ca na Reia (TORRES i ALCOVER, 1981; GASULL i ALCOVER, 1982).

Citada al pujol des Fum i costa des Bou (Formentera) a uns dipòsits no càrstics del Pleistocè superior (FILELLA *et al.*, 1999; GÀSSER i FERRER, 1997). És una espècie freqüent en el Pleistocè superior de les Gimnèsies (CUERDA, 1975) (Figura 1).

S'ha citat a Menorca, Mallorca i Eivissa a jaciments càrstics (veure Taula 1, 2 i 3) amb una cronologia molt àmplia i que s'inicia al Pliocè.

Lauriidae

Leiostyla sp.

Es va trobar un exemplar incomplet a la cova de Ca na Reia (Eivissa) (PAUL, 1984; PAUL i ALTABA, 1992). Actualment no viu cap *Leiostyla* a les Illes Balears, ni tampoc s'ha trobat cap altre fòsil d'aquest gènere. Al Magrib, les illes macaronèsiques i a les illes Britàniques hi ha representants del gènere (PAUL i ALTABA, 1992). Aquests darrers autors consideren que *Leiostyla* d'Eivissa podria ser un tàxon endèmic extint.

Chondrinidae

Granopupa granum (Draparnaud, 1801)

Espècie circummediterrània de mides petites, d'entre 1,5 i 4 mm (GASULL, 1965a). S'ha citat a ses Ca-

denes (Palma) d'una eolianita pleistocena (GASULL, 1965a). També s'ha trobat a la cova des Xots (Manacor, Mallorca), d'edat presumiblement del Pleistocè superior.

Rupestrella moraguesi (Kobelt, 1886)

Endemisme mallorquí, saxícola, comú entre 200 m i 600 m d'alçada. Espècie d'elevat interès biogeogràfic ja que els representants del gènere viuen al nord d'Àfrica, Sardenya, Itàlia fins el Caucas. Alguns treballs (BECKMANN, 2007 entre d'altres) suggereixen un canvi taxonòmic situant-la com a subespècie *R. phillipii moraguesi*.

Citat a un jaciment entre Lluç i Pollença del Pleistocè superior (ADROVER i CUERDA, 1976) i que probablement és d'origen càrstic, així com també de l'avenc del Far entre material sedimentari holocènic (PONS i PALMER, 1996).

Enidae

Chondrula gymnesica Quintana, 1996

Mol·lusc fòssil de les Gimnèsies del Pleistocè superior (Figura 3), freqüent a jaciments litorals (CUERDA, 1975), si bé s'ha trobat a cala'n Bastó, *Mastus* cf. *pupa* (= *Chondrula* cf. *gymnesica*) associada a *Cheirogaster*



Figura 2: Bresques mineralitzades de *Apis mellifera* a una cova de la serra de na Burguesa (Mallorca). (Foto D. Vicens).

Figure 2: Mineralized Honeycomb of *Apis mellifera* in a cave of Serra de Na Burguesa (Mallorca). (Photo D. Vicens).



Figura 3: *Chondrula gymnesica* d'un jaciment litoral del Pleistocè superior del port de l'illa de Cabrera. Màxima altura 19,85 mm. (Foto G.X. Pons).

Figure 3: *Chondrula gymnesica* from an Upper Pleistocene coastal site near the harbour of Cabrera Island. Maximum height 19.85 mm. (Photo G.X. Pons).

gymnesica del Miocè superior de Menorca (QUINTANA, 1995). Segons CUERDA (1975) es va extingir després de l'episodi càlid del Neotirrenià, als inicis de la glaciació Würm. VICENS i PONS (2007) el varen trobar al caló des Camps a un estrat datat per ROSE *et al.*, (1999) amb una edat de $62,8 \pm 8,5$ ka.

Només s'ha trobat a dos jaciments d'origen càrstic a Menorca, el citat anteriorment de cala'n Bastó (QUINTANA, 1995) i el de la cova C-2 (SEGUÍ *et al.*, 1998). A Mallorca i Cabrera, no s'ha trobat a cap jaciment càrstic.

Subulinidae

Rumina decollata (Linnaeus, 1758)

Espècie circummediterrània, molt freqüent, d'àmplia ecologia. Viu a totes les illes de l'arxipèlag, inclosos alguns illots. Únicament no es troba a boscos a bastant alçada respecte el nivell de la mar (GASULL, 1963a).

A Menorca aquest tàxon ha estat citat per MERCADAL *et al.* (1970) i QUINTANA (1995) a diversos jaciments del Plio-Pleistocè, alguns dels quals són d'origen càrstic (Taula 1). Aquesta espècie es va extingir a les Balears abans del Pleistocè superior per raons climàtiques, de manera que els exemplars actuals provenen d'una introducció antròpica més o menys moderna (CUERDA, 1975). Segons QUINTANA (2006b) la troballa d'ous de *R. decollata* al jaciment del Pleistocè superior de sa Cantina (Menorca) fa dubtar d'aquesta suposició i duu a considerar com a autòctona aquesta espècie a l'illa de Menorca.

A Mallorca s'ha citat a jaciments no càrstics (Figura 4) del Pleistocè inferior (CUERDA, 1975).

Segons PAUL i ALTABA (1992) una situació similar



Figura 4: *Rumina decollata* al Pleistocè inferior d'es Racó de sa Fragata (Calvià, Mallorca) (Foto D. Vicens).

Figure 4: *Rumina decollata* from the Lower Pleistocene site of Es Racó de sa Fragata (Calvià, Mallorca) (Photo D. Vicens).

sembla haver esdevingut a les Pitiüses, on *Rumina* és desconeguda a tots els dipòsits de la darrera glaciació i postglaciars. Conegut també de cala Salada (Eivissa). Aquests autors comentaven a partir d'uns comentaris de J. Cuerda que s'havia trobat a uns sediments més recent a les Gimnèsies. S'ha pogut consultar la col·lecció Joan Cuerda-SHNB (MNIB-SHNB: Societat d'Història Natural de les Balears) i comprovar que hi ha un exemplar procedent de la platja eutirreniana de cala Pudent (Mallorca) d'aquest tàxon. Segons sembla, podria ser que aquest exemplar el llançàs la mar a la platja, essent material al·locton provinent del continent. No es té constància de la seva presència a cap altre jaciment litoral del Pleistocè superior balear.



Figura 5: Closca de *Testacella scutulium* del jaciment holocènic d'Es Pas d'en Revull (Menorca). Escala: 2 mm. (Foto J. Quintana).

Figure 5: Shell of *Testacella scutulium* from the Holocene deposit of Es Pas d'en Revull (Menorca). Scale: 2 mm.



Figura 6: Ou de *Testacella* sp. del Pliocè de Punta Nati (Menorca). Escala 2 mm. (Foto J. Quintana).

Figure 6: An egg of *Testacella* sp. from the Pliocene site of Punta Nati (Menorca). Scale: 2 mm. (Photo J. Quintana).

QUINTANA (2006b) diu que tant les cites de *R. decollata* de "mida petita" de MERCADAL *et al.* (1970) als jaciments menorquins, com les de PAUL (1984) i PAUL i ALTABA (1992) a Eivissa, podrien correspondre a *R. saharica*.

Testacellidae

Testacella sp.

A les Balears s'ha citat com a fòssil *Testacella halitoides*, que és un llimac atlàntico-mediterrani-europeu, amb una petita closca auriforme, convexa. És una espècie vivent coneguda de Mallorca i Menorca (GASULL, 1965). A Menorca s'ha citat *Testacella* sp. al jaciment càrstic de cala'n Bastó (QUINTANA, 1995), al jaciment litoral del Pleistocè superior de Macarella i al jaciment holocènic des Pas d'en Revull (QUINTANA, 2001). S'ha citat a Mallorca a la cova de Muleta (ADROVER, 1966) i en es Bufador de Son Berenguer (GASULL i ADROVER, 1966). A jaciments no càrstics s'ha citat al Pleistocè superior des Faralló-cala de sa Bassa Blanca (Alcúdia, Mallorca) com a *Testacella* cf. *halitoides* (VICENS i PONS, 2007).

La presència de *Testacella* a jaciments relativament antics, sembla indicar que es tracta d'una espècie nativa de les illes. Recolza aquesta idea el fet de que totes les espècies de *Testacella* duen una vida subterrània i són difícilment dispersades de forma passiva. Per això, *Testacella* ha estat considerada com un bon indicador biogeogràfic (GIUSTI *et al.*, 1995). Més que per les seves característiques conquiològiques (molt variables i poc diagnòstiques en la majoria de les espècies de *Testacella*), *Testacella* sp. s'ha considerat una espècie diferent per raons principalment biogeogràfiques, basades en el registre paleontològic (Figura 5) (QUINTANA, 2001).

Estudis anatòmics de *Testacella* actual de Menorca han confirmat la presència de *Testacella scutulium* Sowerby 1920. Tot indica que aquesta espècie s'havia confós amb *T. halitoides* (QUINTANA, 2004). La presència de fòssils des de molt antic de *T. scutulium* (taxon no endèmic, i present al continent europeu) a l'illa de Menorca demostra la seva autoctonia (Figura 5 i 6)

Pristilomatidae

Vitrea cf. *gasulli* Riedel i Paul, 1988

Espècie coneguda, fins a hores d'ara, d'Eivissa. No obstant, FORÉS (1984) cita *V. gasulli* de Son Bencis (els Aλους) en el municipi de Sóller (Mallorca); de confirmar-se aquesta citació es tractaria d'un endemisme Balear. Espècie de costums humícoles, viu entre la fullaraca, entre molses i sota pedres (PONS i PALMER, 1996). Espècie detritòfaga, amb una closca de característiques molt fràgils, que quan es fa el rentat meticulós del sediment queda surant. És una espècie abundant recollida d'es Pouàs (Eivissa).

Oxychilidae

Oxychilus lentiformis (Kobelt, 1882)

Oxychilus lentiformis és una espècie endèmica de les Gimnèsies. Abundant en els ambients humits, als boscos, sota grans pedres i també a les entrades de les cavitats (PONS i PALMER, 1996). De fet, segons PONS i DAMIANS (1992) *O. lentiformis* pot completar tot el seu cicle biològic a l'interior de les coves. És un mol·lusc freqüent tant a les coves de Mallorca com de Menorca. *O. lentiformis* s'ha citat a jaciments litorals en el Pleistocè de Mallorca i de Menorca (GASULL, 1963a; CUERDA, 1975). També s'ha citat a jaciments càrstics (veure Taules 1 i 2) (Figura 7).

Oxychilus pytiusanus Riedel, 1969

A les Illes Pitiüses hi ha l'endemisme *Oxychilus pytiusanus* (GASULL, 1969). Com a fòssil s'ha citat a una sèrie de localitats litorals de l'illa (PAUL, 1982). *O. pytiusanus* ocupa el mateix nínxol ecològic que *O. lentiformis*.

A jaciments càrstics d'Eivissa, *O. pytiusanus* s'ha citat de distintes localitats (veure Taula 3).

Limacidae

Gigantomilax cf. majoricensis (Heynemann, 1863)

A la cova de Ca na Reia s'han trobat limacel·les de dos tipus (PAUL, 1984). Sembla raonable atribuir un tipus d'aquestes limacel·les fòssils a l'únic llimac natiu de les Balears, *Gigantomilax majoricensis* (PAUL i ALTABA, 1992). Aquesta abundància relativa d'aquestes conquilles a la cova de Ca na Reia, i la seva aparent absència a altres bandes, podria reflectir els hàbits troglòfils dels llimacs segons comenten els autors abans esmentats. De fet, GASULL i ALTENA (1969), entre els indrets de Mallorca i Eivissa on la citen actualment, hi ha les coves de Campanet i la cova Vella de Son Lluís, ambdues de Mallorca.

QUINTANA (2006b) no el cita vivent a Menorca de forma específica, emperò cita Milacidae/Limacidae indet., i un poc després es confirma que és *Gigantomilax majoricensis* (BECKMANN, 2007). Tant l'autor anterior com WIKTOR *et al.* (2007) són els que situen *Limax majoricensis* dins del gènere *Gigantomilax*. WIKTOR *et al.* (2007) citen aquest tàxon a tres jaciments no càrstics del Quaternari menorquí.

Sphincterochilidae

Sphincterochila candidissima (Draparnaud 1801)

És una espècie de distribució circummediterrània. A les Illes Balears es coneix a Eivissa i Formentera (GASULL, 1963a). Aquest mateix autor havia trobat un exemplar a cala Jondal (Eivissa) i un altre a la platja d'en Bossa (Eivissa) a uns llims vermells, i de mida un poc més petita que els actuals. Es va considerar que no eren fòssils. Anys més tard, es troben tres exemplars de mida petita al jaciment del Pleistocè de la cova de Ca na



Figura 7: *Oxychilus lentiformis* a un jaciment càrstic de Son Vida (Palma, Mallorca). Vista ventral. (Foto D. Vicens).

Figure 7: *Oxychilus lentiformis* in a karstic site of Son Vida (Palma, Mallorca). Ventral view. (Photo D. Vicens).



Figura 8: *Sphincterochila candidissima* del jaciment càrstic d'es Pouàs (Eivissa). Diàmetre: 21,22 mm. Vista dorsal. (Foto G. X. Pons).

Figure 8: *Sphincterochila candidissima* from the karstic site of Es Pouàs (Ibiza). Shell diameter 21.22 mm. Dorsal view. (Photo G. X. Pons).

Reia, la qual cosa va dur a considerar que els trobats als altres dos indrets eren fòssils (GASULL i ALCOVER, 1982). També ha estat trobada a es Pouàs (Eivissa) en sediments superficials (Figura 8).

Trisexodontidae

Oestophora cuerda Quintana, Vicens i Pons, 1996

Actualment cap espècie d'aquest gènere viu ni a les illes Gimnèsies ni a les illes Pitiüses. A Mallorca s'havia trobat sota l'assignació d'*Oestophora barbula* en comptades ocasions (GASULL, 1963b; CUERDA, 1975): un exemplar fòssil a un llims vermells, prop de Son Dureta (Palma), associat a *Iberellus companyonii*, *Oxychilus lentiformis*, *Xerocrassa frater* i *Tudorella ferruginea*, a unes bretxes que hi ha entre els dos túnels entre sa Calobra i el

torrent de Pareis (Escorca), i dos exemplars fòssils associats a *Iberellus balearicus*, *Oxychilus lentiformis*, *Iberellus (Allognatus) graellsianus* i *Tudorella ferruginea*. CUERDA (1975) comenta que les dues formacions on s'ha trobat són cronològicament de l'últim interglacial i la seva extinció de Mallorca es deu al refredament de la darrera glaciació.

Desconeixem si el jaciment de Son Dureta i el de Sa Calobra són d'origen càrstic, emperò és molt probable que ho siguin.

El fòssil d'*Oestophora* que es va recol·lectar a sa Pedra Foguera (Alcúdia, Mallorca), a diferència dels que s'han trobat als altres dos jaciments mallorquins, s'ha localitzat dins una seqüència estratigràfica ben definida del Pleistocè superior. Aquest exemplar no s'addiu amb *O. barbula* ni amb cap de les espècies d'*Oestophora* conegudes dins de la conca de la Mediterrània occidental; tot plegat ha fet que recentment se descrivís com a nova espècie i es denominàs *Oestophora cuerdaei* (QUINTANA *et al.*, 2006).

És de destacar que les localitats on s'ha trobat *Oestophora* a Mallorca, fins ara, són al voltants de la serra de Tramuntana. A Eivissa s'ha trobat *Oestophora dentata* ("Helicodontinae sp. A": PAUL, 1982) als sediments inferiors de Cala Salada (PAUL i ALTABA, 1992) i també a la cova de Ca na Reia (PAUL, 1984). Aquesta espècie fòssil eivissenca és semblant a la trobada a Mallorca al Pleistocè segons PAUL i ALTABA (1992). A Menorca, *Oestophora* ha aparegut a un tipus de jaciment on es pot trobar llavors de *Cneorum* i vertebrats: *Muscardinus cyclopeus*, *Cheirogaster gymnesica* i diverses Aves, d'edat Pliocena en sentit ampli (QUINTANA, 1998b). *Oestophora* sp. trobat a punta Nati, presenta algunes característiques morfològiques que fan posar en dubte si pertany al gènere (Com. pers. J. Quintana) (Figura 9).

Hygromiidae

Xerocrassa frater (Dohrn & Heynemann, 1862)

A l'actualitat és una espècie endèmica de Mallorca, de l'arxipèlag de Cabrera i de Sa Dragonera (PONS i PALMER, 1996). Segons GASULL (1964) és la més abundant i estesa de les espècies de *Xerocrassa*. En el Pleistocè superior s'ha trobat fòssil a jaciments litorals de Mallorca (GASULL 1964; CUERDA 1975) i de Cabrera (CUERDA, 1993). A Menorca s'ha trobat fòssil en el Quaternari a jaciments d'origen càrstic (veure Taula 1) i es va extingir en el Pleistocè, per causes encara desconegudes (QUINTANA, 1998a). A Mallorca s'ha citat a bastants de jaciments càrstics (Taula 2).

Xerocrassa prietoi (Hidalgo, 1878)

És un endemisme de Mallorca, que actualment falta a les regions de Pollença, Alcúdia i el SE de Mallorca GASULL (1964). PONS i PALMER (1996) comenten que és una espècie colonitzadora de distints biòtops i essencialment de zones boscoses.

Citat fòssil a localitats litorals compreses entre Peguera i s'Arenal (GASULL, 1964) i a Son Bauló (VICENS, 2010). Citat al jaciment càrstic del Bufador de Son Berenguer (GASULL i ADROVER, 1966).

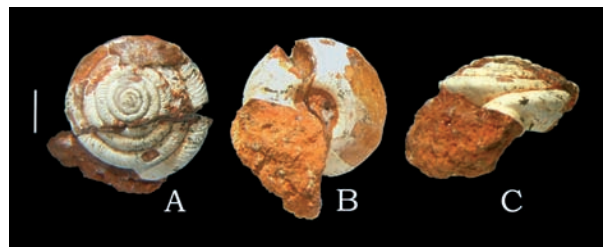


Figura 9: *Oestophora* ?. Pliocè de Punta Nati (Menorca). Escala: 4 mm. (Foto J. Quintana).

Figure 9: *Oestophora* ? Pliocene deposit of Punta Nati (Menorca). Scale 4 mm. (Photo J. Quintana).



Figura 10: *Xerocrassa ebusitana ebusitana* del jaciment càrstic d'es Pouàs (Eivissa). Diàmetre 19,51 mm. (Foto G.X. Pons).

Figure 10: *Xerocrassa ebusitana ebusitana* from the karstic site of Es Pouàs (Ibiza). Shell diameter: 19.51 mm. (Photo G.X. Pons).

Xerocrassa nyeli (Mittre, 1842)

Espècie molt comuna a Menorca i al llevant centre i sud de Mallorca, i de Cabrera a on és tractada com a subespècie, *X. nyeli ponsi* (GASULL, 1964), o inclús com a espècie vàlida *X. ponsi* (segons BECKMANN, 2007). A Mallorca a part de *X. nyeli* hi ha una subespècie que no hi és a Menorca, *T. nyeli homeyeri*.

Com a fòssil s'ha citat a jaciments no càrstics de Menorca i Mallorca (GASULL, 1964). A jaciments càrstics, només s'ha citat a Menorca (Taula 1).

Xerocrassa ebusitana (Hidalgo, 1869)

Endemisme pitiús. Molt comuna a totes les Pitiüses (GASULL, 1964). Citada a jaciments no càrstics d'Eivissa i Formentera. Al jaciment càrstic de la cova de Ca na Reia s'han citat dues subespècies, *X. ebusitana ebusitana* (Figura 10) i *X. ebusitana gasulli* (Figura 11) (PAUL, 1984). També ha estat recol·lectada d'es Pouàs (Eivissa).

Xerocrassa caroli (Dohrn & Heynemann, 1862)

Endemisme d'Eivissa i Formentera. Citat a jaciments no càrstics a Eivissa (GASULL, 1964). Al jaciment càrstic de la cova de Ca na Reia s'ha citat (PAUL, 1984). També ha estat recol·lectada d'es Pouàs (Eivissa).

Helicidae

Allognathus graellsianus (L. Pfeiffer, 1848)

Segons GASULL (1963a) habita només la regió NE de la serra de Tramuntana (Mallorca) entre el nivell de la mar i els 1.000 m d'alçada. Citat a un probable jaciment càrstic de sa Calobra (Mallorca) (GASULL, 1963b) i del Bufador de Son Berenguer (GASULL i ADROVER, 1966).

A la cova de Ca na Reia (Eivissa) s'ha citat *Allognathus* sp. (PAUL i ALTABA, 1992).

Iberellus companyonii (Aleron, 1837)

Iberellus companyonii actualment colonitza les Gimnèsies i les Pitüses. És una espècie pròpia d'ambients xèrics perillitorals i zones de garriga, humides i boscoses (PONS i PALMER, 1996). *Iberellus* cf. *minoricensis* (= *I.* cf. *companyonii*) s'ha citat a Eivissa a cala Salada (PAUL, 1982) i a la cova de Ca na Reia (PAUL, 1984). La cita de cala Salada es coneix a partir d'un únic motlle intern parcial provinent dels sediments inferiors de dita cala (PAUL, 1982). PAUL i ALTABA (1992) comenten que aquests fòssils eivissencs, molt probablement representin una espècie endèmica, vicariant d'*I. minoricensis* i desapareguda abans de l'arribada dels humans a les

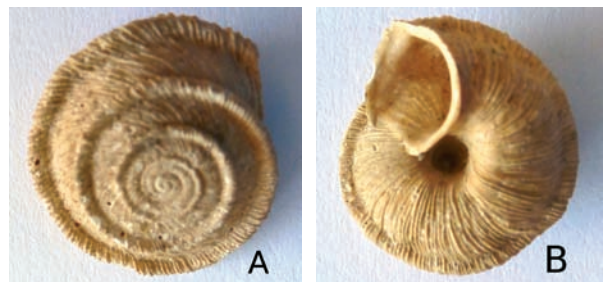


Figura 11: *Xerocrassa ebusitana gasulli* del jaciment càrstic de la cova de Ca na Reia (Eivissa). Diàmetre 13,35 mm. A: Vista dorsal. B: Vista ventral (Foto G. X. Pons).

Figure 11: *Xerocrassa ebusitana gasulli* from the karstic site of Cova de Ca na Reia (Ibiza). Shell diameter 13.35 mm. A: Dorsal view. B: Ventral view (Photo G.X. Pons).

Pitiüses. També s'ha citat a Menorca com a *Iberellus* cf. *minoricensis* un exemplar provinent d'un jaciment del Miocè superior de punta Nati (QUINTANA, 1995). En el Pleistocè superior de les Gimnèsiques, és un mol·lusc freqüent (GASULL, 1963a; CUERDA, 1975). A la pedrera Grossa (Palma) a un rebliment càrstic es va trobar *Iberellus companyonii* i *Iberellus balearicus*, la qual cosa ens indica un punt on han conviscut les dues espècies (BOVER *et al.*, 2004).



Figura 12: *Iberellus balearicus*, actual, de la serra de na Burguesa (Calvià, Mallorca). (Foto D. Vicens).

Figure 12: Present-day *Iberellus balearicus* from Serra de na Burguesa (Calvià, Mallorca) (Photo D. Vicens).

Com s'ha dit abans, la nomenclatura del gènere i de les seves espècies, presenta grans discrepàncies segons els autors que l'han tractat. ALONSO-ZARAZAGA (2004) critica el treball de FORÉS (2002) i el denomina *Iberellus pyrenaicus*, opinió que no és compartida per molts d'autors.

***Iberellus pythiusensis* (Bofill & Aguilar-Amat, 1924)**

Iberellus pythiusensis és una espècie endèmica de les illes Bledes (Eivissa). Colonitza dos illots rocosos i pobres en vegetació (PONS i PALMER, 1996). Descrita inicialment com a subespècie d'*Iberellus companyonii*. *Iberellus pythiusensis* s'ha trobat fòssil a Eivissa en eolianites würmianes i postglacials de la costa sud de la badia de Sant Antoni (Eivissa), als nivells inferiors del jaciment d'es Pouàs i a la cova de Ca na Reia (PAUL i ALTABA, 1992). A Formentera, a sediments de la costa oriental (ESCANDELL i COLOM, 1960), al pujol des Fum en un dipòsit del Pleistocè superior (FILELLA *et al.*, 1999).

***Iberellus balearicus* (Rossmässler, 1838)**

Iberellus balearicus és una espècie endèmica de Mallorca, distribuïda per tota la serra de Tramuntana (GASULL, 1963a; 1969; PONS i PALMER, 1996; ADROVER i CUERDA, 1976). És una espècie comú a les enclotxes calcàries (Figura 12, 13) en zones poc degradades (PONS i PALMER, 1996). S'ha citat a sa Calobra, a cala Molins (GASULL, 1963a), es Bufador de Son Berenguer de Santa Maria (GASULL i ADROVER, 1966), a la pedrera Grossa (BOVER *et al.*, 2004), als dipòsits litorals del Pleistocè superior de cala Sant Vicenç, sa Pedra Foguera, s'Illot d'Alcúdia, cova de s'Escar i sa Bassa Blanca (VICENS i PONS, 2007) i al jaciment càrstic de la cova dels Amengual-Sastre (TRIAS *et al.*, 2001). A la col·lecció Bauzà-MBCN hi ha un *Iberellus* procedent de les coves de Campanet (Mallorca) que probablement és d'aquesta espècie. Algunes de les cites lluny de la serra de Tramuntana s'haurien de revisar.

***Otala lactea* (O. F. Müller, 1774)**

Espècie pròpia de la meitat meridional de la Península Ibèrica i del Nord d'Àfrica. Actualment és freqüent a les Gimnèsies, emperò falta a les Pitiüses (GASULL, 1965).

MERCADAL *et al.* (1970) cita *Otala lactea* en alguns jaciments pleistocènics menorquins. QUINTANA (2006b) senyala que la seva identificació s'ha fet a partir de motlles interns mal conservats la qual cosa fa posar en dubte la seva classificació i considera que aquest tàxon es part de la malacofauna introduïda a Menorca en temps recents.

A Menorca s'ha citat *Otala* sp. a jaciments d'origen càrstic del Pliocè i del Pleistocè (QUINTANA, 1995; 1998a). A Mallorca, a dipòsits no càrstics del Pleistocè inferior (ROSSELLÓ i CUERDA, 1973).

SEGUÍ *et al.* (1998) citen aquest tàxon a la cova C-2

(Menorca) i comenten que és del nivell de *Myotragus*. És probable que sigui un caracol Holocè, introduït amb l'arribada dels humans.

***Otala punctata* (O.F. Müller, 1774)**

És una espècie molt comuna a les Balears, emperò sembla que a Menorca és menys freqüent. És, a més, pròpia del llevant peninsular, arribant fins el Rosselló, i el nord d'Àfrica (GASULL, 1965) (Figura 13).

PAUL (1984) cita *Otala punctata* a la cova de Ca na Reia. Anys després PAUL i ALTABA (1992) el citen com *Otala cf. punctata*.

***Helix aspersa* (O.F. Müller, 1774)**

Espècie molt comuna a Europa occidental i meridional. Molt freqüent a les nostres illes (Figura 13).

Colonitza tots els ambients: jardins, parets, boscos i zones més altes de la Serra (GASULL, 1965).

A Eivissa s'ha citat al jaciment no càrstic de cala Sa-lada (PAUL, 1982a) i al jaciment càrstic de la cova de ca na Reia (PAUL, 1984). Anys més tard PAUL i ALTABA (1992) comenten que *Helix cf. aspersa* fòssil d'Eivissa pot ser una espècie distinta al tàxon vivent.

***Theba pisana* (O.F. Müller, 1774)**

Theba pisana és una espècie molt comuna (Figura 13) per tota la Mediterrània i la costa atlàntica fins a Anglaterra (GASULL, 1965). Segons aquest autor és el mol·lusc més antic que es troba a l'eolianita flandriana. Si fos certa aquesta afirmació, aquest mol·lusc hauria conviscut amb l'home pretalaiòtic de les Balears, fet fins ara no confirmat (FONT *et al.*, en premsa).

Citat a jaciments no càrstics a les Gimnèsies. MERCADAL *et al.* (1970) cita aquesta espècie en el Pleistocè inferior de la Mola de Fornells (Menorca) i CUERDA *et al.* (1982) en el Pleistocè superior de Son Mosson (Mallorca). Segons QUINTANA (2006b) la classificació dels exemplars menorquins es basa en motlles interns, generalment mal conservats, mentre que a Mallorca la troballa d'aquesta espècie és molt rara ja que només s'ha trobat un exemplar a Son Mosson. Per aquestes raons, aquest autor considera aquest tàxon com un element faunístic al·lòcton.

A Eivissa PAUL (1984) va identificar al jaciment càrstic de la cova de Ca na Reia un caragol amb dubtes com a *Theba pisana*, del qual anys més tard PAUL i ALTABA (1992) indiquen que es tracta d'*Iberellus pythiusensis*.

***Eobania vermiculata* (O.F. Müller, 1774)**

És una espècie circummediterrània (Figura 13), molt freqüent als camps i horts de les nostres illes (GASULL, 1965).

MERCADAL *et al.* (1970) citen *Eobania vermiculata* (Müller, 1774) en alguns jaciments pleistocènics menorquins. QUINTANA (2006b) assenyala que la seva iden-

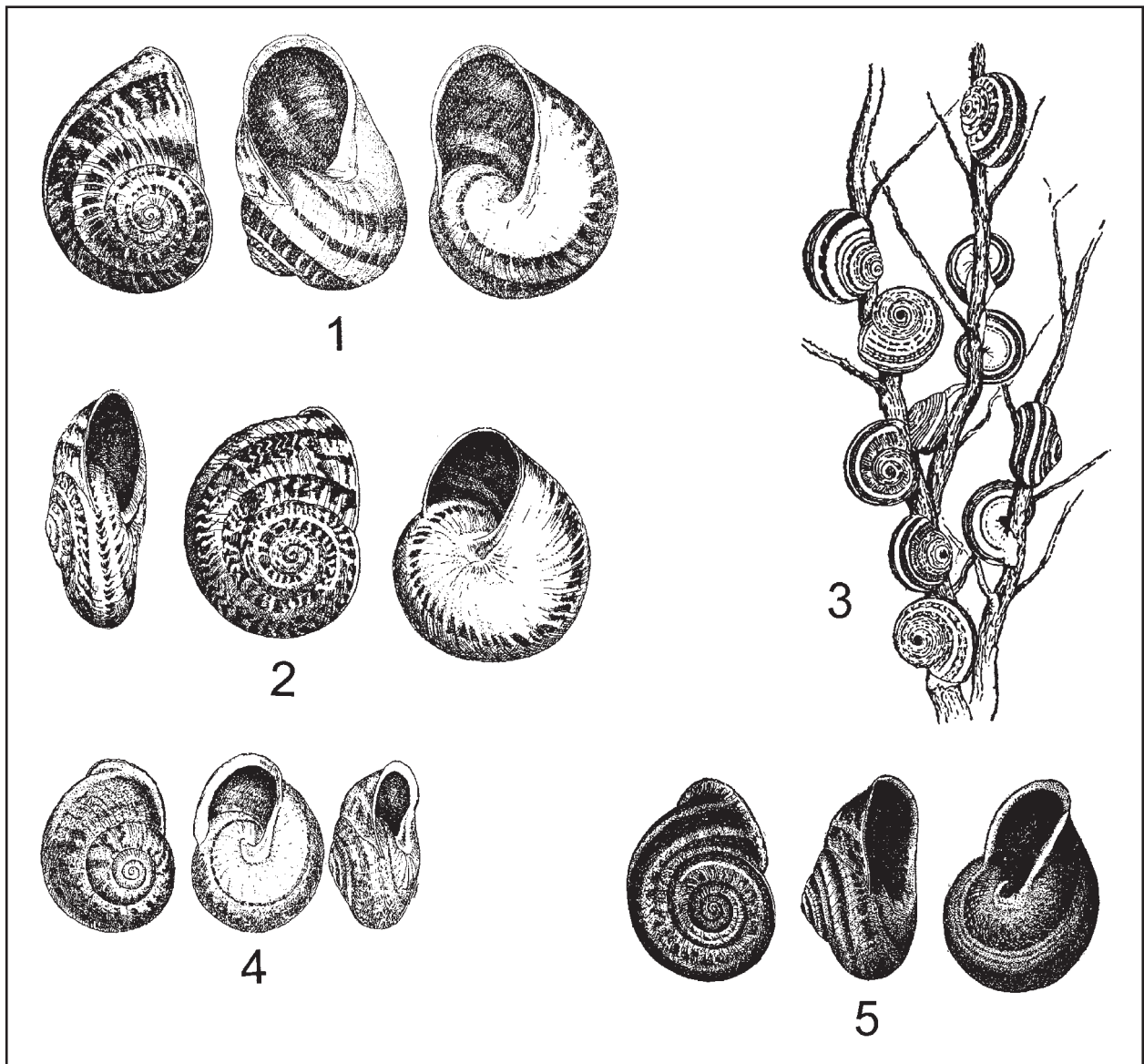


Figura 13: Alguns dels caragols terrestres citats al text, tal i com els veia el gran naturalista Guillem Colom: 1- *Helix aspersa*. 2- *Iberellus balearicus*. 3- *Theba pisana*. 4- *Eobania vermiculata*. 5- *Otala punctata*. Dibuixos núm. 1, 2, 4, i 5 a partir de COLOM (1957); el dibuix núm. 4 a partir de COLOM (1987).

Figure 13: Some of the terrestrial snails cited in the text reproduced by the great naturalist Guillem Colom 1 - *Helix aspersa*. 2 - *Iberellus balearicus*. 3 - *Theba pisana*. 4 - *Eobania vermiculata*. 5 - *Otala punctata*. Drawing no. 1, 2, 4, and 5 from COLOM (1957), drawing no. 4 from COLOM (1987).

tificació s'ha fet a partir de motlles interns mal conservats la qual cosa fa posar en dubte la seva classificació i considera que aquest tàxon es part de la malacofauna introduïda a Menorca en temps recents.

ROSSELLÓ i CUERDA (1973) citen aquest tàxon amb dubtes, al Quaternari inferior del Banc d'Eivissa (Mallorca) a partir de motllos interns. No s'ha trobat fòssil al Pleistocè superior de Mallorca (veure CUERDA, 1975; VICENS i PONS, 2007).

SEGUÍ *et al.* (1998) citen aquest tàxon a la cova C-2 (Menorca) i comenten que és del nivell de *Myotragus*. Les dades del registre paleontològic suggereixen que el més probable és que sigui un caragol Holocè, introduït amb l'arribada dels humans.

Agraïments

Al nostre amic el Dr. Josep Quintana pels seus comentaris i suggeriments i per deixar-nos les fotografies de fòssils menorquins.

A Francesc Gràcia per impulsar i animar-nos en la realització d'aquest article i pels seus suggeriments.

Al Dr. Joaquín Ginés pels seus comentaris i suggeriments que han fet millorar aquest article

A la junta directiva de la Societat d'Història Natural de les Balears, i a la directora del Museu Balear de Ciències Naturals, Carolina Constantino, per deixar-nos consultar les bases de dades sobre col·leccions paleontològiques.

Bibliografia

- ADROVER, R. (1966): Pequeño intento de lavado de las tierras de la cueva de Son Muletta y los resultados obtenidos. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 46.
- ADROVER, R. i ANGEL, B. (1966): Yacimiento del Cuaternario continental en Son Vida. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 107-110.
- ADROVER, R. i CUERDA, J. (1976): Dos nuevos yacimientos pleistocénicos con malacofauna terrestre en la isla de Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 21: 125-130.
- ALCOVER, J.A. i BOVER, P. (2002): Paleontología, espeleología i ciencias del karst en las Baleares. *Revista de la SEDECK*, 3: 92-105.
- ALCOVER, J.A.; MOYÀ SOLÀ, J. i PONS MOYA, J. 1981. *Les Quimeres del Passat. Els Vertrebrats fòssils del Plio-Quaternari de les Balears i Pitiüses*. Mon. Cient. Ed. Moll. Palma. 260 pp.
- ALONSO-ZARAZAGA, M. A. 2004. Precisiones sobre un artículo nomenclatural acerca de la validez "taxonómica" de *Iberellus companyonii* (Aleron, 1837) recientemente publicado (Mollusca, pulmonata, helicicidae). *Graellsia*, 60(1): 101-105.
- BECKMANN, K.-H. (2007): *Die Land- und Süßwassermollusken der Balearischen Inseln*. ConchBooks. 255 pp.
- 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.
- CALAFAT, F. i SAEZ, B. (1987): Paleofauna lacustre del Buntsandstein de Mallorca. *I Jornades del Medi Ambient de les Balears*. Societat d'Història Natural de les Balears. Resums de comunicacions. pp: 18-19.
- COLOM, G. (1957): *Biogeografia de les Balears*. Estudio General Luliano de Mallorca. Serie científica, núm. 1. 568 pàgines.
- COLOM, 1987 (1987): *El Medio y la Vida en las Balears*. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 290 pàgines.
- COLOM, G., SACARES, J. i CUERDA, J. 1968. Las formaciones marinas i dunares pliocenas de la región de Lluchmayor (Mallorca). *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares.*, 14: 46-61.
- CRESPI, D.; GRACIA, 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.
- CUERDA J. (1975): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Palma. Inst. Estudios Balearicos de la Dip. Provincial de Baleares. 304 pp.
- CUERDA, J., ANTICH, S. i SOLER, A. (1982): La secuencia Pleistocénica dunar de Son Mosón (Mallorca) y sus correlaciones faunísticas y estratigráficas. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 26: 13-35.
- ESCANDELL, B. i COLOM, G. (1960): Notas sobre el empobrecimiento de la fauna balear. Las *Rossmassleria* de Formentera. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 6: 31-35.
- FILELLA, E., GÄSSER, Z., GARCIA-PORTA, J. i FERRER, J.A. (1999): Una puesta fòsil de tortuga terrestre en el Pleistoceno de Formentera (Islas Pitiüses, archipiélago Balear. *Treb. Mus. Geol. Barcelona*, 8: 67-84
- FONT, A.; RAMIS, D. i VICENS, D. (en premsa): Fauna, flora i minerals de les Balears a l'antiguitat: fonts literàries, fonts científiques i fonts arqueològiques. 1. La grulla balear i els caragols. *Boll. Soc. Arqueològica Lul·liana*. Palma.
- FORNÓS, J.J., BROMLEY, R.G., CLEMMENSEN, L.B. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (2002): Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180: 277-313.
- FORÉS, M. (2002): Sobre la validez taxonómica de *Iberellus companyonii* (Aleron, 1837) (Pulmonata: Helicidae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 45: 137-189
- FORÉS, M. (1984): Nuevas aportaciones al conocimiento de la fauna malacològica terrestre y de agua dulce de Baleares y Tarragona. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 28:115-122.
- GÄSSER, Z. i FERRER, J.A. (1997). Nous jaciments paleontològics del Miocè i Quaternari de Formentera (Illes Pitiüses, Mediterrània Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 40: 91-101
- GASULL, L. (1963a): Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de Baleares. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 9: 3-80.
- GASULL, L. (1963b): Un nuevo molusco terrestre fòsil para la fauna cuaternaria de Baleares. *Oestophora (Id) barbula* Charp. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 9: 81-82.
- GASULL, L. (1965): Algunos moluscos terrestres y de agua dulce de Baleares. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 11: 7-161.
- GASULL, L. i ADROVER, R. (1966): Fauna malacològica i mastològica del yacimiento des Bufador. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 12: 141-148.
- GASULL, L. i ALCOVER, J. A. (1982): La Cova de Ca Na Reia: desconcertant estació malacològica del Pleistocè de les Pitiüses. *Endins*, 9: 41-44.
- GASULL, L. i ALTENA, R. (1969): Pulmonados desnudos de las Baleares (Mollusca, Gastropoda). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 15: 121-134.
- GIUSTI, F.; MANGANELLI, G. i SCHEMBRI, P.J. (1995): *The non-marine molluscs of the Maltese Islands*. Museo Regionale di Scienze Naturali. Monografia XV. Torino.
- MARTÍNEZ-DELCLÒS, X. (1996): El registro fòsil de insectos. *Bol. Asoc. Esp. Entomología.*, 20 (1-2): 9-30.
- MAS, G. i RIPOLL, J. (en premsa). Cambres de pupació d'insectes coleòpters del Pliocè- Pleistocè inferior de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). Significació paleoambiental i cronoestratigràfica. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*.
- MELIC, A. I GRUSTÁN, D. (1996): El registro fòsil de un grupo heterogéneo: Myriapoda. *Bol. SEA*, 16: 113-124.
- MERCADAL, B., VILLALTA, J. F., OBRADOR, A. i ROSELL, J. (1970): Nueva aportación al conocimiento del Cuaternario menorquín. *Acta Geol. Hisp.*, 4: 89-93.
- PAUL, C. R. C. 1982. Pleistocene non-marine molluscs from Cala Salada, Ibiza. *Geol. J.*, 17:161-184.
- PAUL, C.R. C. (1984): Pleistocene non-marine molluscs from cova de ca na Reia, Eivissa. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 28: 95-114.
- PAUL, C. R. C. i ALTABA, C. R. (1992): Els mol·luscs terrestres fòssils de les Illes Pitiüses. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 35: 141-170.
- PONS, G. X. i DAMIANS, J. (1992): Fauna malacològica d'algunes cavitats de l'illa de Mallorca. *Endins*, 17-18: 67-72.
- PONS, G.X. i PALMER, M. (1990): Valoració faunística. In: BARCELÓ, B. (Ed.) *Pla d'ordenació dels recursos naturals del sector nord de la Serra de Tramuntana*: 130-158, inèdit.
- PONS, G. X. i PALMER, M. (1996): Fauna endèmica de les Illes Balears. *Mon. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 5: 1-307.
- QUINTANA, J. (1995): Fauna malacològica associada a *Cheirogaster gymnesica* (Bate, 1914). Implicaciones biogeogràfiques. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 38: 95-119.
- QUINTANA, J. (1998a): Presencia de *Trochoidea frater* (Dohrn y Heynemann, 1862) (Gastropoda: Helicidae) en los depósitos cársticos de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 41: 49-56.
- QUINTANA, J. (1998b): Aproximación a los yacimientos de vertebrados del Mio-Pleistoceno de la isla de Menorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 41: 101-117.
- QUINTANA, J. (2001): Fauna malacològica presente en los sedimentos holocénicos del barranc d'Algendar (Ferrerries, Menorca). *Spira*, 1: 33-40.
- QUINTANA, J. (2004): Presencia de *Testacella (Testacella) scutulium* G. B Sowerby 1820 (Gastropoda: Testacellidae) a l'illa de Menorca (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 47: 89-100.

- QUINTANA, J. (2006a): Reconsideració taxonòmica de *Chondrula (Mastus)* fòsil de Mallorca i Menorca (Gastropoda: Pulmonata: Enidae). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 49: 21-38.
- QUINTANA, J. (2006b): Mol·luscs terrestres autòctons i introduïts a l'illa de Menorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). *Spira*, 2(1): 17-26.
- ROSE, J.; MENG, X. i WATSON, C. 1999. Paleoclimate and paleoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain. *Jour. Geol. Soc. London.*, 156: 435-448.
- ROSSELLÓ V.M. i CUERDA J. (1973): Nota sobre el Plioceno y Cuaternario del Banc d'Eivissa (Mallorca). Valencia. *Cuadernos de Geografía de la Universidad de Valencia*, 1-13.
- SEGUI, B., BOVER, P., TRIAS, M. i ALCOVER, J.A. (1998) El jaciment fòssilífer de la Cova C-2 (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 22: 81-97.
- SERVERA, J., MAYOL, M. i PONS, G.X. (2001): Un nou jaciment d'icnites de *Myotragus balearicus* al racó des Matar (Santanyí, Mallorca). In: PONS, G.X. (Edit.), *III Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*. Soc. Hist. Nat. Balears. 58-59.
- STAUFFER, P. (1979): A fossilized honey bee comb from late Cenozoic cave deposits at Batu Caves, Malay Peninsula. *J. Paleont.*, 53: 1416-1421.
- TRIAS, M.; BOVER, P. i ALCOVER, J.A. (2001): La Cova dels Amengual-Sastre (Sencelles, Mallorca). *Endins*, 24: 129-135.
- VICENS, D. (2010): *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. UIB. inèdit.
- VICENS, D. i PONS, G. X. (2007): Els mol·luscs terrestres del Pleistocè superior a jaciments costaners de la zona septentrional de Mallorca (Artà, Alcúdia i Pollença). In: PONS, G. X. i VICENS, D. (Edit.). *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 231-258.
- 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.
- WIKTOR, A.; QUINTANA, J. i BECKMANN, K.-H. (2007): Re-description of "*Limax majoricensis*" (Heynemann 1863) (Gastropoda: Pulmonata: Limacidae) from the Balearic Islands. In: BECKMANN, K. H (Ed.) : *Die Land- und Süßwassermollusken der Balearischen Inseln*. ConchBooks. 187-197.

LA PALEONTOLOGIA DE VERTEBRATS INSULARS DE LES BALEARS: LA CONTRIBUCIÓ DE LES EXCAVACIONS RECENTS

per Pere BOVER ^{1,2}

Abstract

The knowledge on vertebrate paleontology of the Balearic Islands has been improved thanks to the exploration, excavation and study of new deposits during the last 16 years. Mallorcan deposits as Caló d'en Rafelino, Cova des Pas de Vallgornera, Cova Estreta or Cova des Moro, or Menorcan deposits located at the area of Punta Nati, have furnished important paleontological materials that allowed, among others, to understand some of the most enigmatic topics of the Balearic paleozoogeography as well as the analysis of specific aspects of emblematic fossil species as *Myotragus balearicus*. Thus, the most important advances have been the improvement of the knowledge of the Pliocene faunal framework of Mallorca (*Myotragus* fauna) and Menorca (*Nuralagus* fauna), the relationship of these faunal assemblages, and the study of several aspects of *M. balearicus* regarding its biology (physiology, brain and sense organ anatomy, body weight estimates, locomotion, etc.) and extinction (chronology and causes). Additionally, up-to-date, three new genera, eight new species and a new ichnospecies of terrestrial or flying vertebrates have been described.

Resum

El coneixement sobre la paleontologia de vertebrats de les Illes Balears s'ha vist considerablement millorat gràcies a les tasques d'exploració, excavació i estudi de nous jaciments durant els darrers 16 anys. Jaciments mallorquins com ara el caló d'en Rafelino, la cova des Pas de Vallgornera, la cova Estreta o la cova des Moro, o els jaciments menorquins de la zona de punta Nati, han aportat importants materials paleontològics que han permès, entre altres coses, entendre alguns dels punts més enigmàtics de la paleozoogeografia balear o bé analitzar aspectes concrets d'espècies fòssils emblemàtiques tals com *Myotragus balearicus*. Així, els avenços més importants han estat la millora del coneixement de l'estructura faunística del Pliocè de Mallorca (fauna del *Myotragus*) i Menorca (fauna del *Nuralagus*), les relacions entre aquestes faunes, i l'estudi d'aspectes diversos de *M. balearicus* pel que fa a la seva biologia (fisiologia, anatomia del cervell i òrgans dels sentits, estimes de pes, locomoció, etc.) i extinció (cronologia i causes). A més, fins a la data, s'han descrit tres nous gèneres, vuit espècies noves i una icnoespècie nova de vertebrats terrestres o voladors.

Resumen

El conocimiento sobre la paleontología de vertebrados de las Illes Balears ha sido considerablemente mejorado gracias a las labores de exploración, excavación y estudio de nuevos yacimientos durante los últimos 16 años. Yacimientos mallorquines como los del Caló d'en Rafelino, Cova des Pas de Vallgornera, Cova Estreta o Cova des Moro, o los yacimientos menorquines de la zona de Punta Nati, han aportado importantes materiales paleontológicos que han permitido, entre otras cosas, entender algunos de los puntos más enigmáticos de la paleozoogeografía balear así como analizar aspectos concretos de especies fósiles emblemáticas tales como *Myotragus balearicus*. Así, los avances más importantes han sido la mejora del conocimiento de la estructura faunística del Plioceno de Mallorca (fauna del *Myotragus*) y Menorca (fauna del *Nuralagus*), las relaciones entre estas faunas, y el estudio de aspectos diversos de *M. balearicus* por lo que respecta a su biología (fisiología, anatomía del cerebro y órganos de los sentidos, estimas de peso, locomoción, etc.) y extinción (cronología y causas). Además, hasta el presente, se han descrito tres nuevos géneros, ocho especies nuevas y una icnoespecie nueva de vertebrados terrestres o voladores.

1 Departament de Biodiversitat i Conservació. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB). Carrer Miquel Marqués, 21. 07190 Esporles (Illes Balears). E-mail: perebover@imedea.uib-csic.es

2 Speleo Club Mallorca. Palma

Introducció

La història de l'estudi de la paleontologia de vertebrats de les Balears va rebre un impuls fonamental l'any 1909, quan Miss Dorothea M. A. Bate, que va iniciar l'exploració paleontològica de les caveres de les Balears, publicà la descripció d'un estrany bòvid a partir de les restes òssies trobades a la cova de na Barxa, a Capdepera (BATE, 1909). Aquest bòvid, al que va anomenar *Myotragus* degut a la similitud de la seva dentició amb la dels rosegadors, ha estat un actor molt important en l'estudi i enteniment de l'evolució dels mamífers en condicions d'insularitat. La senyoreta Bate, que visità l'illa durant unes setmanes el mateix any 1909 (SHINDLER, 2005), va realitzar nombroses visites a illes mediterrànies i va fer feina sovint a interior de coves. Anteriorment al seu treball, només es tenien unes poques referències sobre els vertebrats fòssils de les Balears. La primera menció que tenim es refereix a la troballa de les restes d'un suposat lagomorf a l'illa de Mallorca, a una bretxa als voltants del castell de Bellver (DE LA MARMORA, 1835), però aquest jaciment no s'ha pogut localitzar. Posteriorment, HAIME (1855) esmentà restes d'una tortuga fòssil que en Bouvy havia recollit dels lignits de Selva-Binissalem, i HERMITE (1879) esmentà restes de cocodril (escates i copròlits) dels mateixos lignits. El viatger italià Cristoforo Bellotti va obtenir (però no ho va publicar) el 1857 un crani d'*Anthracotherium* als lignits mallorquins i el va depositar al Museo Civico di Storia Natural de Milano. El zoòleg anglès Olfield Thomas va obtenir el 1901 noves restes d'*Anthracotherium* a Mallorca, que varen esser estudiades per FORTSYTH MAJOR (1904). Però els vertebrats descrits en aquestes tres darreres referències no eren insulars, en el sentit que quan vivien, les terres balears no eren encara illes. L'estudi dels vertebrats insulars de les Balears s'inicia amb la descripció de *Myotragus balearicus*.

A partir del treball de la senyoreta Bate han estat nombrosos els autors que han aportat informacions sobre materials paleontològics provinents de coves. La composició geològica de les Balears fa que els nombre de cavitats sigui important a tot l'arxipèlag. I és precisament a les coves on es localitzen la immensa majoria dels depòsits fòssils dels darrers 5 milions d'anys. Es tracta d'ambients particularment estables i on s'acumulen sediments, ja sigui d'origen exògen o d'origen del propi interior de la cova. En molts de casos l'acumulació de sediments i materials fòssils en una estratigrafia més o menys contínua, permet un seguiment històric de les diferents troballes realitzades i en permet realitzar una anàlisi de les pautes evolutives d'una mateixa espècie.

El principal objectiu d'aquest treball és presentar una breu actualització de les informacions més rellevants que s'han obtingut sobre els vertebrats fòssils terrestres i voladors del Pliocè i Quaternari de les Balears des de l'any 1995, moment en què es publicà la darrera revisió general de la paleontologia insular balear (SONDAAR *et al.*, 1995), principalment de les informacions obtingudes a partir de les noves excavacions. Pràcticament totes les noves troballes que han permès una nova visió de la fauna vertebrada fòssil balear provenen de coves i altres depòsits càrstics (BOVER & ALCOVER, 2005). Encara

que 16 anys pugui semblar un període de temps relativament curt pel que fa la recerca en paleontologia, s'ha de dir que una sèrie de dipòsits paleontològics excavats aquests anys han permès realitzar investigacions molt rellevants que han fet canviar la visió que teníem de l'estructura paleofaunística.

Els episodis de fauna insular balear

A les Balears es poden distingir dos episodis faunístics insulars fonamentals, un d'ells al Miocè mitjà-final (pre-Messiniana) i l'altre des dels finals del Miocè (Messiniana)-inici del Pliocè fins al l'Holocè.

PRIMER EPISODI FAUNÍSTIC

A Mallorca, aquest primer episodi faunístic està representat per la fauna de Santa Margalida-Sant Llorenç (MEIN & ADROVER, 1982; ADROVER *et al.*, 1985). Aquesta fauna inclou un lagomorf de la família dels ocotònids (*Gymnesicolagus gelaberti*) i 3 rosegadors de la família dels glírids (*Carbomys sacaresi*, *Margaritamyx llulli* i *Peridyromys ordinasii*) (MEIN & ADROVER, 1982; ADROVER *et al.*, 1985). L'exploració en temps recents de cavitats subaquàtiques de la plataforma miocènica de l'est de Mallorca ha permès el descobriment d'altres jaciments pre-Messinians (del Miocè superior) tals com la cova des Coll i cova de Cala Varques B (GRÀCIA *et al.*, 2005). A aquestes coves s'han trobat restes de tortugues terrestres de gran mida (*Geochelone/Cheirogaster* sp), així com restes de tortugues d'aigües salobres (*Trionyx* sp). A Menorca, el jaciment de Punta Nati 2 aportà restes osteològiques de *Gymnesicolagus*, i també d'un glírid emparentat amb *M. llulli* de Mallorca, el qual ha estat descrit com a *Margaritamyx adroveri* (QUINTANA & AGUSTÍ, 2007), així com d'una tortuga de gran mida.

SEGON EPISODI FAUNÍSTIC

El coneixement del segon episodi faunístic ha crescut notablement gràcies a les troballes dels darrers 16 anys. La interpretació de la fauna d'aquest episodi ha sofert una sèrie de canvis molt rellevants i que mereixen especial atenció. Per aquest motiu, s'aniran explicant inicialment les noves troballes i al final d'aquest article s'exposarà un resum faunístic d'aquest episodi amb les noves aportacions.

Mallorca

Des de mitjans dels 90 s'han excavat diversos jaciments mallorquins que han donat llum a parts impor-

tants de la història evolutiva de *Myotragus* i les altres espècies acompanyants del bòvid. Totes aquestes noves excavacions han estat impulsades per la realització de fins a tres tesis doctorals sobre aspectes paleontològics i zooarqueològics dins del context geogràfic de les Gimnèsies (SEGUÍ, 1998; BOVER, 2004; RAMIS, 2006) i per l'exploració sistemàtica de les cavitats balears.

CALÓ D'EN RAFELINO

Els materials obtinguts en aquest jaciment, descobert el 2003, han permès aproximar-nos a la fase inicial de la successió faunística dels darrers 5,32 milions d'anys i conèixer una sèrie d'aspectes paleobiogeogràfics importants per a l'evolució d'aquestes faunes.

El jaciment del caló d'en Rafelino és una bretxa ossífera molt pobre localitzada al terme municipal de Manacor. La bretxa rebria una antiga cavitat actualment col·lapsada (Fig. 1) excavada als materials del Complex d'Esculls del Miocè superior (FORNÓS, 1998; POMAR *et al.*, 1990). A aquest complex se li ha atribuït una cronologia del Tortonià final-Messinià (BIZON *et al.*, 1973). Fins al descobriment del jaciment del caló d'en Rafelino, la fauna més antiga d'aquest episodi era la del jaciment de cala Morlanda, una bretxa de rebliment d'un antic esquetjar, i la del jaciment de es torrent de sa Penya Roja, un rebliment d'unes cavitats d'origen càrstic (MOYÀ-SOLÀ & PONS-MOYÀ, 1982). Aquesta fauna, considerada del Pliocè inicial, estava formada pel bòvid *Myotragus pepgonellae* i restes molt fragmentàries del rosegador *Hypnomys* i de la musaranya *Nesiotites*.

La bretxa del caló d'en Rafelino consisteix en uns llims vermellosos endureïts i, encara que els sediments troben en tot el recorregut de la cova, només s'han trobat restes paleontològiques a poc menys d'un metre quadrat de superfície. L'extracció dels materials amb tècniques químiques (àcid acètic) ha permès l'obtenció d'ossos fragmentats i rodats, però en molts casos suficientment diagnòstics per a poder establir la seva identitat taxonòmica. En concret, fins a la data, s'han descrit dues espècies noves de mamífers, *Myotragus palomboi* (BOVER *et al.*, 2010a) i un lagomorfo (Leporidae), *Hypolagus balearicus* (QUINTANA *et al.*, 2010).

M. palomboi és una forma més arcaica que *M. pepgonellae*, que presenta un p2 més desenvolupat, encara que amb indicis d'haver començat a reduir-se, i un metatars robust i curt, morfològicament a mig camí entre el de *M. pepgonellae* i les espècies de bòvids continentals del Miocè superior (BOVER *et al.*, 2010a).

Per altra banda, *H. balearicus*, suposa un dels registres més occidentals del gènere a Europa. Aquesta espècie presenta una sèrie de caràcters distintius, bàsicament relacionats amb la dentició, com són la petita mida del p3 i la profunditat relativa del seu protoflèxid. Encara que presenti una rellevant robustesa dels ossos postcranials, aquesta està dins els marges trobats als lepòrids continentals (QUINTANA *et al.*, 2010).

Adicionalment a aquest dos mamífers ja descrits, també s'han recuperat restes de tres micromamífers. Concretament dos rosegadors (Rodentia) i un insectívor (Eulipotyphla). Pel que fa als rosegadors, cal destacar un cricètid (nou gènere i nova espècie) de gran mida, amb

dents molt hipsodontes i selenodontes, possiblement emparentat amb *Apocricetus*. L'altre és un glírid del gènere *Hypnomys*, més arcaic que les espècies balears del gènere més antigues conegudes fins la seva troballa i que encara presenta algunes característiques similars a *Eliomys* s.s. (AGUSTÍ *et al.*, enviat). L'insectívor trobat al jaciment és un soricid del gènere *Nesiotites* amb una peculiar combinació de característiques dentàries i mida corporal relativament gran (ROFES *et al.*, enviat).

A més de mamífers, la fauna trobada al caló d'en Rafelino inclou una sèrie d'elements que no havien estat mai trobats al Neògen i Quaternari de l'illa de Mallorca. Les serps, que fins al descobriment d'aquest jaciment només estaven localitzades al registre paleontològic de l'illa de Menorca, formen una part important d'aquest conjunt. Cal destacar el primer registre de *Vipera* del Complex dels Escurçons Orientals (en anglès, "Oriental Vipers Complex"). Les restes obtingudes (unes poques vèrtebres) no en permeten una assignació taxonòmica específica, però es pot inferir una longitud corporal de l'espècie trobada al jaciment manacorí d'uns dos metres o més; seria l'espècie de *Vipera* d'aquest grup de majors dimensions coneguda a Europa (BAILÓN *et al.*, 2010).

També s'hi trobaren restes d'un colúbrid i d'un escurçó (Viperidae) igualment del gènere *Vipera* i que sembla estar relacionat amb *V. natiensis* del Pliocè de Menorca (BOVER *et al.*, 2007a).

Les altres espècies de rèptils són un lacèrtid ambliodont de gran mida, actualment en estudi, que pertany a nou gènere i nova espècie, un lacèrtid de mida petita, un ànguid emparentat amb *Ophiosaurus* i una tortuga (BOVER *et al.*, 2007a).

La presència al caló d'en Rafelino d'una sèrie d'elements faunístics que no s'han registrat a jaciments de cronologia posterior, juntament amb característiques més arcaiques visibles als tres tàxons que es registren a jaciments més moderns (*Myotragus*, *Hypnomys* i *Nesiotites*) varen permetre establir una cronologia del Pliocè inicial molt primerenc per a les restes obtingudes en aquest dipòsit.

Aquesta fauna permet conèixer de forma més acurada quins elements formaven part de les espècies que arribaren a les illes Balears durant la Crisi de Salinitat del Messinià (CSM), fa uns 5,6-5,32 milions d'anys (CLAUZON *et al.*, 1996 ; KRIJGSMAN *et al.*, 1999) i que s'ha erigit com una de les hipòtesis més acceptades de colonització de les illes. Així, el nombre de tàxons que arribà a l'illa de Mallorca durant la CSM és superior al que prèviament s'havia suposat (el triplet *Myotragus*, *Hypnomys*, *Nesiotites*).

Al mateix temps també permet documentar les extincions que tingueren lloc al Pliocè i en un futur confirmem que permetrà establir quines han estat les possibles causes de la desaparició de determinades espècies, encara que s'haurà aprofundir en l'estudi del contingut faunístic dels jaciments ja coneguts.

COVA DES PAS DE VALLGORNERA

La cova des Pas de Vallgornera, al municipi de Llucmajor, és una cavitat de rellevància a nivell mundial, ja no només per la seva longitud sinó també per la

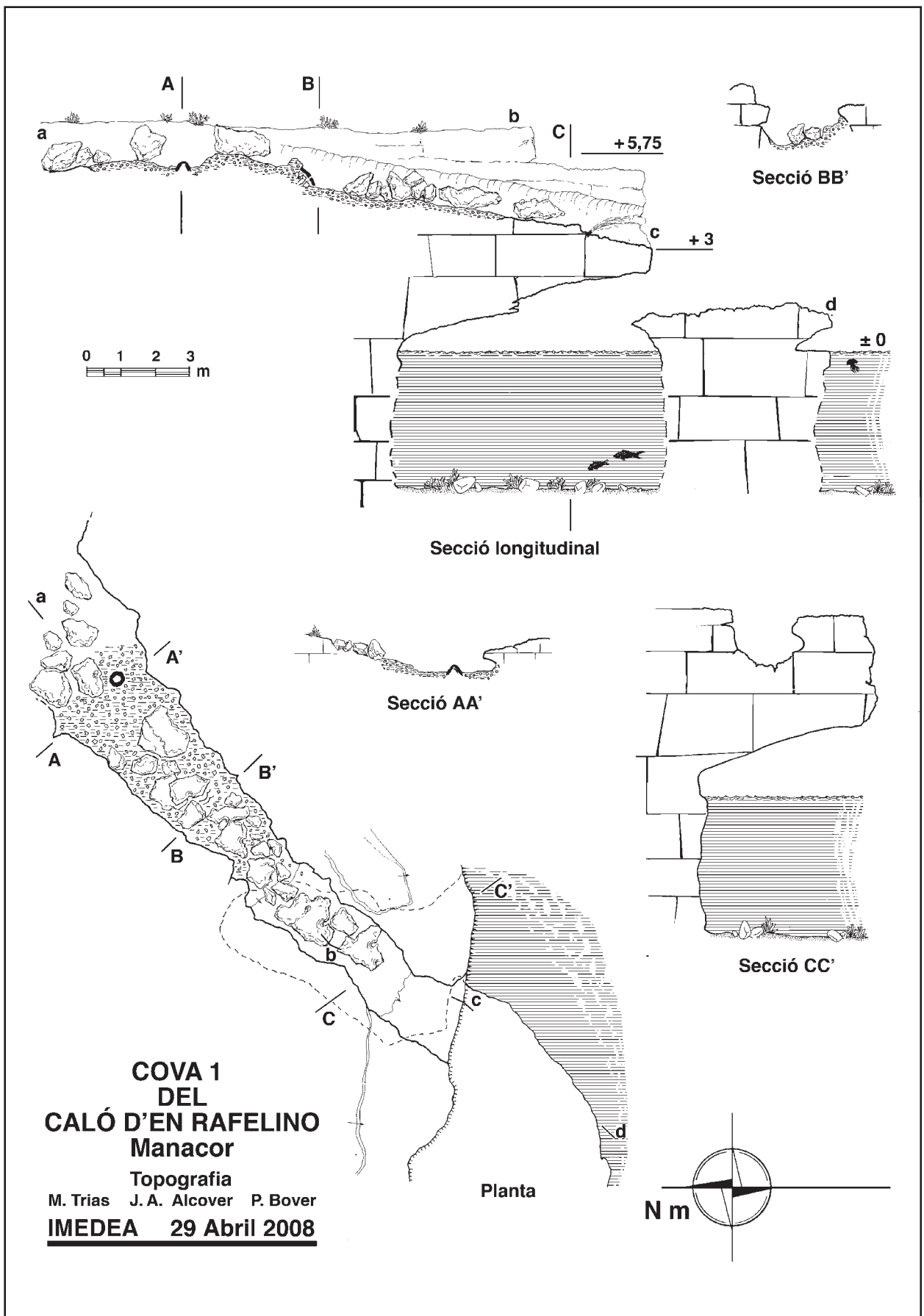


Figura 1: Topografia del jaciment del caló d'en Rafelino (Manacor).

Figure 1: Topographic survey of the Caló d'en Rafelino deposit (Manacor).

seva bellesa i peculiars característiques morfològiques (veure GRÀCIA *et al.*, 2009 i les referències citades en aquest article). L'any 2005 es localitzaven al seu interior nombroses restes de vertebrats terrestres fòssils a l'anomenada galeria del Tragus (MERINO *et al.*, 2006). En aquesta galeria, d'uns 300 metres de longitud i uns 20 metres d'amplada (Fig. 2), s'hi han localitzat restes de vertebrats de la fauna de fa uns 2,3 milions d'anys (BOVER *et al.*, en preparació).

Encara que les restes trobades en aquest jaciment estan actualment en estudi, una anàlisi preliminar permet identificar l'espècie de *Myotragus* com a una forma intermitja entre *M. antiquus* i *M. kopperi*. Gràcies al càlcul d'índexos dentaris a partir de longituds de premolars i molars inferiors i superiors es pot suposar que les restes de *Myotragus* pertanyen a una forma que va viure a Mallorca fa uns 2,3 milions d'anys, d'acord amb les datacions paleomagnètiques realitzades a la cova de Canet (PONS-MOYÀ *et al.*, 1979) i a la pedrera de s'Ònix. Els resultats de les anàlisis de les restes d'espècies de microfauna també semblen anar en aquesta direcció.

Entre els ocells trobats a l'interior de la galeria del Tragus cal destacar la troballa d'una nova espècie de mussol del gènere *Athene*, descrit com *A. vallgornerensis* per GUERRA *et al.* (en premsa). Tot i que les seves restes són molt escasses (Fig. 3), són indicatives d'un mussol amb un tars-metatars relativament robust (com



Figura 2: Restes de *Myotragus* trobats a la galeria del Tragus de la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). Any 2010. Foto: Carl Mehling.

Figure 2: *Myotragus* remains found at the Galeria del Tragus at the Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor). Year 2010. Photo: Carl Mehling.

A. angelis) i de mida molt petita (la seva llargària és propera a la dels mussols, *Otus scops*).

A part de les troballes d'ossos aïllats durant l'excavació paleontològica de l'any 2010, a altres indrets de l'interior de la cova des Pas de Vallgornera s'han localitzat tres esquelets (dos d'ells en connexió anatòmica) de la rata cellarda fòssil *Hypnomys* i un esquelet de *Myotragus*. Encara que no s'ha realitzat la seva extracció degut a que estan recoberts parcialment de colada pavimentària, fet que incrementa el risc de trencament si es volgués extreure, els esquelets articulats d'*Hypnomys* han aportat informacions rellevants pel que fa al disseny corporal del gènere, incloses les mides corporals (BOVER *et al.*, 2010b). Les mesures realitzades sobre aquests esquelets articulats permeten establir que la longitud total de l'*Hypnomys* d'aquesta cova era d'uns 25 cm.

Els resultats de les anàlisis diverses realitzades als ossos obtinguts a la cova des Pas de Vallgornera seran recopilats en un article que s'espera poder publicar aquest mateix any (BOVER *et al.*, en preparació).

COVA DES MORO I COVA ESTRETA

Aquests dos notables jaciments han suposat una gran ampliació de les mostres dels vertebrats quaternaris de Mallorca. Les 6 campanyes d'excavació realitzades a la cova des Moro, de Manacor (TRIAS, 2000) (Fig. 4), i les 4 a la cova Estreta, de Pollença (ENCINAS & ALCOVER, 1997) (Fig. 5), han aportat un nombre important de restes, sobretot de *Myotragus balearicus*, que han estat de gran rellevància per a l'estudi de diversos aspectes de la biologia de l'espècie.

Per citar alguns exemples, de la cova Estreta s'obtingueren copròlits en un estat de preservació excepcional que va fer que es poguessin realitzar els primers estudis directes sobre la dieta de l'espècie en base al seu contingut pol·línic (ALCOVER *et al.*, 1999), confirmats recentment per l'anàlisi de fibres vegetals (BARTOLOMÉ *et al.*, 2011). La troballa més impactant va ser el descobriment de la gran importància que tenia *Buxus balearica*, una espècie tòxica, en la dieta dels *M. balearicus* que vivien en aquella àrea.

Les datacions radiocarbòniques d'algunes de les restes trobades a aquesta mateixa cova han estat utilitzades en l'estudi sobre la cronologia de l'extinció de l'espècie (BOVER & ALCOVER, 2003), així com als estudis sobre les seves relacions filogenètiques. LALUEZA-FOX *et al.* (2000) informaren de la primera obtenció d'ADN fòssil (55 parells de bases) a sis molars i un radiulna d'entre 5720±60 anys BP i 6357±44 anys BP obtenint resultats inesperats amb la relació entre *Myotragus* i *Ovis*. Posteriorment, RAMÍREZ *et al.* (2009) tornen a obtenir una gran quantitat d'ADN del material de la cova Estreta gràcies a les noves tècniques de piroseqüenciament desenvolupades recentment.

COVETA DES GORGS

La coveta des Gorgs és una petita cavitat localitzada al terme municipal d'Escorca i que, encara que no

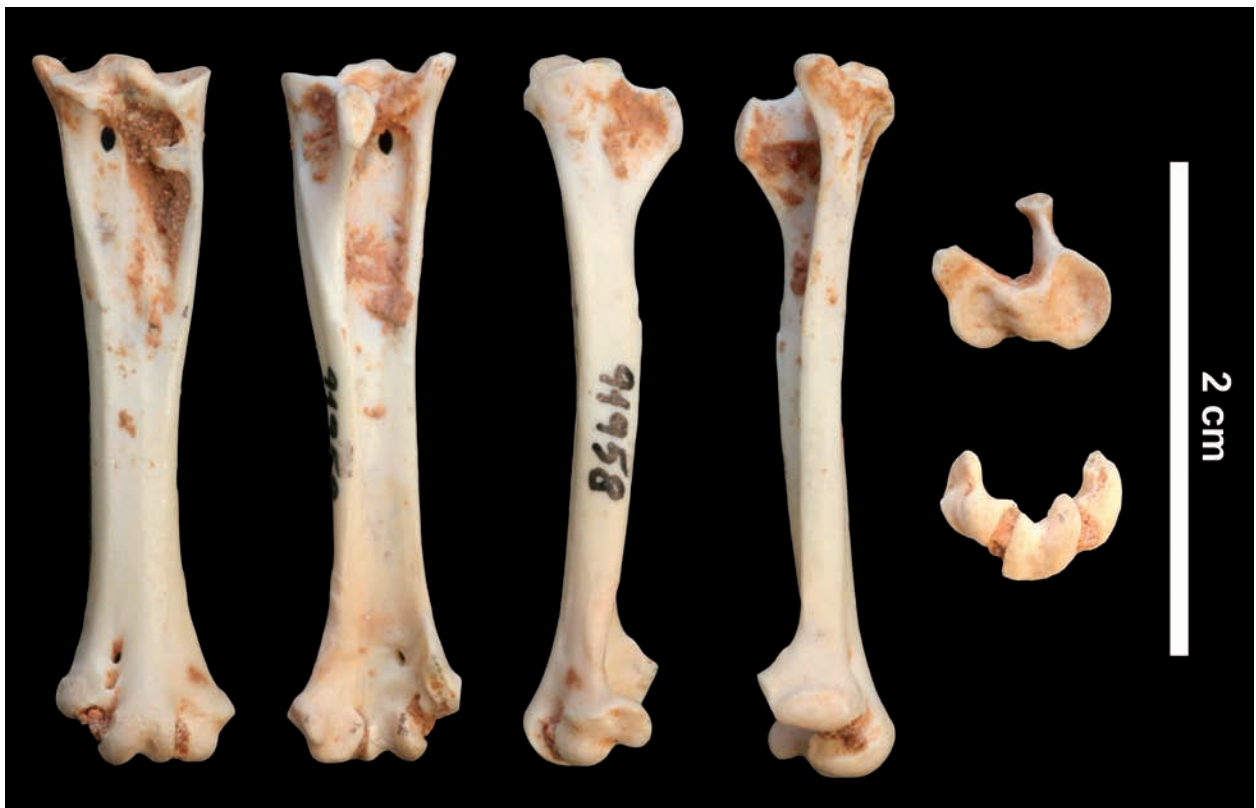


Figura 3: Holotipus d'*Athene vallgornerensis* (IMEDEA 91958) del Pleistocè inferior de Mallorca. Foto: IMEDEA.

Figure 3: Holotype of *Athene vallgornerensis* (IMEDEA 91958) from the Early Pleistocene of Mallorca. Photo: IMEDEA.



Figura 4: Sector de l'excavació realitzada a la cova des Moro (Manacor) l'any 2003. Foto: IMEDEA.

Figure 4: Photo of the excavation of the Cova des Moro (Manacor) in 2003. Photo: IMEDEA.

es tracta d'un jaciment amb una estratigrafia contínua molt profunda ni d'una importància rellevant pel que fa al número d'ossos, sí que ha resultat ser important per a confirmar les relacions filogenètiques del gènere *Myotragus*, que ja es varen analitzar anteriorment per LALUEZA-FOX *et al.* (2000) amb la recuperació de 55 parells de bases (bp) del citocrom b (cytb) de l'ADN mitocondrial de *M. balearicus*. L'estat de conservació dels materials osteològics de *Myotragus balearicus* continguts en la coveta des Gorgs i la millora de les tècniques d'extracció

d'ADN fòssil han permès la recuperació de cada vegada majors fragments d'ADN mitocondrial i alguns fragments d'ADN nuclear. Així, tal com s'ha esmentat més a dalt, mentre que l'any 2000 es recuperaren 55 bp del cytb de material procedent de la cova Estreta (LALUEZA-FOX *et al.*, 2000), l'any 2002 es recuperaren 338 bp de cytb a partir d'una tibia d'un mascle de *M. balearicus* (i d'una antiguitat d'uns 9000 anys) procedent de la coveta des Gorgs (LALUEZA-FOX *et al.*, 2002) i el 2005 es recuperà la seqüència total del cytb (1143 bp), així com de les regions 12s i HVRI de l'ADN mitocondrial i unes seqüències curtes d'ADN nuclear (28s) (LALUEZA-FOX *et al.*, 2005a i b).

Totes les seqüències obtingudes no fan més que confirmar que el gènere *Myotragus* estaria relacionat amb el gènere *Ovis*.

COVA GENOVESA I FONT DE SES AIGUADES

Les exploracions dutes a terme per espeleobussetadors del Grup Nord de Mallorca a l'illa han provocat una sèrie de descobriments si més no interessants. A l'interior de les coves amb galeries subaquàtiques s'han trobat restes de vertebrats fòssils que poden tenir bàsicament dos orígens. Per un costat, l'erosió de l'aigua pot produir que materials fòssils que estaven continguts dins de la unitat geològica on està excavada la cova es facin visibles o que, fins i tot, es desprenguin i caiguin al sediment del trespol. Aquest és, per exemple, el cas de les restes de tortuga i peixos trobades a la cova de Cala Varques B (GRÀCIA *et al.*, 2000), al municipi de



Figura 5: Excavació de la cova Estreta (Pollença) l'any 1996. Inicialment es varen utilitzar màscares per a evitar l'increment de la humitat interior de la cova degut a la respiració dels excavadors. Foto: IMEDEA.

Figure 5: Excavation of Cova Estreta (Pollença) in 1996. Initially, masks were used to avoid increase of humidity inside the cave due to excavators breathing. Photo: IMEDEA.

Manacor. Per norma general es tracta d'espècies marines del Miocè final (Tortonjà). Per altre costat, l'any 2000 es varen trobar per primera vegada restes de vertebrats quaternaris a l'interior de galeries totalment negades. Aquests individus haurien entrat a la cova en un moment de màxim glacial durant el qual el nivell de la mar estaria per davall de l'alçada del trespol de la cova, o com a mínim, de les galeries actualment submergides. La primera evidència d'aquest fenomen va ser la troballa d'una mandíbula de *Myotragus balearicus* a l'interior de la cova de Cala Varques B (GRÀCIA *et al.*, 2000). Posteriorment, un esquelet quasi complet en posició anatòmica de la mateixa espècie va ser trobat durant les tasques d'exploració de la font de ses Aiguades (GRÀCIA *et al.*, 2001), al terme d'Alcúdia. La troballa més recent és la localització de nombroses restes de *M. balearicus* (Fig. 6) a diverses galeries submergides de la cova Genovesa (GRÀCIA *et al.*, 2003), situada també al municipi de

Manacor. Les informacions obtingudes a partir d'aquests jaciments estan relacionades amb el comportament de l'espècie. Algunes de les restes estan localitzades a zones llunyanes respecte a l'entrada actual de la cova i no sembla que els individus haguessin accedit per una altra entrada actualment col·lapsada. Així, tal com també es demostra en altres jaciments on s'hi ha localitzat gran nombre de restes, *M. balearicus* tenia preferència per freqüentar les cavitats de les illes. A part de les informacions paleontològiques, la recuperació d'ossos submergits en aigües salobres ha suposat també un important repte pel que fa a la conservació del material excavat. El contingut salí de l'aigua que ha envoltat els ossos durant llarg temps és molt perjudicial a mitjà i llarg termini. Per tant, s'ha hagut d'establir un protocol d'eliminació de la sal amb immersions dins d'aigua dolça i posterior consolidació del material (BOVER *et al.*, 2007b).

ALTRES JACIMENTS

Encara que uns pocs jaciments han copat l'interès paleontològic pel que fa la paleontologia de vertebrats del Plio-Quaternari a l'illa de Mallorca, una sèrie de jaciments han aportat el seu petit granet de sorra al coneixement de les faunes fòssils balears. En concret, a la cova des Coral·loides de Calvià (GINARD *et al.*, 2009) s'hi va localitzar, entre altres, un esquelet associat de *Myotragus balearicus* (Fig. 7) i un d'*Hypnomys morpheus*. Gràcies a aquest darrer, s'ha pogut analitzar les proporcions corporals de l'espècie i s'ha vist que tenia els elements del zigopodi allargats indicant un comportament més terrestre i amb unes habilitats fossorials superiors a les del seu parent actual *Eliomys quercinus* (BOVER *et al.*, 2010b). Un altre esquelet associat, però aquesta vegada d'un individu neonatal de *M. balearicus* (Fig. 8) va ser trobat a la cova dels Amengual-Sastre, de Sencelles (TRIAS *et al.*, 2001). Aquest esquelet va permetre realitzar una primera inferència del pes dels neonats, calculada en uns 700-900 g i l'anàlisi dels pa-

Figura 6: Crani de *Myotragus balearicus* en excel·lent estat de conservació obtingut a les galeries submergides de la cova Genovesa (Manacor). Foto: IMEDEA.

Figure 6: Skull of *Myotragus balearicus* in excellent preservation state obtained from the submerged galleries of the Cova Genovesa (Manacor). Photo: IMEDEA.





Figura 7: Moment de l'excavació de l'esquelet complet de *Myotragus balearicus* de la cova des Coral-loides (Calvià) l'any 2010. Foto: D. Vicens.

Figure 7: Excavation of the complete skeleton of *Myotragus balearicus* from the Cova des Coral-loides (Calvià) in 2010. Photo: D. Vicens.

trons de creixement de l'espècie (BOVER & ALCOVER, 1999), constatant que els individus neonats de *M. balearicus* presentaven una menor mida que la que seria d'esperar en altres bòvids.

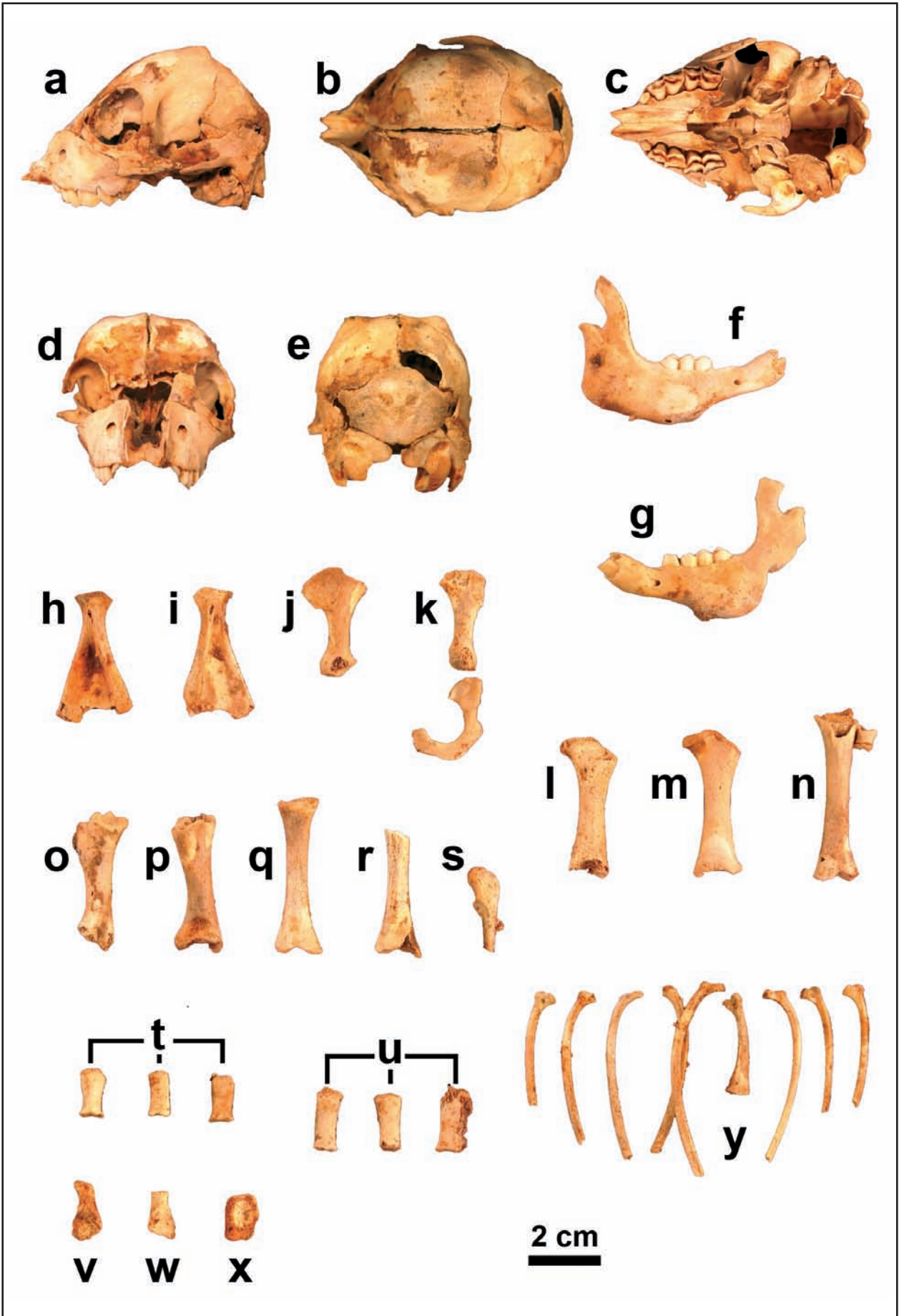
A dos jaciments s'han trobat restes d'*Hypnomys morpheus* i *Nesiotites hidalgo* que han permès realitzar el primer anàlisi pel que fa a la cronologia de l'extinció de la microfauna fòssil balear (BOVER & ALCOVER, 2008). A la cova de sa Tossa Alta d'Escorca (VALENZUELA *et al.*, 2010) s'hi trobaren restes d'*H. morpheus* amb una datació de 4840-4690 calBC 2σ i a la cova des Garrover d'Alcúdia es localitzaren restes de *N. hidalgo* amb una

cronologia de 3030-2690 calBC 2σ. Aquestes datacions, juntament amb les de la primera presència humana a les illes, suggereixen la responsabilitat de l'espècie humana pel que fa a l'extinció de la microfauna fòssil de Mallorca, possiblement degut a la introducció de malalties per part de la microfauna acompanyant dels humans.

Finalment cal destacar la primera troballa de vertebrats fòssils del Quaternari a l'illa de Cabrera (ALCOVER *et al.*, 1997) del que, a hores d'ara, són una de les restes de *Myotragus* amb cronologia més recent [3650-3500 (89,6%)/3420-3380 (3,9%) calBC 2σ; RAMIS & ALCOVER, 2001a].

Figura 8: Esquelet de neonat de *Myotragus balearicus* (IMEDEA 68791) trobat a la cova dels Amengual-Sastre (Sencelles): a. crani, norma lateral; b. crani, norma dorsal; c. crani, norma ventral; d. crani, norma cranial; e. crani, norma caudal; f. mandíbula dreta, norma labial; g. mandíbula esquerra, norma labial; h. omòplac esquerre, norma lateral; i. omòplac dret, norma lateral; j. ílium dret, norma dorsal; k. pelvis esquerra, norma dorso-ventral; l. fèmur dret, norma caudal; m. fèmur esquerre, norma frontal; n. tibia dreta, norma frontal; o. húmer esquerre, norma medial; p. húmer dret, norma frontal; q. radi dret, norma frontal; r. radi esquerre, norma frontal; s. ulna dreta, norma lateral; t. metacarps; u. metatarsos; v. calcani dret, norma medial; w. calcani esquerre, norma medial; x. astràgal esquerre, norma frontal; y. costelles. Foto: IMEDEA.

Figure 8: Neonatal skeleton of *Myotragus balearicus* (IMEDEA 68791) found at the Cova dels Amengual-Sastre (Sencelles): a. skull, lateral view; b. skull, dorsal view; c. skull, ventral view; d. skull, cranial view; e. skull, caudal view; f. right jaw, labial view; g. left jaw, labial view; h. left scapula, lateral view; i. right scapula, lateral view; j. right ilium, dorsal view; k. left pelvis, dorso-ventral view; l. right femur, caudal view; m. left femur, frontal view; n. right tibia, frontal view; o. left humerus, medial view; p. right humerus, frontal view; q. right radius, frontal view; r. left radius, frontal view; s. right ulna, lateral view; t. metacarpal bones; u. metatarsal bones; v. right calcaneus, medial view; w. left calcaneus, medial view; x. left astragalus, frontal view; y. ribs. Photo: IMEDEA.



Entre l'avifauna cal destacar la descripció d'una nova espècie, *Pica mourerae*, provinent del jaciment de la pedrera de s'Ònix, de Manacor (SEGUÍ, 2001). VICENS *et al.* (1998) publiquen la primera evidència de la presència fòssil de *Puffinus mauretanicus* a Mallorca gràcies a la troballa de diverses restes osteològiques de l'espècie (juntament amb un fragment mandibular de *Columba*) al jaciment del Pleistocè superior del Frontó des Molar (Manacor).

El descobriment d'icnites de *Myotragus balearicus* a diferents indrets de Mallorca han permès ampliar el llistat de jaciments d'aquest tipus de restes: FORNÓS & SÀBAT (1998) i SERVERA *et al.* (2001) documenten la troballa de nous jaciments d'icnites a l'arxipèlag de Cabrera i al racó des Matar (Santanyi), respectivament, mentre que FORNÓS *et al.* (2002) realitzen un extensiu i detallat estudi de les petjades aïllades i rastres trobats entre el cap Salines i el cap des Moro (Fig. 9), amb la descripció de la icnoespècie *Bifipides aeolis*.

Menorca

A l'illa de Menorca s'han realitzat importants treballs en els darrers 16 anys que han fet canviar de forma radical la interpretació de la història faunística, especialment del Pliocè. El treball d'exploració i estudi del paleontòleg Josep Quintana amb motiu de la realització de la seva tesi doctoral (QUINTANA, 2005) i les exploracions portades a terme per diferents equips d'espeleologia de l'illa han contribuït a les noves aportacions sobre aspectes paleontològics importants.

PUNTA NATI

La zona de punta Nati, al nord del municipi de Ciutadella, és una zona càrstica en la que s'han localitzat nombroses bretxes fossilíferes de gran importància, de cronologia que va des del Miocè mitjà fins el Pliocè (QUINTANA, 1998). Les troballes realitzades en aquests depòsits han aportat rellevants informacions per a entendre i completar el registre paleofaunístic del Pliocè de les Balears.

Fins al 1995 es coneixia la fauna del Pliocè menorquí gràcies a les troballes realitzades per BATE (1914) i PONS-MOYÀ *et al.* (1981). Aquesta fauna incloïa una tortuga de gran mida, descrita inicialment com a *Testudo gymnesica* (BATE, 1914), el rosegador *Muscardinus cyclopeus* (AGUSTÍ *et al.*, 1982), un lagomorf descrit com cf. *Allipeus* sp. i la ratapinyada *Rhinolopus* cf. *R. griven-sis* (PONS-MOYÀ *et al.*, 1981).

A alguns dels jaciments de punta Nati s'hi varen localitzar les primeres restes de serps del Plio-Quaternari balear. En concret, es va descriure una espècie del gènere *Vipera* endèmica de Menorca, *V. natiensis*, juntament amb una segona espècie de *Vipera* sense identitat específica (BAILÓN *et al.*, 2002) i restes de representants del gènere *Coluber* (BAILÓN *et al.*, 2005). Entre les troballes també cal destacar el primer registre de Gekkonidae de les Balears (BAILÓN *et al.*, 2005). La

fauna d'amfíbis i rèptils registrada a punta Nati es completa amb la troballa de restes de *Latoria* sp. (QUINTANA *et al.*, 2005), *Blanus* sp. (GARCIA-PORTA *et al.*, 2002) i *Podarcis* aff. *lilfordi* (BAILÓN, 2004).

Entre l'avifauna, les diverses restes obtingudes han permès la descripció d'una nova espècie, *Scolopax carmesinae* (SEGUÍ, 1999) i dos gèneres nous, *Pterodromoides minoricensis* (SEGUÍ *et al.*, 2001) i *Camusia quintanai* (SEGUÍ, 2002).

Però, sense cap dubte, la troballa més important a nivell de vertebrats terrestres és la recuperació de restes d'un lepòrid de gran mida, descrit recentment com a *Nuralagus rex* (QUINTANA *et al.*, 2011). A les diverses bretxes ossíferes de punta Nati on s'han trobat materials de *Nuralagus*, pràcticament s'han recuperat ossos de tot l'esquelet d'aquesta espècie. El seu estudi ha permès estimar el seu pes corporal mig en uns 12 kg, fet que situa a l'espècie com la de major mida dins dels lagomorfes coneguts. L'anàlisi de les seves restes cranianes i postcranials han permès addicionalment establir que *Nuralagus* presentava una sèrie de característiques observades a algunes espècies insulars, com *Myotragus* (CRUSAFONT & ANGEL, 1966; KÖHLER & MOYÀ-SOLÀ, 2004; BOVER & TOLOSA, 2005), i que tenen a veure amb la reducció de la mida del seu cervell i amb la reducció d'alguns òrgans dels sentits. En aquest sentit, la reducció de la mida del cervell, òrbites oculars i bulles timpàniques s'ha interpretat com que *Nuralagus* presentaria una reducció sensorial a nivell de visió i oïda. El disseny corporal de l'espècie i la seva locomoció també presenta una sèrie de particularitats no observades mai a lepòrids continentals. *Nuralagus* tenia una locomoció palmígrada, molt lenta i potent, i no era un animal veloç ni amb comportaments saltatoris tal com tenen habitualment els lepòrids continentals. La seva columna vertebral era molt corbada i poc flexible, fet també associat a la poca capacitat saltatòria i la seva locomoció lenta. Aquests canvis a nivell locomotor, juntament amb la reducció de la mida del cervell, s'han atribuït a la necessitat de reduir la despesa energètica d'una espècie en condicions d'aïllament, sense depredadors i amb recursos alimentaris reduïts (QUINTANA *et al.*, 2011).

ALTRES JACIMENTS

Altres coves de l'illa de Menorca han aportat informacions diverses sobre els vertebrats terrestres fòssils de les Balears (Fig. 10). L'any 1995 es va excavar el que és, fins a la data, el jaciment de vertebrats fòssils més ric de l'illa de Menorca. Es tracta de la cova C-2, de Ciutadella (SEGUÍ *et al.*, 1998), i en el seu interior es localitzaren més de 1700 ossos de *Myotragus balearicus*, uns 50 ossos d'*Hypnomys morpheus* i restes d'ocells i mol·luscs. Aquest jaciment ha suposat la mostra més important pel que fa a la fauna vertebrada del Pleistocè superior de l'illa.

La troballa d'una sèrie de banyes de *M. balearicus* amb un patró de buidament no observat anteriorment, i també de restes osteològiques pertanyents a exemplars juvenils en diverses coves menorquines i mallorquines de difícil accés varen documentar de manera fefaent la depredació d'aquesta espècie per depredadors alats

Figura 9: Petjades fòssils o icnites de *Myotragus balearicus* del jaciment de s'estret des Temps (Santanyi). Foto: IMEDEA.

Figure 9: Fossil track or ichnites of *Myotragus balearicus* from the deposit of s'Estret des Temps (Santanyi). Photo: IMEDEA.

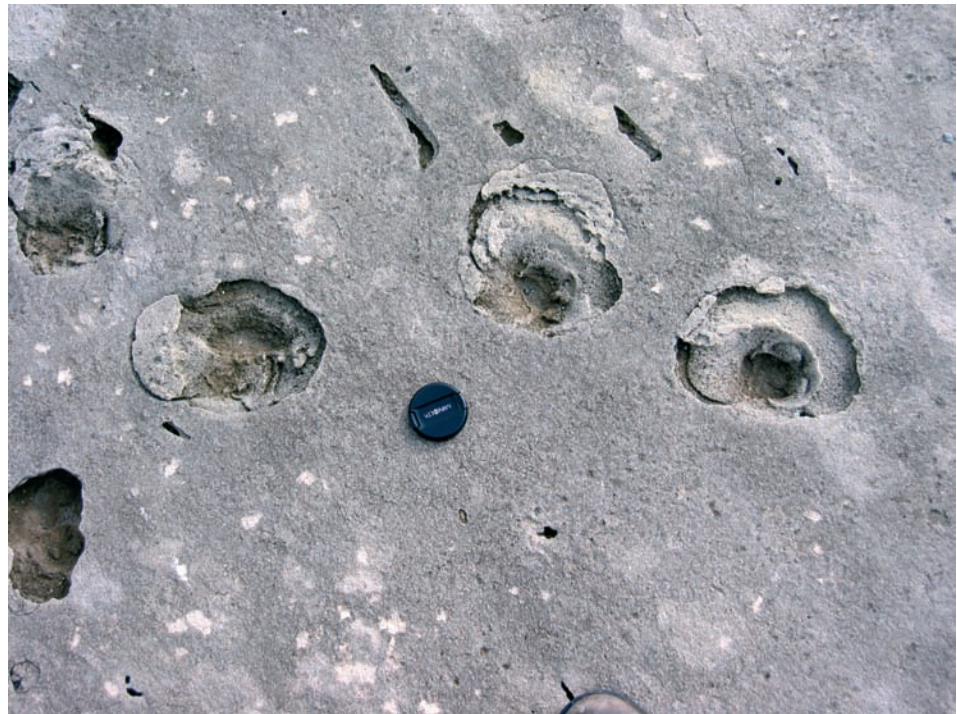


Figura 10: Crani i mandíbules associades de *Myotragus balearicus* de la cova des Tancats (Ciutadella). Foto: IMEDEA.

Figure 10: Associated skull and mandibles of *Myotragus balearicus* from the Cova des Tancats (Ciutadella). Photo: IMEDEA.



(ARNAU *et al.*, 2000). A les coves balears ja s'havia identificat a rapinyaires nocturns com a elements tafonòmics que provocaven l'acumulació d'ossos de micromamífers (e.g., ALCOVER *et al.*, 1981).

Respecte l'extinció de *M. balearicus* a Menorca, la datació d'una mandíbula de *Myotragus* localitzada al pas d'en Revull-sa Penya Fosca de Ferreries (3970-3760 calBC 2σ) suposa el registre més recent de l'espècie a l'illa de Menorca (QUINTANA *et al.*, 2003).

L'any 2004 es va fer una acurada descripció de les rastres fòssils o icnites d'*Hynomys morpheus* localitzades a l'interior de la cova de sa Duna (QUINTANA & ARNAU, 2004), al municipi d'Alaior. Encara que aquestes icnites no varen poder aportar informacions sobre proporcions corporals, els autors realitzaren algunes inferències morfològiques tals com el fet que *H. morpheus* no devia arrossegar la cua tal com s'havia suggerit anteriorment (MILLS, 1976).

Eivissa-Formentera

Les troballes paleontològiques de les Pitiüses estan més relacionades amb l'anàlisi de les restes ja conegudes a l'illa, degut a que no s'han localitzat nous jaciments a aquestes illes durant els darrers setze anys.

L'estudi de material procedent d'es Pouàs, de Sant Antoni de Portmany (TRIAS, 1983), ha permès la descripció d'una espècie endèmica de rascló. Es tracta de *Rallus eivissensis* (McMINN *et al.*, 2005), espècie que presenta una mida petita i robusta, cames curtes i robustes i ales lleugerament curtes, suggerint que l'espècie tenia reduïda la capacitat de volar.

D'aquest mateix jaciment s'ha fet una actualització del llistat taxonòmic de ratapinyades (ALCOVER, 2003). A part de la importància de la identificació de les restes de 5-6 espècies, cal destacar que fins a 4 o 5 espècies de les 6 o 7 registrades al Pleistocè superior – Holocè d'Eivissa no viuen actualment a l'illa. ALCOVER (2003) suggereix que l'extinció local d'aquestes espècies podria estar produïda pels canvis ecològics provocats per la colonització humana de les illes.

Finalment, dues revisions taxonòmiques han estat publicades. Primerament, l'única resta atribuïda inicialment a un caprí del jaciment de la cova de ca na Reia, de Sant Antoni de Portmany (MOYÀ-SOLÀ *et al.*, 1984; AGUSTÍ & MOYÀ-SOLÀ, 1990), ha estat reassignada a un glírid (ALCOVER *et al.*, 2000), i les restes del lagomorf del jaciment de ses Fontanelles, del mateix municipi, considerades com *Alilepus* sp per MOYÀ-SOLÀ *et al.* (1999) i QUINTANA (2005), han estat finalment adscrites al gènere *Hypolagus* (QUINTANA *et al.*, 2010).

A l'illa de Formentera es va documentar la primera troballa d'una posta fòssil en un niu de tortuga del Pleistocè (FILELLA-SUBIRÀ *et al.*, 1999). Aquest autors suggereixen que els ous pertanyen a l'oogènere *Testudoolithus*, i suposa la primera troballa d'aquest tipus pel Pleistocè europeu.

Nous estudis sobre materials de jaciments excavats abans de 1995

Materials fòssils provinents de diferents depòsits que varen ser excavats amb anterioritat a l'any 1995 han servit per a realitzar importants estudis sobre diversos aspectes dels vertebrats fòssils balears, essencialment sobre *Myotragus*.

KÖHLER & MOYÀ-SOLÀ (2004) realitzen un estudi acurat sobre l'estructura i mida del cervell i òrbites oculars a *Myotragus balearicus*, en base a materials provinents de diversos jaciments mallorquins excavats amb anterioritat a 1995 [cova de Moleta (Sóller), cova de Son Maiol (Palma), cova de ses Pasteretes (Calvià), pedrera de Gènova (Palma), cova de Canet (Esporles), cala Morlanda (Manacor)] encara que també incorporen materials d'excavacions recents tals com la cova Estreta i la cova des Moro. Aquests autors demostren de forma rotunda que la mida del cervell a *M. balearicus* està reduïda respecte al que seria d'esperar en un bòvid de la seva mida. De fet, CRUSAFONT & ANGEL (1966) insinuen que l'aplanament dels frontals al crani de l'espècie es tradueix en una reducció de la regió cerebral, amb la consegüent reducció progressiva de la mida del cervell a les formes terminals, però no en donaren cap dada numèrica. Aquesta reducció del cervell s'interpreta com a una adaptació a la reducció de la despesa energètica en un ambient amb recursos limitats. En aquest sentit també va la troballa realitzada per aquests mateixos autors (KÖHLER & MOYÀ-SOLÀ, 2009) en el que és el primer estudi per a explorar un mètode per determinar edats dels exemplars i paràmetres de la història vital (final del creixement, duració de la vida, etc.) a *M. balearicus*. L'anàlisi de la microestructura òssia de materials de Mallorca indiquen que el petit bòvid presentaria una

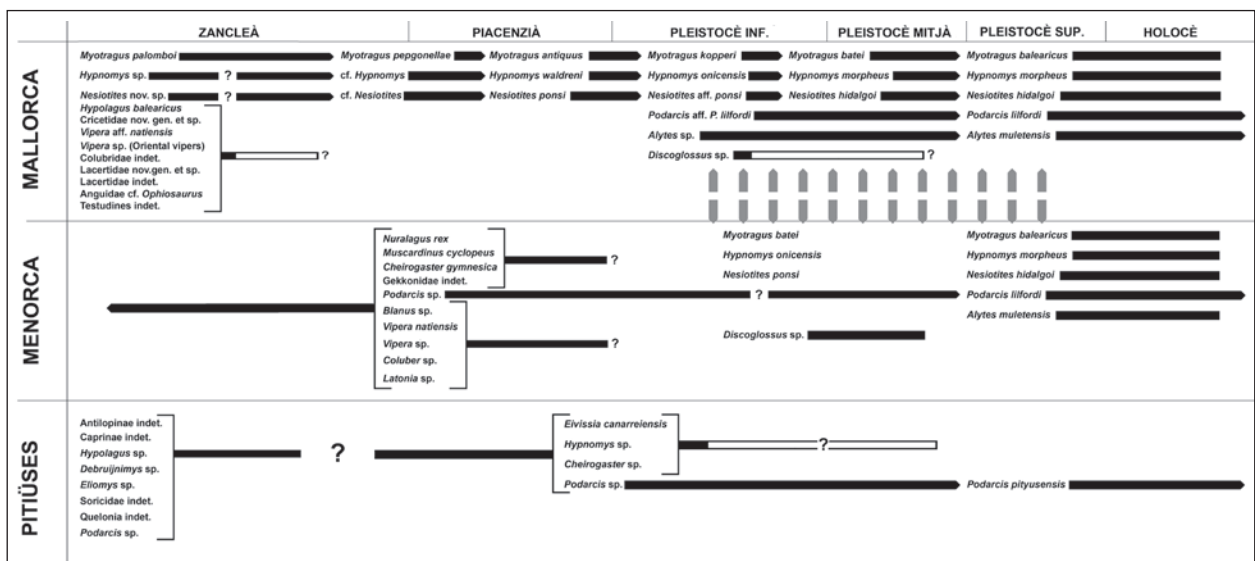


Figura 11: Resum esquemàtic del contingut faunístic (vertebrats terrestres) de les illes Balears durant els darrers 5 milions d'anys. Les fletxes grises indiquen contacte entre Mallorca i Menorca durant les glaciacions del Quaternari.

Figure 11: Schematic summary of the faunal assemblages (terrestrial vertebrates) from the Balearic Islands during the last 5 millions of years. Gray arrows show the contact between Mallorca and Menorca during Quaternary glaciations.

fisiologia similar a la reptiliana, amb taxes de creixement lentes i flexibles, amb aturades de creixement i amb adquisició tardana de la maduresa somàtica, fet totalment inesperable a un bòvid.

Aquest treball ha obert una nova línia d'investigació respecte a la història de la vida de mamífers insulars, i en concret sobre *Myotragus*. Diversos articles avaluen els canvis a nivell de taxa de creixement i gran longevitat de l'espècie en base a la microestructura de l'esmalt dentari i histologia òssia (e.g., JORDANA & KÖHLER, 2011; MARÍN-MORATALLA *et al.*, en premsa).

SEGUÍ *et al.* (1997) realitzen l'estudi de l'avifauna del jaciment de la cova de Moleta, de Sóller, en el que s'identifiquen entre 41 i 50 tàxons, entre ells 17 registres nous per a les Gimnèsies i 6 per a les illes mediterrànies.

La revisió de materials provinents de la cova de Moleta i de la balma de Son Matge (Valldemossa), juntament amb la troballa de nous materials, han permès aportar noves dades pel que respecta a les hipòtesis de domesticació de *Myotragus* per part dels primers humans. Primerament, RAMIS & BOVER (2001) identifiquen la conducta osteofàgica del propi *Myotragus* com a causant de les marques en forma de "V" a les banyes de cranis i altres ossos provinents del jaciment de son Matge, i que havien estat interpretades com a manipulacions humanes per a evitar que animals establats es ferissin en baralles o per a elaborar eines. En aquell mateix any, RAMIS & ALCOVER (2001b) identifiquen com a fibul·les de *Myotragus* el que abans s'havia identificat com agulles d'os provinents de la cova de Moleta. La identificació de totes aquestes característiques com a naturals, el rebuig tant de l'autoria humana d'aquestes alteracions com de la domesticació de *Myotragus*, i la revisió de datacions radiocarbòniques han obert un profund debat sobre la primera presència humana a les Balears i la periodificació cultural de la prehistòria de les illes (veure, per exemple, ALCOVER, 2008 i les referències incloses en aquest article).

Importància paleobiogeogràfica

L'esquema paleobiogeogràfic del segon episodi faunístic (Plio-Quaternari) identificat a les illes Balears s'ha vist modificat de forma important gràcies a les noves troballes realitzades durant els darrers 16 anys (Fig. 11).

A l'illa de Mallorca, els descobriments realitzats al caló d'en Rafelino han permès identificar una sèrie de vertebrats terrestres que no es troben als jaciments de cronologia posterior. Tot el conjunt de vertebrats formaria una representació dels tàxons animals que colonitzaren les Balears possiblement durant la CSM. En aquest sentit, un bòvid, un lagomorfi (lepòrid), dos rosegadors (un glírid i un cricètid), un insectívor (sorícid) i com a mínim 7 rèptils haurien aconseguit superar els filtres migratoris que suposa la presència d'un desert salí entre el continent i les illes. Aquesta fauna es va establir a l'illa iniciant-se el procés evolutiu en condicions d'insularitat. Posteriorment, en un moment indeterminat del Pliocè inferior, alguns components d'aquesta fauna (el

lepòrid, el cricètid i la majoria dels rèptils) varen desaparèixer de forma que durant la resta del Pliocè només tres mamífers (*Myotragus*, *Hypnomys* i *Nesiotites*) i dos rèptils (BOVER & BAILÓN, inèdit) varen sobreviure a Mallorca.

La presència de dos amfibis al Pleistocè inferior de Mallorca, en concret al jaciment de la pedrera de s'Ònix (i possiblement al jaciment coetani de la cova des Pas de Vallgornera) és interessant. Aquests vertebrats són *Alytes* sp, ancestre del ferreret i *Discoglossus* sp. Mentre que el primer sobreviurà durant tot el Pleistocè, arribant als nostres dies, *Discoglossus* desapareix del registre fòssil ja al Pleistocè mitjà per motius desconeguts. Actualment és difícil saber si *Discoglossus* prové d'una colonització al final del Pliocè o si es tracta d'un tàxon que va colonitzar l'illa durant el Messinià, tot i que no s'hagi trobat encara al registre. D'altra banda, l'estudi filogeogràfic del gènere *Alytes* (MARTÍNEZ-SOLANO *et al.*, 2004), establint cronologies a partir del rellotge molecular, ha permès demostrar que la separació genètica entre el ferreret (*A. muletensis*) i el seu parent continental vivent més proper (*A. dickhilleni*) es d'uns 3,9-2,7 milions d'anys, una data molt més recent del que seria d'esperar si *A. muletensis* hagués arribat a Mallorca durant la CSM (fa més de 5 milions d'anys). D'acord amb aquesta recerca, l'ancestre del ferreret hauria colonitzat Mallorca mitjançant un episodi de colonització ultramarina.

Finalment *Myotragus*, *Hypnomys*, *Nesiotites*, *Po-darcis* i *Alytes* sobreviuran a l'illa fins que els tres mamífers s'extingeixen fa poc més de 4000 anys, coincidint amb l'arribada dels primers pobladors humans a l'illa.

La història paleobiogeogràfica de Menorca és més complicada que la de Mallorca. A Menorca es poden diferenciar dues fases d'aquest segon episodi faunístic. La primera fase estaria formada per la fauna de *Nuralagus* durant el Pliocè. Aquesta fauna estaria formada pel propi *Nuralagus rex*, el rosegador *Muscardinus cyclopeus*, fins a 8 rèptils i un amfibi. Aquesta fauna desapareix a finals del Pliocè, moment en que sembla ser totalment substituïda per la fauna de *Myotragus* existent a l'illa de Mallorca, molt possiblement degut al contacte físic entre ambdues illes durant les primeres glaciacions del Quaternari (BOVER *et al.*, 2008). Encara que al jaciment del Pleistocè inicial del barranc de Binigaus (Es Mercadal) es varen descriure espècies noves de *Myotragus* (*M. binigausensis*, MOYÀ-SOLÀ & PONS-MOYÀ, 1980), *Hypnomys* (*H. eliomyoides*, AGUSTÍ, 1980) i *Nesiotites* (*N. meloussae*, PONS-MOYÀ & MOYÀ-SOLÀ, 1980), *M. binigausensis* va ser posada en sinonímia amb l'espècie coetània present a Mallorca *M. batei* per BOVER & ALCOVER (2000) (proposta discutida i rebutjada per MOYÀ-SOLÀ *et al.*, 2007), *H. onicensis* i *H. eliomyoides* han estat considerat sinònims per REUMER (1982) i aquest mateix autor considera *N. meloussae* com a sinònim de *N. ponsi*. De fet, en una recent revisió del gènere *Nesiotites*, PONS-MONJO *et al.* (2010), seguint l'opinió de REUMER (1982), afirmen que en base a criteris biomètrics i morfològics no es poden identificar (ni rebutjar) dues línies evolutives separades del gènere a les illes de Mallorca i Menorca i que *N. meloussae* podria ser sinònim d'una forma intermitja entre *N. ponsi* i *N. hidalgo*. És possible que els components faunístics presents al

Pliocè mallorquí colonitzassin Menorca i, les diferents glaciacions del Quaternari, amb els consegüents contactes recurrents entre ambdues illes, homogeneïtzassin la fauna present a les Gimnèsies durant el Pleistocè i Holocè.

A les Pitiüses no s'han produït canvis importants pel que fa a la ja coneguda paleobiogeografia del Plio-Quaternari. Les restes localitzades al jaciment de ses Fontanelles (MOYÀ-SOLA *et al.*, 1984) semblen ser la fauna que arribà a les Balears durant el Messinià. El seu estudi acurat està pendent. Encara que no es pot establir una relació clara entre aquesta fauna i la fauna posterior del Pliocè final trobat al jaciment de la cova de ca na Reia (MOYÀ-SOLA *et al.*, 1984; ALCOVER & AGUSTÍ, 1985; BOUR, 1985), sembla que aquesta suposaria la fauna supervivent de la que colonitzà l'illa al Messinià. En algun moment del Pleistocè inicial i per motius desconeguts, tots els vertebrats terrestres s'haurien extingit, quedant exclusivament ratapinyades, ocells i la sargantana (*Podarcis*) com a únics vertebrats pobladors del Pleistocè i Holocè d'aquestes illes.

La relació entre les faunes esmentades del Pliocè inicial de les Balears permet realitzar hipòtesis preliminars sobre la possible colonització d'aquestes illes durant el Messinià (Taula 1). Mentre que no sembla haver cap tipus de dubte pel que fa a la relació entre les faunes del caló d'en Rafelino de Mallorca i les faunes de ses Fontanelles d'Eivissa, la interpretació de la relació amb Menorca és més complicada. La fauna mallorquina i ei-

vissença comparteixen gran part d'elements com són un caprí (*M. palomboi* vs. caprí no identificat), un lepòrid del gènere *Hypolagus*, un glírid de la línia filètica *Eliomys-Hypnomys*, un sorícid, un lacèrtid de mida petita (possiblement *Podarcis*) i una tortuga, fet que indica que el mateix grup d'animal hauria arribat a ambdues illes i que el biaix taxonòmic podria ser degut a la manca de registre. Per altra banda, Mallorca i Menorca probablement comparteixen, de moment en exclusiva, dos tàxons de rèptils, mentre que totes les Balears, encara que manca demostrar de forma clara les seves relacions, sembla que compartiren un lacèrtid de mida petit (*Podarcis*) i una tortuga. A hores d'ara, el registre disponible de la fauna vertebrada del Pliocè inicial de les Balears no té prou poder de resolució com per permetre establir si totes les illes foren colonitzades inicialment per una mateixa fauna o no.

Conclusió

Les noves troballes d'aquests darrers 16 anys han aportat respostes al panorama faunístic del Plio-Quaternari balear, però lluny d'haver resolt totes les incògnites, han provocat que hagin sorgit més interrogants a alguns punts que semblaven estar clars. Evidentment, els avenços en l'enteniment d'aquestes faunes passen

MALLORCA	MENORCA	PITIÜSES
<i>Myotragus palomboi</i>		Caprinae indet.
		Antilopinae indet.
<i>Hypolagus balearicus</i>		<i>Hypolagus</i> sp.
	<i>Nuralagus rex</i>	
<i>Hypnomys</i> sp.		<i>Eliomys</i> sp.
	<i>Muscardinus cyclopeus</i>	
Cricetidae nov. gen. et sp.		
		<i>Debruijnimys</i> sp.
<i>Nesiotites</i> nov. sp.		Soricidae indet.
<i>Vipera</i> aff. <i>natiensis</i>	<i>Vipera natiensis</i>	
<i>Vipera</i> sp. (Oriental vipers)		
	<i>Vipera</i> sp.	
	<i>Blanus</i> sp.	
	Gekkonidae indet.	
Colubridae indet.	<i>Coluber</i> sp.	
Lacertidae nov. gen. et sp.		
Lacertidae indet.	<i>Podarcis</i> sp.	<i>Podarcis</i> sp.
Anguidae cf. <i>Ophiosaurus</i>		
Testudines indet.	<i>Cheirogaster gymnesica</i>	Quelonia indet.
	<i>Latonia</i> sp.	

Taula 1: Faunes del Pliocè inicial de les Balears i la seva relació. En verd s'indiquen els tàxons que són presents a dues illes, mentre que en groc s'assenyalen els tàxons compartits per les tres illes.

Table 1: Faunal assemblages from the early Pliocene of the Balearic Islands and their relationships. Taxa present in two of the islands are indicated in green, while the taxa shared by the three islands are highlighted in yellow.

per la continuació de l'exploració a la recerca de nous jaciments a tot el territori balear, però molt especialment a les Pitiüses. La troballa de restes provinents de jaciments antics podria ajudar a entendre quin és l'origen de la fauna fòssil de les Balears i en quin moment es produïren extincions de determinats elements a les diferents illes durant el Pliocè, tant a la fauna de *Myotragus* com a la de *Nuralagus*. A Mallorca, una de les incògnites a resoldre és la procedència i moment de colonització dels dos amfibis (*Alytes* i *Discoglossus*) presents al Pleistocè inicial i el motiu de l'extinció d'aquesta darrera espècie, mentre que a Eivissa segueix essent imperatiu resoldre la causa de l'extinció total de tots els vertebrats terrestres durant aquesta mateixa època. A part de la prospecció de nous jaciments, una de les tasques futures serà la visita dels jaciments coneguts per a obtenir material amb l'ajuda de tractament químic de les bretxes i així poder obtenir una visió més àmplia de la fauna del Pliocè. En aquest sentit, sembla interessant analitzar el contingut dels jaciments mallorquins de cala Morlanda (Manacor) i cruïes de cap Farrutx (Artà) per a descartar definitivament la presència de les espècies trobades al jaciment del caló d'en Rafelino. També és rellevant obtenir nous materials del jaciment del barranc de Binigaus de Menorca, per tal de trobar evidències que ajudin a aclarir la identitat taxonòmica de les restes allà trobades.

Definitivament, les troballes realitzades en aquests darrers 16 anys han demostrat que mai no es pot dir que el nostre coneixement sobre la fauna fòssil de les Balears sigui complet, i ben segur que el futur proper ens durà encara alguna sorpresa més.

Agraïments

L'autor vol agrair a totes les persones i institucions que han col·laborat en un vent o altre tant en les exploracions i excavacions com en la realització dels nombrosos treballs publicats i que han contribuït de forma tan rellevant en el coneixement de la fauna vertebrada fòssil balear. Agrair especialment a Miquel Trias (Palma) el permís per a la publicació de la topografia del caló d'en Rafelino, a Josep A. Alcover (Palma) la revisió crítica d'una versió inicial d'aquest manuscrit i a Joaquín Gineés (Palma), Francesc Gràcia (Palma) i Antelm Ginard (Llucmajor) els seus comentaris i correccions. L'autor ha gaudit d'un contracte JAE-DOC (CSIC) del programa "Junta para la Ampliación de Estudios" entre els anys 2008 i 2011. Aquest article s'inclou dins del Projecte CGL2010-17889 de la Dirección General de Investigación (Ministerio de Educación y Ciencia, Espanya).

Bibliografia

ADROVER, R.; AGUSTÍ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1985): Nueva localidad de micromamíferos insulares del mioceno medio en las proximidades de San Lorenzo en la isla de Mallorca. *Paleontología i Evolució*, 18: 121-129.

- AGUSTÍ, J. (1980): *Hypnomys eliomyoides* nov. sp., nuevo glirido (Rodentia, Mammalia) del Pleistoceno de Menorca (Islas Baleares). *Endins*, 7: 49-52.
- AGUSTÍ, J. & MOYÀ-SOLÀ, S. (1990): Neogene-Quaternary mammalian faunas of the Balearics. In: AZZAROLI, A. (ed.) *Biogeographical aspects of insularity. Atti dei Convegna Lincei*, 238: 459-469.
- AGUSTÍ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1982): Una espècie geganta de *Muscardinus* Kaup, 1829 (Gliridae, Rodentia, Mammalia) dans le gisement karstique de Cala es Pou (Miocène Supérieur de Minorque, Baléares). *Geobios*, 15: 783-789.
- ALCOVER, J.A. (2003): Les rates pinyades (Mammalia: Chiroptera) fòssils del jaciment paleontològic del Pouàs (St. Antoni de Portmany, Eivissa). *Endins*, 25: 141-154.
- ALCOVER, J.A. (2008): The first Mallorcans: prehistoric colonization in the Western Mediterranean. *Journal of World Prehistory*, 21: 19-84.
- ALCOVER, J.A. & AGUSTÍ, J. (1985): *Eliomys (Eivissia) canariensis* n.sgen., n.sp., nou glirid del Pleistocè de la cova de ca na Reia. *Endins*, 10-11: 51-56.
- ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1981): *Les quimeres del passat. Els vertebrats fòssils del Pliocè-Quaternari de les Balears. Monografies Científiques*, 1: 1-260.
- ALCOVER, J.A.; FONT, A. & TRIAS, M. (1997): Primera troballa de fauna vertebrada pliocènica a Cabrera. *Endins*, 21: 79-82.
- ALCOVER, J.A.; PÉREZ-OBOL, R.; YLL, E.I. & BOVER, P. (1999): The diet of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (Artiodactyla: Caprinae), an extinct bovid from the Balearic Islands: evidence from coprolites. *Biological Journal of the Linnean Society*, 66: 57-74.
- ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & BOVER, P. (2000): Revisió del suposat bòvid de la cova de ca na Reia (Sta Eulària des Riu, Eivissa). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 43: 111-115.
- ARNAU, P.; BOVER, P.; SEGUÍ, B. & ALCOVER, J.A. (2000): Sobre alguns jaciments de *Myotragus balearicus* Bate 1909 (Artiodactyla, Caprinae) de tafonomia infreqüent. *Endins*, 23: 89-100.
- BAILÓN, S. (2004): Fossil record of Lacertidae in Mediterranean Islands: the state of the art. In: PÉREZ-MELLADO, V.; RIERA, N. & PERERA, A. (eds.) *Proceedings of the Fourth International Symposium of the Lacertids of the Mediterranean Basin*. 37-62. Institut Menorquí d'Estudis, Maó.
- BAILÓN, S.; GARCIA-PORTA, J. & QUINTANA-CARDONA, J. (2002): Première découverte de Viperidae (Reptilia, Serpentes) dans les îles Baléares (Espagne): des vipères du Néogène de Minorque. Description d'une nouvelle espèce du Pliocène. *Comptes Rendus Palevol*, 1: 227-234.
- BAILÓN, S.; QUINTANA, J. & GARCIA-PORTA, J. (2005): Primer registro fósil de las familias Gekkonidae (Lacertilia) y Colubridae (Serpentes) en el Plioceno de Punta Nati (Menorca, Islas Baleares). In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 27-32.
- BAILÓN, S.; BOVER, P.; QUINTANA, J. & ALCOVER, J.A. (2010): First fossil record of *Vipera Laurenti* 1768 "Oriental vipers complex" (Serpentes: Viperidae) from the Early Pliocene of the Western Mediterranean islands. *Comptes Rendus Palevol*, 9: 147-154.
- BARTOLOMÉ, J.; RETUERTO, C.; MARTÍNEZ, X.; ALCOVER, J.A.; BOVER, P.; CASSINELLO, J. & BARAZA, E. (2011): Consumo de boj balear (*Buxus balearica* Lam. 1785) por el extinto *Myotragus balearicus* bate 1909. In: LÓPEZ, C.; RODRÍGUEZ, M.P.; SAN MIGUEL, A.; FERNÁNDEZ, F. & ROIG, S. (eds.) *Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI*. 491-495. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Madrid.

- BATE, D.M.A. (1909): Preliminary note on a new artiodactyle from Mallorca *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, 5: 385-389.
- BATE, D.M.A. (1914): A gigantic land tortoise from the Pleistocene of Minorca. *Geological Magazine*, 1: 100-107.
- BIZON, G.; BIZON, J.J.; BOURROUILH, R. & MASSA, D. (1973): Présence aux îles Baléares (Méd. Occ.) de sédiments "messiniens" déposés dans une mer ouverte, à salinité normale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 277: 985-988.
- BOUR, R. (1985): Una nova tortuga terrestre del Pleistocè d'Eivissa: la tortuga de la cova de ca na Reia. *Endins*, 10-11: 57-62.
- BOVER, P. (2004): *Noves aportacions al coneixement del gènere Myotragus Bate, 1909 (Artiodactyla, Caprinae) de les Illes Balears*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (1999): Physical characteristics of neonate *Myotragus balearicus* Bate 1909. In: REUMER, J.W.F. & DE VOS, J. (eds.) *Elephants have a snorkell. Papers in honour of Paul Y. Sondaar. Deinsea*, 7: 33-54.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2000): La identitat taxonòmica de *Myotragus binigausensis* Moyà-Solà i Pons-Moyà 1980. *Endins*, 23: 83-88.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2003): Understanding Late Quaternary Extinctions: the case of *Myotragus balearicus* Bate 1909. *Journal of Biogeography*, 30: 711-721.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2005): Catàleg de jaciments amb *Myotragus* a les Illes Balears. In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 51-58.
- BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2008): Extinction of the autochthonous small mammals from Mallorca (Gymnesic Islands, Western Mediterranean Sea) and its ecological consequences. *Journal of Biogeography*, 35: 1112-1122.
- BOVER, P.; QUINTANA, J.; AGUSTÍ, J.; BAILÓN, S. & ALCOVER, J.A. (2007a): Caló den Rafelino: an early Pliocene site in Mallorca, Western Mediterranean. In: *Libro de resúmenes del VII Simposio Internacional de Zoología*. 119. Topes de Collantes, Cuba.
- BOVER, P.; GRÀCIA, F.; CRESPI, M. & CLAMOR, B. (2007b). Discovery, recovery and preparation of bones collected under salt water in caves from Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27 (suppl. 3): 51A.
- BOVER, P.; QUINTANA, J. & ALCOVER, J.A. (2008): Three islands, three worlds: paleogeography and evolution of the vertebrate fauna from the Balearic Islands. *Quaternary International*, 182: 135-144.
- BOVER, P.; QUINTANA, J. & ALCOVER, J.A. (2010a): A new species of *Myotragus* Bate, 1909 (Artiodactyla, Caprinae) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Geological Magazine*, 147: 871-885.
- BOVER, P.; ALCOVER, J.A.; MICHAUX, J.J.; HAUTIER, L. & HUTTERER, R. (2010b): Body shape and life style of the extinct Balearic dormouse *Hypnomys* (Rodentia, Gliridae): new evidence from the study of associated skeletons. *PLoS ONE*, 5 (12): e15817.
- BOVER, P. & TOLOSA, F. (2005): The olfactory ability of *Myotragus balearicus*: preliminary notes. In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 85-94.
- CLAUZON, G.; SUC, J.P.; GAUTIER, F.; BERGER, A. & LOUTRE, M.F. (1996): Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: controversy resolved? *Geology*, 24: 363-366.
- CRUSAFONT, M. & ANGEL, B. (1966): Un *Myotragus* (Mammifère Ruminant), dans le Villafranchien de l'île de Majorque: *Myotragus batei*, nov. sp. *Comptes Rendues de l'Académie de Sciences Paris*, 262: 2012-2014.
- DE LA MARMORA, A. (1835): Observation géologiques sur les deux îles Baléares, Majorque et Minorque. *Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 38: 51-73.
- ENCINAS, J.A. & ALCOVER, J.A. (1997): El jaciment fòssilífer de la cova Estreta (Pollença). *Endins*, 21: 83-92.
- FILELLA-SUBIRÀ, E.; GÀSSER-CASANOVAS, Z.; GARCIA-PORTA, J. & FERRER-FERRER, J.A. (1999): Una puesta fòsil de tortuga terrestre en el Pleistoceno de Formentera (Islas Pitiusas, archipiélago Balear). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 8: 67-84.
- FORNÓS, J.J. (1998): Karst collapse phenomena in the Upper Miocene of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Acta Geologica Hungarica*, 42: 237-250.
- FORNÓS, J.J. & SÀBAT, F. (1998): Aspectes geològics de l'Arxipèlag de Cabrera. In: FORNÓS, J.J. (ed.) *Aspectes geològics de les Balears*. 67-93. Universitat de les Illes Balears, Palma.
- FORNÓS, J.J.; BROMLEY, R.G.; CLEMMENSEN, L.B. & RODRÍGUEZ-PÉREA, A. (2002): Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in the Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180: 277-313.
- FORSYTH MAJOR, C. I. (1904): Remains of *Anthracotherium magnum*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1904 (1): 456-458.
- GARCIA-PORTA, J.; QUINTANA, J. & BAILÓN, S. (2002): Primer hallazgo de *Blanus* sp (Amphisbaenia, Reptilia) en el Neógeno balear. *Revista Española de Herpetología*, 16: 19-28.
- 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.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GRÀCIA, P.; MERINO, A.; VEGA, P. & MULET, G. (2001): Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-74.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; CLAMOR, B.; GUAL, M.A. & VADELL, M. (2003): Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: la cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTIN, D.; GIL, J.; GRÀCIA, P.; FEBRER, M. & PONS, G. (2005): La cova des Coll (Felanitx, Mallorca): espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- 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.
- GUERRA, C.; BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (EN PREMSA): A new species of extinct little owl from the Pleistocene of Mallorca (Balearic Islands). *Journal of Ornithology*.
- HAIME, J. (1855): Notice sur la géologie de l'île Majorque. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2 (12): 734-752.
- HERMITE, H. (1879): *Études géologiques sur les Îles Baléares. Première Partie, Majorque et Minorque*. Ed. F. Pichon. 362 pàgs. Paris.
- JORDANA, X. & KÖHLER, M. (2011): Enamel microstructure in the fossil bovid *Myotragus balearicus* (Majorca, Spain): implications for life-history evolution of dwarf mammals in insular ecosystem. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 300: 59-66.

- KÖHLER, M. & MOYÀ-SOLÀ, S. (2004): Reduction of brain and sense organs in the fossil insular bovid *Myotragus*. *Brain, Behavior and Evolution*, 63: 125-140.
- KÖHLER, M. & MOYÀ-SOLÀ, S. (2009): Physiological and life history strategies of a fossil large mammal in a resource-limited environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106: 20354-20358.
- KRIJGSMAN, W.; HILGEN, F.J.; RAFFI, I.; SIERRA, F.J. & WILSON, D.S. (1999): Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400: 652-655.
- LALUEZA-FOX, C.; BERTRANPETIT, J.; ALCOVER, J.A.; SHAILER, N. & HAGELBERG, E. (2000): Mitochondrial DNA from *Myotragus balearicus*, an extinct bovid from the Balearic Islands. *Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol.)*, 288: 56-62.
- LALUEZA-FOX, C.; SAPHIRO, B.; BOVER, P.; ALCOVER, J.A. & BERTRANPETIT, J. (2002): Molecular phylogeny and evolution of the extinct bovid *Myotragus balearicus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 25: 501-510.
- LALUEZA-FOX, C.; CASTRESANA, J.; SAMPIETRO, L.; MARQUÈS-BONET, T.; ALCOVER, J.A. & BERTRANPETIT, J. (2005a): Molecular dating of caprines using ancient DNA sequences of *Myotragus balearicus*, an extinct endemic Balearic mammal. *BMC Evolutionary Biology*, 5: 70.
- LALUEZA-FOX, C.; SAMPIETRO, L.; MARQUÈS, T.; ALCOVER, J.A. & BERTRANPETIT, J. (2005b): Mitochondrial and nuclear genes from the Balearic extinct bovid *Myotragus balearicus*. In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 145-154.
- MARÍN-MORATALLA, N.; JORDANA, X.; GARCÍA-MARTÍNEZ, R. & KÖHLER, M. (EN PREMSA): Tracing the evolution of fitness components in fossil bovids under different selective regimes. *Comptes Rendus Palevol*.
- MARTÍNEZ-SOLANO, I.; GONÇALVES, H.A.; ARNTZEN, J.W. & GARCÍA-PARÍS, M. (2004): Phylogenetic relationships and biogeography of midwife toads (Discoglossidae: *Alytes*). *Journal of Biogeography*, 31: 603-618.
- McMINN, M.; PALMER, M. & ALCOVER, J.A. (2005): A new species of rail (Aves: Rallidae) from the Late Pleistocene and Holocene of Eivissa (Pityusic Islands, western Mediterranean). *Ibis*, 147: 706-716.
- MEIN, P. & ADROVER, R. (1982): Une faunule de mammifères insulaires dans le Miocène Moyen de Majorque (Iles Balears). *Geobios mém. spécial*, 6: 451-463.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilòmetres de desenvolupament topogràfic (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48.
- MILLS, D.H. (1976): Osteological study of the Pleistocene dormouse *Hypnomys morpheus* Bate from Mallorca (Rodentia, Gliridae). *Publications of the Paleontological Institution of the University of Uppsala*, 4: 5-73.
- MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1980): Una nueva especie del género *Myotragus* Bate, 1909 (Mammalia, Bovidae) en la isla de Menorca: *Myotragus binigausensis* nov. sp. Implicaciones paleoogeográficas. *Endins*, 7: 37-47.
- MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1982): *Myotragus pagonellae* nov. sp. un primitivo representante del género *Myotragus* Bate, 1909 (Bovidae, Mammalia) en la isla de Mallorca (Balears). *Acta Geologica Hispanica*, 12: 77-87.
- MOYÀ-SOLÀ, S.; PONS-MOYÀ, J.; ALCOVER, J.A. & AGUSTÍ, J. (1984): La fauna de vertebrats neògeno-cuaternària de Eivissa (Pitiuses). Nota preliminar. *Acta Geologica Hispanica*, 19: 33-35.
- MOYÀ-SOLÀ, S.; QUINTANA, J.; ALCOVER, J.A. & KÖHLER, M. (1999): Endemic island faunas of the Mediterranean Miocene. In: RÖSSNER, G.E. & HEISSIG, K. (eds.) *The Miocene land mammals of Europe*. 435-442. Verlag Dr. Friederich Pfeil, München.
- MOYÀ-SOLÀ, S.; KÖHLER, M.; ALBA, D. & PONS-MOYÀ, J. (2007): El significado de *Myotragus batei* y *M. binigausensis* en la evolución del género *Myotragus* (Bovidae, Mammalia) en las Islas Baleares. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 14: 155-180.
- POMAR, L.; RODRÍGUEZ-PÉREA, A.; SABAT, F. & FORNÓS, J.J. (1990): Neogene stratigraphy of Mallorca island. *Paleontologia i Evolució*, 2: 271-320.
- PONS-MONJO, G.; FURIÓ, M. & MOYÀ-SOLÀ, S. (2010): El género *Nesiotites* (Soricidae, Insectivora, Mammalia) en las Islas Baleares: estado de la cuestión. In: MORENO-AZANZA, M.; DÍAZ-MARTÍNEZ, I.; GASCA, J.M.; MELERO-RUBIO, M.; RABAL-GARCÉS, R. & SAUQUÉ, V. (coords.) *VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología. Cidaris*, 30: 253-258.
- PONS-MOYÀ, J. & MOYÀ-SOLÀ, S. (1980): Nuevo representante del género *Nesiotites* Bate, 1944; *Nesiotites melousae* nov. sp. (Insectivora, Soricidae) de los relleños cársicos del "Barranc de Binigaus (Es Mercadal, Menorca). *Endins*, 7: 53-56.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. & KOPPER, J.S. (1979): La fauna de mamíferos de la cova de Canet (Esporles) y su cronología. *Endins*, 5-6: 55-58.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S.; AGUSTÍ, J. & ALCOVER, J.A. (1981): La fauna de mamíferos de los yacimientos menorquines con *Cheirogaster gymnesica* (Bate, 1914). Nota preliminar. *Acta Geologica Hispanica*, 16: 129-130.
- QUINTANA, J. (1998): Aproximación a los yacimientos de vertebrados del Mio-Pleistoceno de la isla de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 41: 101-117.
- QUINTANA, J. (2005): *Estudio morfológico y funcional de Nuralagus rex*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- QUINTANA, J. & AGUSTÍ, J. (2007): Los mamíferos insulares del Mioceno medio y superior de Menorca (Islas Baleares, Mediterráneo occidental). *Geobios*, 40: 677-687.
- QUINTANA, J. & ARNAU, P. (2004): Descripció dels rastres i les petjades d'*Hypnomys* Bate, 1918 (Mammalia: Gliridae) de la cova de sa Duna (Alaior, Menorca). *Endins*, 26: 7-14.
- QUINTANA, J.; BOVER, P.; RAMIS, D. & ALCOVER, J.A. (2003): Cronologia de la desaparició de *Myotragus balearicus* Bate 1909 a Menorca. *Endins*, 25: 155-158.
- QUINTANA, J.; ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & SANCHIZ, B. (2005): Presence of *Latonia* (Anura, Discoglossidae) in the insular Pliocene of Menorca (Balearic Islands). In: ALCOVER, J.A. & BOVER, P. (eds.) *Proceedings of the International Symposium Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 12: 293-296.
- QUINTANA, J.; BOVER, P.; ALCOVER, J.A.; AGUSTÍ, J. & BAILÓN, S. (2010): Presence of *Hypolagus* Dice 1917 (*Lagomorpha*, Leporidae, Archaeolaginae) in the Neogene of the Balearic Islands (Western Mediterranean). Description of *Hypolagus balearicus* sp. nov. *Geobios*, 43: 555-567.
- QUINTANA, J.; KÖHLER, M. & MOYÀ-SOLÀ, S. (2011): *Nuralagus rex*, gen. et sp. nov., an endemic insular giant rabbit from the Neogene of Minorca (Balearic Islands, Spain). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 31: 231-240.
- RAMÍREZ, O.; GIGLI, E.; BOVER, P.; ALCOVER, J.A.; BERTRANPETIT, J.; CASTRESANA, J. & LALUEZA-FOX, C. (2009): At the limits of paleogenomics: shotgun sequencing from an extinct Mediterranean caprine. *PLoS ONE*, 4 (5): e5670.
- RAMIS, D. (2006): *Estudio faunístico de las fases iniciales de la Prehistoria de Mallorca*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.
- RAMIS, D. & ALCOVER, J.A. (2001a): Revisiting the earliest human presence in Mallorca, western Mediterranean. *Proceedings of the Prehistory Society*, 67: 261-269.

- RAMIS, D. & ALCOVER, J.A. (2001b): Bone needles in Mallorcan Prehistory: a reappraisal. *Journal of Archaeological Science*, 28: 907-911.
- RAMIS, D. & BOVER, P. (2001): A review of the evidence for domestication of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (*Artiodactyla*, *Caprinae*) in the Balearic Islands. *Journal of Archaeological Science*, 28: 265-282.
- REUMER, J.W.F. (1982): Some remarks on the fossil vertebrae from Menorca. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, ser B*, 85: 77-87.
- SEGUÍ, S. (1998): *Els ocells fòssils de Mallorca i Menorca. Successió estratigràfica d'aus en els rebliments càrstics de les Gimnèsies*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- SEGUÍ, B. (1999): A late Tertiary Woodcock from Menorca, Balearic Islands, Western Mediterranean. *The Condor*, 101: 909-915.
- SEGUÍ, B. (2001): A new species of *Pica* (Aves: Corvidae) from the Plio-Pleistocene of Mallorca, Balearic Islands (Western Mediterranean). *Geobios*, 34: 339-347.
- SEGUÍ, B. (2002): A new genus of crane (Aves: Gruiformes) from the Late Tertiary of the Balearic Islands, Western Mediterranean. *Ibis*, 144: 411-422.
- SEGUÍ, B.; MOURER-CHAUVIRÉ, C. & ALCOVER, J.A. (1997): Upper Pleistocene and Holocene fossil avifauna from Moleta Cave (Mallorca, Balearic Islands). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 40: 223-252.
- SEGUÍ, B.; BOVER, P.; TRIAS, M & ALCOVER, J.A. (1998): El jaciment fòssilífer de la Cova C-2 (Ciutadella de Menorca). *Endins*, 22: 81-97.
- SEGUÍ, B.; QUINTANA, J.; FORNÓS, J.J. & ALCOVER, J.A. (2001): A new fulmarine petrel (Aves: Procellariiformes) from the Upper Miocene of the Western Mediterranean. *Palaentology*, 44: 933-948.
- SERVERA, J.; MAYOL, M. & PONS, G.X. (2001): Un nou jaciment d'icnites de *Myotragus balearicus* al racó des Matar (Santanyí, Mallorca). In: PONS, G.X. (ed.) *III Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears*. 58-59. Societat d'Història Natural de les Balears, Palma.
- SHINDLER, K. (2005): *Discovering Dorothea. The life of the pioneering fossil hunter Dorothea Bate*. Harper Collins Publishers. 390 pàgs. London.
- SONDAAR, P.Y.; McMINN, M.; SEGUÍ, B. & ALCOVER, J.A. (1995): Interès paleontològic dels jaciments càrstics de les Gimnèsies i les Pitiüses. *Endins*, 20/Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 3: 155-170.
- TRIAS, M. (1983): Espeleologia de les Illes Pitiüses. *Estudis Breus*, 2: 1-58.
- TRIAS, M. (2000): La cova des Moro (Manacor, Mallorca) i alguns destacats aspectes de la seva morfologia. *Endins*, 23: 73-77.
- TRIAS, M.; BOVER, P. & ALCOVER, J.A. (2001): La cova dels Amengual-Sastre (Sencelles, Mallorca). *Endins*, 24: 129-135.
- VALENZUELA, A.; BONNÍN, M.; BARTOLOMÉ, J.; ALCOVER, J.A. & TRIAS, M. (2010): La cova de sa Tossa Alta (Escorca, Mallorca): una estació prehistòrica remota a la serra de Tramuntana. *Endins*, 34: 19-34.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F.; McMINN, M. & CUERDA, J. (1998): El Plistocè superior del Frontó des Molar (Manacor, Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 41: 125-137.

ARQUEOLOGIA DE LES CAVERNES DE LES ILLES BALEARS

per Damià RAMIS ¹ i Gabriel SANTANDREU

Abstract

A synthesis of the archaeological research in the caves of the Balearic Islands is presented, focused mainly in the work made during the last two decades. The cave occupation during the Early Bronze is explained, with special mention to the results obtained at Coval Simó and Cova des Riuets. The topic of copper mining in the beginning of the Mallorcan prehistory is commented, based on the evidence found in rock shelters of the Serra de Tramuntana. The new excavations and studies on Early and Mid Bronze funerary caves are explained, being the main features Cova de Can Martorellet among the natural caves and the monuments of Biniai Nou regarding the hypogea. The excavation of Cova des Mussol and Cova des Càrritx let establish for the first time the ritual or ceremonial use of some Menorcan caves in the mid 2nd millennium cal BC. With this reference, the same functional interpretation has been given to some caves in East Mallorca which show an entrance with cyclopean architectonic structures. Otherwise, the mentioned Cova des Càrritx and Cova des Mussol, together with Cova des Càrritx, have allowed improving significantly the knowledge about the Late Bronze necropolis in cave. About the Iron Age funerary caves, leaving aside the reuse of some earlier structures, maybe the most significant new case is the excavation of a new hypogean at Cales Coves. In Ibiza, the punnic world is characterized by the use of hypogea as tombs and the establishment of rock sanctuaries. Finally, in historic times it is highlighted the use of the caves for water supply and the Muslim refuges during the Christian conquest in the XIIIth century.

Resum

Es presenta una síntesi de la recerca arqueològica efectuada a les cavitats de les Illes Balears, centrada sobretot durant les dues darreres dècades. Es tracta l'ocupació de les coves durant el Bronze inicial, amb especial menció als resultats de les feines realitzades al coval Simó i a la cova des Riuets. S'introdueix el tema de l'explotació minera del coure durant els inicis de la prehistòria mallorquina, a partir de les troballes a recers de la serra de Tramuntana. S'expliquen les novetats en el camp de les coves funeràries del Bronze inicial i mig, on destaquen, entre d'altres, l'excavació de la cova de Can Martorellet entre les cavitats naturals i els monuments de Biniai Nou entre els hipogeus. L'excavació de les coves des Mussol i des Càrritx varen suposar la definició per primera vegada de l'ús ritual o cerimonial de determinades cavitats menorquines a mitjan II mil·lenni cal BC. Amb aquests referents, s'ha realitzat la mateixa interpretació funcional a algunes grutes del Llevant mallorquí que presenten estructures arquitectòniques ciclòpies a la seva entrada. A més, les esmentades coves des Càrritx i des Mussol, juntament amb la cova des Pas, han permès una gran millora del coneixement sobre les necròpolis en cova del Bronze final. Pel que fa als enterraments de l'edat del Ferro, a més del reaprofitament de cavitats d'època anterior, la novetat més ressenyable és, tal volta, l'excavació d'un nou hipogeu a Cales Coves. A Eivissa, el món púnic suposa l'ús dels hipogeus com a sepulcres i l'establiment de santuaris rupestres. Finalment, en època històrica es destaquen l'aprofitament de les coves com a punt d'aiguada i els refugis d'època islàmica durant la conquesta cristiana del segle XIII.

Resumen

Se presenta una síntesis de la investigación arqueológica efectuada en las cavidades de las islas Baleares, centrada sobre todo en las dos últimas décadas. Se trata la ocupación de las cuevas durante el Bronce inicial, con especial mención a los resultados de los trabajos realizados en el Coval Simó y en la Cova des Riuets. Se introduce el tema de la explotación minera del cobre durante los inicios de la prehistoria mallorquina, a partir de los hallazgos en abrigos de la Serra de Tramuntana. Se explican las novedades en el campo de las cuevas funerarias del Bronce inicial y medio, donde destacan, entre otros, la excavación de la Cova de Can Martorellet entre las cavidades naturales y los monumentos de Biniai Nou entre los hipogeos. La excavación de la Cova des Mussol y la Cova des Càrritx supusieron la definición por primera vez del uso ritual o ceremonial de determinadas cavidades menorquinas a mediados del II milenio cal BC. Con estos referentes, se ha realizado la misma interpretación funcional en algunas grutas del Levante mallorquín que presentan estructuras arquitectónicas ciclópeas en la entrada. Además, las mencionadas Cova des Càrritx y Cova des Mussol, juntamente con la Cova des Pas, han permitido una gran mejora en el conocimiento sobre las necròpolis en cueva del Bronce final. En lo referente a los enterramientos de la edad del Hierro, además del reaprovechamiento de cavidades de época anterior, la novedad más reseñable es, tal vez, la excavación de un nuevo hipogeo en Cales Coves. En Ibiza, el mundo púnico supone el uso de hipogeos como sepulcros y el establecimiento de santuarios rupestres. Finalmente, en época histórica se destacan el aprovechamiento de las cuevas como punto de aguada y los refugios de época islàmica durante la conquista cristiana del siglo XIII.

¹ Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma.

Introducció

L'any 1995 es publicà l'article *Arqueologia de les caveres de Mallorca* (TRIAS, 1995) dins un volum editat per la Federació Balear d'Espeleologia i la Societat d'Història Natural de les Balears. El present treball vol ésser la seva continuació i posada al dia, ampliant el marc d'estudi al conjunt de les Illes Balears. Per aquest motiu, se centrarà en les noves dades obtingudes durant les dues darreres dècades. Tot i això i fora del citat context cronològic es tractarà, donada la seva singularitat, el cas dels hipogeus eivissencs.

Així, observant la feina arqueològica realitzada en els anys recents, s'aprecia com les coves continuen jugant un paper cabdal en la reconstrucció del passat històric de les illes Balears.

En el transcurs d'aquests anys, s'han excavat jaciments d'habitació (coval Simó, cova des Riuets, cova des Ninot, Son Gallard), coves naturals d'enterrament (cova des Pas), o d'altres, on a més d'un ús funerari s'han documentat pràctiques rituals prehistòriques (cova des Càrritx, cova des Mussol). Altres cavitats investigades han tingut diferents usos al llarg del temps (cova des Moro). També s'han realitzat excavacions a hipogeus prehistòrics (cova de Son Ferrer, hipogeu XXI de Cales Coves).

D'època històrica s'han recuperat materials de procedència subaquàtica a la Font de ses Aiguades i s'ha excavat el refugi islàmic de la cova den Xoroi.

A més de les excavacions, s'han realitzat projectes de prospecció com el cas de l'illa de Cabrera, o el de la zona nord de la serra de Tramuntana per a l'estudi de la mineria prehistòrica del coure.

Finalment, també s'han donat a conèixer els resultats d'anàlisis realitzades sobre materials procedents de jaciments excavats antigament o d'extraccions incontrolades, com els casos de Son Mulet, Rotana, S'Albalegal.

D'acord amb les característiques de tots aquests jaciments, i tenint en compte que els resultats de moltes d'aquestes intervencions es troben encara parcialment inèdits, el treball s'ha estructurat agrupant les cavitats en els apartats que s'ofereixen a continuació.

Apunts sobre la periodització de la prehistòria de les Balears

A l'hora d'estructurar un discurs històric d'ample abast cronològic resulta molt útil segmentar-ho en diferents etapes per tal de facilitar l'exposició de les dades i la interpretació que se'n fa. En la majoria de casos els límits són molt difosos, on es barregen elements de canvi i altres de continuïtat. Així, aquesta divisió en etapes ja suposa una interpretació per part dels investigadors, els quals seleccionen aquelles dades que troben significatives per al seu discurs i les ubiquen dins unes coordenades temporals determinades.

A la prehistòria de Mallorca, així com a la de Balears en general, no ha existit un acord sobre aquest tema i els

diferents estudiosos han seguit propostes molt variades. De manera molt simplificada, alguns autors segueixen aplicant la proposta clàssica feta per Guillem Rosselló-Bordoy l'any 1972, dividida en dos grans períodes, el Pretalaiòtic i el Talaiòtic, cada un d'ells segmentat en diferents fases (ROSSELLÓ-BORDOY, 1972). El canvi entre les dues etapes se situa cap a mitjans del II mil·lenni cal BC.

La segona de les propostes a ressaltar aquí, és l'efectuada l'any 1999 —amb lleugeres modificacions a publicacions posteriors (LULL *et al.*, 2001)— per Vicent Lull i els seus col·laboradors (LULL *et al.*, 1999). A aquesta sistematització el món pretalaiòtic queda molt més segmentat. Seguint les propostes de WALDREN (1982), es defineix una etapa Campaniforme, seguida d'una altra Epicampaniforme. A continuació, es defineix el període anterior al món talaiòtic rescatant el terme Naviforme. L'inici del Talaiòtic s'endarrerix fins al canvi de mil·lenni i a mitjans del I mil·lenni cal BC se situa un altre tall que dona lloc a l'inici del Posttalaiòtic. Aquesta proposta ha estat adoptada, amb alguns matisos de caire terminològic i cronològic, per altre grups d'investigadors (e.g. GUERRERO, 2004).

Amb tota la consideració cap a les propostes existents, el present treball ha optat per fer servir les denominacions tradicionals de les edats del Coure, Bronze i Ferro.

Pel que fa als límits temporals, amb l'excepció d'algunes dades referides als segles finals de la prehistòria que procedeixen de les fonts literàries clàssiques o de la tipologia de materials importats, la informació cronològica deriva eminentment de les anàlisis radiocarbòniques. Per tant, aquest mètode de datació és la base de la situació dels diferents períodes aquí establerts. Això planteja una doble incertesa. D'una banda, el grup de les que es poden relacionar amb contextos culturals fiables i significatius és molt limitat. En segon lloc, els resultats de les datacions radiocarbòniques consisteixen en intervals d'incertesa relativament amplis dins els quals, a un punt indeterminat, se situa l'antiguitat real de cada una de les mostres datades. A més, la naturalesa d'aquestes mostres també pot condicionar la precisió cronològica.

Aquesta sistematització de la prehistòria de les Balears tan sols pretén ésser un marc flexible a partir del qual articular el discurs històric d'aquest treball. En definitiva, la prehistòria queda dividida en quatre grans etapes.

La primera d'elles, el Bronze inicial (c. 2500-1700/1600), s'iniciaria cronològicament a un moment indeterminat del III mil·lenni cal BC. Aquí es farà servir de manera temptativa la fita de c. 2500 cal BC. Aquesta fase es correspondria, a grans trets, amb el Pretalaiòtic arcaic, el Calcolític o el Campaniforme-Epicampaniforme-Dolmènic d'altres sistematitzacions existents. Es defineix com una fase de colonització, a la qual la majoria dels elements culturals dels contextos de les Balears presenten una relació clara amb les zones continentals d'origen dels primers grups colonitzadors, especialment amb zones del Pirineu i Languedoc. Ara per ara, no es pot excloure l'existència d'una fase de poblament de caràcter neolític tardà o calcolític clàssic des de començaments o mitjans del III mil·lenni cal BC. De fet alguns elements materials mallorquins s'adiuen amb

aquesta tradició. Una tradició emperò que, a les regions esmentades, arriba fins al darrer terç del III mil·lenni, ja en el trànsit entre la fi del calcolític i l'inici de l'edat del Bronze.

La segona etapa, anomenada aquí edat del Bronze mig (c. 1700/1600-1300/1200), seria assimilable a grans trets al Pretalaiòtic d'Apogeu i Final, Naviforme o Cultura de les Navetes, segons altres propostes existents. En realitat presenta una forta continuïtat respecte la fase anterior. Així, l'origen de l'arquitectura ciclòpia de caràcter domèstic s'ha de situar ja a la fase inicial del poblament insular. Es poden inferir alguns elements de canvi, però es tracta sobretot de la consolidació del poblament de la fase anterior, amb el desenvolupament d'una cultura autòctona de l'arxipèlag balear. Això s'expressa a la monumentalització de les navetes d'habitatge i l'agrupació de diversos exemplars als poblats. Els elements de canvi provenen sobretot del món funerari, amb la fi de l'ús dels sepulcres megalítics i de les coves artificials de planta circular a Mallorca, i amb l'aparició i evolució dels monuments funeraris ciclopis a Menorca. Sembla que paral·lelament es produeix la generalització dels hipogeus de planta allargada. Quant als elements mobles, és a les formes ceràmiques on s'aprecien els canvis més significatius.

La tercera etapa, el Bronze final i la primera edat del Ferro (1300/1200-600/500), suposa l'inici i la consolidació dels canvis més importants que donen lloc a la formació de la cultura talaiòtica. A grans trets, cor-

respondria a les fases inicials del Talaiòtic segons les formulacions clàssiques, mentre inclouria les fases de transició i/o del final de l'època naviforme que les propostes recents solen establir a finals del II mil·lenni, amb un inici del Talaiòtic un poc més tardà. Les dades de Son Oms, Canyamel, Son Olesa i la naveta occidental de s'Hospitalet Vell indiquen l'abandonament d'aquestes navetes cap al 1200 cal BC, la qual cosa també lliga amb dels exemplars menorquins de Clariana i cala Blanca, amb un darrer ús datat devers el 1300 cal BC. Es Figuerat de Son Real i el nucli central del poblat de s'Illot il·lustren com, de manera sincrònica, es va produint l'aglutinament d'habitacions al voltant d'una estructura en posició dominant, amb la qual cosa es va definint, a més d'un nou tipus d'assentament, un nou patró de distribució espacial. Al món funerari s'intueix el final de les coves artificials de planta allargada i, encara que els enterraments d'aquesta nova etapa són molt poc coneguts, Son Matge documenta l'ús funerari de les cavitats amb un tancament ciclopi. Es detecta una certa intensificació dels contactes amb l'exterior, amb l'arribada de bronze amb altes proporcions d'estany i l'assimilació d'objectes metàl·lics de tipologia continental. Es produeix un nou canvi a les formes ceràmiques. En base a la informació de Son Ferrandell i Son Fornés, sembla que l'aparició dels talaiots circulars es pot situar als moments inicials del I mil·lenni cal BC.

L'etapa final de la Prehistòria mallorquina, la segona edat del Ferro i les Colonitzacions (600/500 cal BC-



Figura 1: Vista zenital de la zona d'entrada del coval Simó (Escorca, Mallorca). És un assentament de muntanya localitzat a uns 930 m amb una ocupació documentada cap a finals del III mil·lenni cal BC. (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 1: View of the entrance area of Coval Simó (Escorca, Mallorca). It is a mountain settlement placed at a height of 930 m, with a recorded occupation in the end of the 3rd millennium cal BC. (Photo: Biel Santandreu).

segle I BC), es caracteritza per un conjunt de canvis probablement interrelacionats en un ambient de creixent jerarquització social i influències de les potències que lluiten pel control de la Mediterrània occidental. Aquesta etapa quedarà estroncada per la conquesta romana de l'illa l'any 123 BC. Equivaldria al Talaiòtic final o Post-talaiòtic d'altres perioditzacions. Les dades de ses Païsses i Pou Celat indiquen que, cap el segle VII-VI cal BC, es produeix l'amuradament dels poblats talaiòtics. Devers el segle VI cal BC s'infereixen importants canvis a l'esfera ideològica, amb la destrucció o el fi de l'ús dels talaiots, i de manera paral·lela possiblement amb l'aparició dels santuaris. El món funerari evidencia nous canvis amb una diversificació dels rituals d'enterrament. Sembla que a aquesta fase s'inscriuen també els enterraments en calç, en sarcòfags, reutilitzacions d'hipogeus pretalaiòtics, entre d'altres. Simultàniament es comença a observar una presència creixent de les importacions de materials procedents dels intercanvis amb els pobles colonitzadors.

L'ocupació humana de les coves durant el Bronze inicial

A banda dels jaciments a l'aire lliure, la fi del III mil·lenni evidencia una intensa ocupació de coves i balmes a la serra de Tramuntana. Tradicionalment ja s'havia proposat que els habitants mallorquins de les darreries del III mil·lenni cal BC haurien habitat a coves naturals i a cabanes a l'aire lliure (e.g., ENSEÑAT, 1969; 1971). Així, a la zona de la vall de Sóller les cabanes estarien situades a cotes inferiors als 200 m. En canvi, moltes de les coves habitades es troben a la part alta de la Serra, a llocs difícilment habitables a l'hivern. De manera intuïtiva, aquestes coves foren interpretades com assentaments estivals relacionats amb un sistema de pasturatge mòbil entre les valls i la muntanya. La continuació de la investigació a alguns d'aquests jaciments i el posterior estudi d'altres de nous al conjunt de l'illa han anat mantenint, a grans trets, aquest esquema. Resulta coherent considerar que, a les fases inicials del poblament humà de l'illa, existiria un pasturatge sobre zones extenses, probablement a causa d'una escassa pressió demogràfica. En aquest context, les comunitats assentades a l'entorn de la Serra aprofitarien les possibilitats d'aquest ecosistema per a l'alimentació del ramat durant l'estiu. Altres grups establerts al Pla podrien haver aprofitat zones apropiades com a pastures d'estiu, com els barrancs i els torrents, encara que les evidències d'això són gairebé inexistent.

El coval Simó (Figura 1) és el principal jaciment que il·lustra aquest tipus d'assentaments muntanyencs. Es troba a la cresta de la serra de Cúber, a uns 930 m sobre el nivell de la mar. Aquest recer va ser ocupat per un grup prehistòric en un moment situat dins els segles finals del III mil·lenni cal BC (COLL, 2001; 2010). Durant l'excavació es va recuperar un important conjunt ceràmic caracteritzat per la presència de ceràmiques incises de tradició campaniforme (Figura 2).



Figura 2: Ceràmiques amb decoració incisa del coval Simó (Escorca, Mallorca). (Foto: Jaume Coll).

Figure 2: Pottery sherds with incised decoration coming from Coval Simó (Escorca, Mallorca). (Photo: Jaume Coll).

Des d'un caire ambiental, les primeres dades pol·líniques i antracològiques revelen l'existència d'un paisatge vegetal bastant diferent a l'actual. A més de les espècies més comunes actualment a la zona, s'ha documentat la presència d'avellaner, rotaboc, boix, roure, vern i salze. De manera preliminar s'ha plantejat la possibilitat que es tractàs d'una representació de la cobertura arbòria no afectada encara per la intervenció antròpica (COLL, 2010).

L'estudi faunístic de les primeres campanyes d'excavació (RAMIS, 2006) mostra inicialment l'absència de restes de *Myotragus* al context arqueològic. Avui, encara no s'han trobat evidències de contacte entre els humans i aquest endemisme, i la seva coexistència continua essent un misteri. Per contra, les restes faunístiques pertanyen a les espècies domèstiques introduïdes pels primers pobladors, amb una presència gairebé testimonial del bou i el porc i un predomini molt marcat de les cabres i les ovelles. Pel que fa als caprins, destaca la gran mida dels exemplars, de més de 60 cm d'alçada a la creu (mentre a l'edat del Ferro de les Balears la talla d'aquests animals minvarà per sota dels 50 cm).

Les dades faunístiques del coval Simó s'adiuen, a grans trets, amb les d'altres jaciments mallorquins con-

temporanis (RAMIS, 2006). En canvi, aquesta realitat contrasta de manera molt forta amb les primeres informacions sobre l'excavació de la cova des Riuets (Formentera) (Figura 3), que va ser habitada a començaments del II mil·lenni cal BC (MARLASCA, 2008). L'economia d'aquest grup humà de Formentera estava basada de manera important, a més de la ramaderia, en la pesca (MARLASCA, 2008), la recol·lecció de mol·luscs marins (MARLASCA, 2010) i la captura d'aus marines (RAMIS *et al.*, 2011) (Figura 4).

A Mallorca, a més del coval Simó, les excavacions d'aquestes darreres dècades han permès documentar l'habitació de cavitats durant la fi del III i començaments del II mil·lenni cal BC a estacions com la cova des Moro (Manacor) (Figura 5) (CALVO *et al.*, 2001; RAMIS *et al.*, 2005c), la cova del Ninot (Pollença) o la cova de sa Tossa Alta (Escorca) (CALVO *et al.*, 2000; VALENZUELA *et al.*, 2010).

D'altra banda, a diferents indrets de Cabrera, sobretot en coves, s'han trobat fragments de ceràmica que són característics d'aquesta primera fase cultural coneguda a les Balears i que podrien datar-se fa uns quatre mil anys. A més, també s'han trobat altres restes ceràmiques que a Mallorca i Menorca se situen al final de l'edat del Bronze, fa uns tres mil anys (TRIAS *et al.*, 2009). La tipologia d'aquestes ceràmiques i la seva ubi-

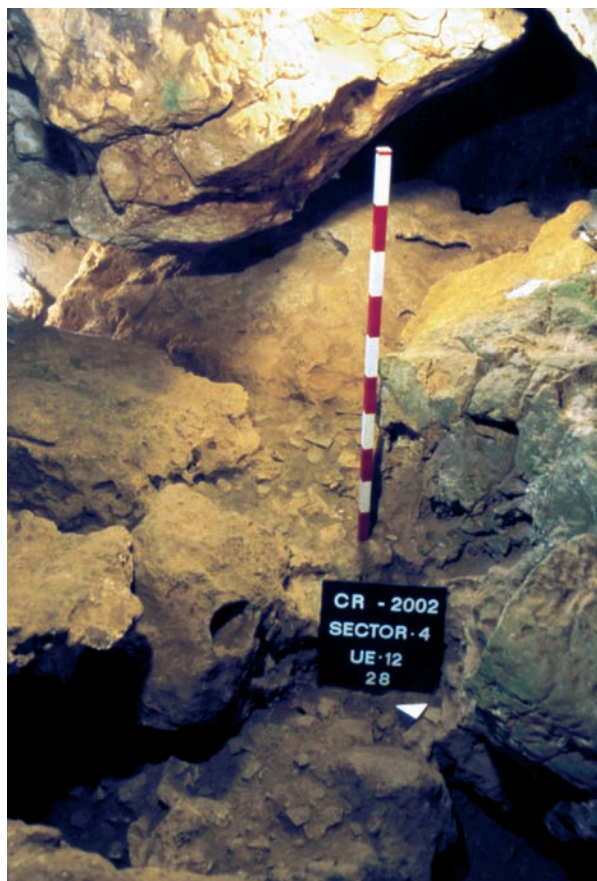


Figura 3: Interior de la cova des Riuets (Formentera). Vista de l'excavació de l'any 2002. (Foto: Ricard Marlasca).

Figure 3: Interior of Cova des Riuets (Formentera). View of the excavation held in 2002. (Photo: Ricard Marlasca).



Figura 4: Coracoide de *Puffinus mauretanicus* amb marques de carnisseria procedent de la cova des Riuets (Formentera). (Foto: Damià Ramis).

Figure 4: *Puffinus balearicus* coracoids with cutmarks coming from Cova des Riuets (Formentera). (Photo: Damià Ramis).

cació probablement s'han de relacionar amb la recollida d'aigua dolça. En general, aquests fragments pertanyen a contenidors de gran mida i han estat trobats a coves amb degotissos o fins i tot a basses situades a l'aire lliure. Més enllà d'això, és molt poc el que sabem sobre l'ocupació prehistòrica de Cabrera.

Finalment, s'ha de destacar la publicació dels resultats d'anàlitiqes procedents de contextos ja excavats antigament, els quals ajuden a conèixer la funcionalitat d'alguns d'aquests assentaments en coves a Mallorca i Menorca. Així, s'han obtingut evidències d'establució ramadera a les balmes de Son Matge (Valldemossa) (BERGADÀ *et al.*, 2005) i de Son Gallard (Deià) (ALBERT & PORTILLO, 2005) i a la cova de Mongofre Nou (Maó) (BERGADÀ & DE NICOLÀS, 2005), a partir dels estudis de sedimentologia i de fitòlits.

L'exploració prehistòrica del mineral de coure a la Serra

Durant els darrers anys s'han realitzat prospeccions a diferents zones de la serra de Tramuntana amb l'objectiu d'aprofundir en el coneixement de l'exploració de minerals cuprífers durant la prehistòria. Els resultats han estat la localització d'aproximadament una seixantena de llocs amb presència d'unes escòries molt característiques (RAMIS *et al.*, 2005a, 2005c; ALCOVER *et al.*, 2007). Són cristal·lines, negres, de vegades amb tonalitats vermelloses, ocre o blaves, i sovint s'assemblen molt a l'obsidiana. Es tracta de concentracions de mida molt variable, des d'uns pocs fragments fins a altres molt més voluminoses. Altres evidències que apareixen a un grup significatiu dels jaciments són les agrupacions de cocons de mida regular, que han estat interpretats com murters per a capolar el mineral cuprífer. De manera molt singular, en alguna de les balmes s'ha pogut documentar encara la presència d'un forn de reducció.



Figura 5: Interior de la cova des Moro (Manacor, Mallorca). Tasques d'excavació al Sector 3 en el transcurs de la campanya arqueològica de l'any 2001. (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 5: Interior of Cova des Moro (Manacor, Mallorca). Excavation works in the Sector 3 during the archaeological survey held in 2001. (Photo: Biel Santandreu).



Figura 6: Cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca). Vista de l'interior de la sala coneguda com a cambra dels ossos. (Foto: Gabriel Pons).

Figure 6: Cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca). Inner view of the so-called "bone chamber". (Photo: Gabriel Pons).

Si bé en alguns casos les concentracions se situen a l'aire lliure, també s'han documentat acumulacions d'aquestes escòries a un grup molt nombrós de cavitats de la Serra. En aquest darrer grup, és sorprenent que una part important d'aquestes coves i balnes se situa a llocs marginals i de difícil accés. Es tracta d'un element ara per ara de difícil explicació. És possible que les localitzacions estiguin relacionades amb àrees de descans de pastors itinerants que es dedicassin a la reducció de mineral cuprífer com activitat complementària. També es pot plantejar una tria intencionada d'aquests llocs relativament ben amagats a causa d'algun motiu de caire social o ideològic.

El principal problema d'aquestes evidències és la seva cronologia, ja que es tracta de troballes superficials sovint sense altres restes arqueològiques associades. Actualment, l'única referència cronològica prové del coval Simó, on s'han documentat aquestes escòries en un context estratigràfic tancat, associades a materials arqueològics del Bronze inicial i a datacions radiocarbòniques situades ca. 2300-2050 cal BC. Per tant, es demostra que aquestes pràctiques mineres i metal·lúrgiques tenen el seu origen al III mil·lenni cal BC, però es desconeix quina és la seva perduració en el temps.

A Menorca, recentment també s'han documentat indicis de l'explotació en època prehistòrica de minerals cuprífers a l'illa den Colom (SALVÀ *et al.*, 2010).

Les coves funeràries del Bronze inicial i mig

Actualment, les dates fiables més antigues de la prehistòria de les Balears procedeixen de les datacions radiocarbòniques de diferents restes humanes, amb resultats que se situen a la segona meitat del III mil·lenni cal BC. Exceptuant la mostra procedent del sepulcre megalític menorquí de Biniai Nou (PLANTALAMOR & MARQUÈS, 2001), les altres procedeixen de diferents cavitats: la cova de Muleta (Sóller) (VAN STRYDONCK *et al.*, 2005), la cova des Moro (Manacor) (GUERREIRO & CALVO, 2008) i l'avenc des Pouàs (Sant Antoni de Portmany) (ALCOVER, 2008). Segons els coneixements disponibles aquests ossos humans tan arcaics no formen part d'un gran depòsit funerari, sinó que es tracta de restes esquelètiques molt parcials pertanyents a escassos individus (o a un tan sols), que aporten una informació antropològica molt limitada.

Des de començaments del II mil·lenni cal BC hi ha documentació relativament abundant sobre el món funerari. En general, les manifestacions funeràries durant els inicis de la prehistòria de les Balears presenten un alt grau d'homogeneïtat pel que fa als rituals documentats i una limitada variabilitat quant als llocs d'enterrament.

Les pràctiques d'enterrament consisteixen en inhumacions de caràcter col·lectiu. Els llocs utilitzats són bàsicament les coves naturals, les coves artificials i els sepulcres megalítics. La successió d'enterraments a aquests llocs provoca sovint la reubicació de les restes esquelètiques més antigues, amb la qual cosa el resultat que documenten els arqueòlegs és el d'una ossera en el que és difícil observar restes articulades.

COLL (1993) havia reunit les dades antropològiques disponibles per a contextos "pretalaiòtics" mallorquins, que es podrien situar aquí, d'una manera molt laxa, com anteriors al darrer quart del II mil·lenni cal BC. Es tractava de 15 cranis procedents de coves, com les des Tossals Verds, sa Mata Grossa, Solleric, Son Puig, Son Mosson i Son Gallard, i que havien estat analitzats en uns moments en què els estudis antropològics se solien centrar en aquesta part del cos i els altres ossos es descartaven. Globalment, tots els individus eren adults, quasi tots amb edats compreses entre els 25 i els 50 anys, i pràcticament no hi havia individus senils. En 13 dels casos s'havia pogut determinar el sexe, distribuïts en 9 homes i 4 dones.

Pel que fa a les coves naturals, el principal jaciment funerari del Bronze inicial donat a conèixer en aquestes dues darreres dècades és el de la cova de Can Martorellet, Pollença (PONS, 1999; 2009-10) (Figura 6).



Figura 7: Cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca). Mostra de ceràmica prehistòrica, amb diverses olles globulars amb diferents tipologies de vora i elements de suspensió. (Foto: Gabriel Pons).

Figure 7: Cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca). Prehistoric pottery sample, with several globular pots showing different rim typologies and handles. (Photo: Gabriel Pons).



Figura 8: Inhumacions prehistòriques a la cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca), on s'han pogut documentar pràctiques funeràries del Bronze inicial. (Foto: Gabriel Pons).

Figure 8: Prehistoric inhumations in Cova de Can Martorellet (Pollença, Mallorca), where funerary rites from the early Bronze have been recorded (Photo: Gabriel Pons).



Figura 9: Vista de l'obertura d'accés a la cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca), on s'aprecia el mur de tancament ciclopi. (Foto: Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània - Universitat Autònoma de Barcelona).

Figure 9: View of the entrance to Cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca), closed by a cyclopean wall. (Photo: Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània - Universitat Autònoma de Barcelona).

Les dates radiocarbòniques del jaciment mostren que va estar en ús sobretot durant la primera meitat del II mil·lenni cal BC. Una datació lleugerament posterior és interpretada com un ús funerari més esporàdic d'aquest lloc durant el darrer quart del II mil·lenni cal BC. S'ha estimat la presència d'un número mínim de 149 individus. Els objectes que acompanyaven les restes humanes estan formats sobretot per ceràmica, amb més de 430 vasos recuperats. També s'han documentat elements d'os (botons i penjolls), metall (punxons, alenes, ganivets i una daga) i fusta (pintes).

La immensa majoria de les ceràmiques de Can Martorellet corresponen a olles globulars, de vora recta o oberta i, en alguns casos, amb anses de suspensió (Figura 7). També hi ha una representació d'escudelles i d'olles bitroncocòniques. Segons la interpretació preliminar d'aquests materials, una part correspondria pròpiament a les ofrenes funeràries mentre altres objectes formarien part dels rituals d'enterrament practicats per la comunitat prehistòrica de Can Martorellet (PONS, 2009-10) (Figura 8).

Pel que fa a les coves artificials, l'estudi de VENY (1968) continua plenament vigent per a l'estudi dels hipogeu pretalaiòtics. Quant a les noves aportacions d'aquestes darreres dècades, es pot destacar la realització de datacions radiocarbòniques sobre restes humanes procedents dels hipogeu de Son Mulet (Llucmajor) i Rotana (Manacor) (GÓMEZ & RUBINOS, 2005). La dada més rellevant és que s'ha documentat que la cova de Son Mulet ja es trobava en ús durant el primer quart del segon mil·lenni cal BC.

Recentment s'ha publicat l'estudi de les restes humanes de la cova de Rotana (Manacor), que foren recuperades després de l'espoli d'aquest jaciment, és a dir, que no són producte d'una excavació arqueològica sistemàtica. D'altra banda, les datacions radiocarbòniques efectuades donen com a resultat dues fases d'ús funerari. La primera, datada entre el començament i mitjan del II mil·lenni cal BC, seria pròpia d'aquest tipus d'hipogeu i de l'aixovar recuperat. Posteriorment, durant gairebé la segona meitat del I mil·lenni cal BC, aquest

espai tornà a ser usat amb finalitats funeràries. Així, s'ha de tenir en compte la incertesa que introdueixen aquests factors. A la coveta de Rotana, es va identificar un mínim de 42 individus inhumats. Per edats, es repartien de la següent manera: 4 menors de 5 anys, 11 d'entre 5 i 14 anys, 4 d'entre 15 i 19 anys i 23 adults. A diferència del sepulcre megalític de s'Aigua Dolça, aquí els individus immadurs són molt nombrosos. La mortalitat infantil és elevada, amb un 35,7%, semblant a la de les poblacions antigues. Quant als trets físics d'aquesta població, les mides dels ossos han permès calcular una alçada mitjana de 168,4 cm per als homes i 154,3 cm per a les dones. A més, s'ha observat l'alt grau de desenvolupament de les insercions musculars en els ossos de les cames i els braços, fins i tot en casos d'individus infantils. L'autor de l'estudi interpreta aquest fet com la conseqüència de freqüents esforços relacionats amb el moviment de grans pesos (GÓMEZ, 2005).

Les coves artificials d'enterrament pertanyents al Bronze antic i mig són desconegudes a les Pitiüses i tenen una escassa implantació a Menorca. En canvi, a aquesta darrera illa, és l'única on es documenta una estructura mixta entre l'hipogeu i el sepulcre megalític. Es tracta de l'hipogeu de planta circular amb façana megalítica, dels quals s'han excavat els dos exemplars de Biniai Nou (Maó) (PLANTALAMOR & MARQUÈS, 2001) i el de Sant Tomàs (Es Migjorn Gran) (PLANTALAMOR *et al.*, 2004). A més, prèviament també s'havia intervingut a les coves 11 i 12 de la necròpolis de Cala Morell (Ciutadella) (JUAN & PLANTALAMOR, 1996), que es troben incloses en la mateixa tipologia que les anteriors.

El monument 1 de Biniai ha oferit dades cronològiques que es trobava en ús a finals del III mil·lenni cal BC. D'altra banda, el monument 2 presenta una cronologia d'ús que avarca gairebé tot el segon mil·lenni cal BC. L'estudi antropològic del monument 2 de Biniai Nou (GÓMEZ, 2001), realitzat a partir de 8 mil restes òssies, va donar com a resultat la presència d'un mínim de 81 individus. D'ells, aproximadament la meitat tenien una edat inferior als 10 anys.

S'ha de tenir en compte que les coves ofereixen una visió parcial del coneixement antropològic i funerari de l'edat del Bronze. Els jaciments referits a aquest apartat s'han de posar en relació amb els resultats de les excavacions dels sepulcres a l'aire lliure que s'han donat a conèixer aquestes darreres dècades a Mallorca —s'Aigua Dolça— i, sobretot, a Menorca —Son Oliveret, Alcaidús, ses Arenes.

L'ús ritual de les coves durant la segona meitat del II mil·lenni cal BC

Els treballs dels espeleòlegs Pere Arnau i Josep Márquez varen donar com a fruit el descobriment, a mitjans dels anys 90, de dues cavitats de gran interès arqueològic al terme municipal de Ciutadella, la cova des Mussol i la cova des Càrritx (Figura 9). La seva excavació ha suposat uns resultats de primer ordre per al coneixement de l'edat del Bronze a les Balears (LULL *et al.*, 1999). A ambdues cavitats es va documentar una primera fase d'ús de caràcter ritual, datada a mitjans del II mil·lenni cal BC.

La cova des Mussol és una cavitat de difícil accés situada als penya-segats de la costa nord de Ciutadella. Les evidències d'aquestes pràctiques rituals tan arcaïques es documentaren a la primera sala d'aquesta cavitat. S'hi va identificar una petita foganya, feta sobre una base de fragments ceràmics, on s'hi havien cremat plantes de propietats aromàtiques, tal com es desprèn dels estudis del pol·len i els carbons. A més, els estudis de micromorfologia del sediment indicaren que la sala havia estat freqüentada en tres ocasions. D'altra banda, es trobaren les restes de dos exemplars (sempre un immadur i un adult) d'ovella, de cabra, de porc i de bou; els quals no havien estat consumits i probablement havien estat depositats a manera d'ofrena. L'altre element que cridà l'atenció dels arqueòlegs va ser la presència de conjunts d'estalactites col·locats intencionadament a la foganya i a zones properes. Des d'aquesta sala s'havien visitat altres punts més interiors de la cova, on es trobaren fragments ceràmics que tipològicament es relacionaren amb aquesta fase de freqüentació.

Paral·lelament, la cova des Càrritx (Ciutadella), abans de convertir-se en necròpolis, també és objecte d'una primera fase de visites relacionades amb pràctiques rituals. Aquesta cavitat es troba a una de les parets del barranc d'Algendar, amb la boca a uns 30 m d'alçada. Així, a les sales més allunyades de l'entrada es varen localitzar les evidències d'aquestes cerimònies subterrànies. A una de les sales hi havia una foganya de dimensions modestes relacionada novament amb agrupacions d'estalactites i amb restes de fauna domèstica que no havia estat cuinada ni consumida. Als voltants també es varen recollir fragments de vasos ceràmics, alguns de gran mida, cosa que va fer plantejar la interpretació que el seu contingut formava part de les ofrenes rituals juntament amb els animals domèstics. Però, durant aquesta fase, els grups humans que freqüentaren



Figura 10: Corredor d'entrada a la cova des Moro (Manacor, Mallorca) bastit amb tècnica ciclòpia. (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 10: Entrance corridor to Cova des Moro (Manacor, Mallorca), built with cyclopean technique. (Photo: Gabriel Santandreu).

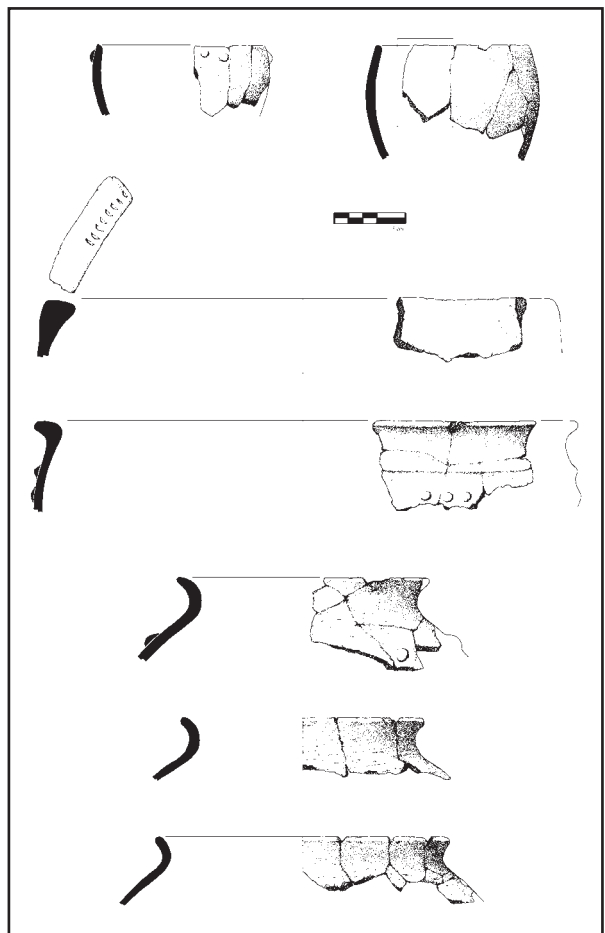


Figura 11: Mostra de formes ceràmiques pròpies del Bronze final procedents de la cova des Moro (Manacor, Mallorca).

Figure 11: Sample of pottery styles from the late Bronze in Cova des Moro (Manacor, Mallorca).

la cova des Càrritx arribaren als punts més allunyats de l'entrada, en un recorregut d'uns 170 m. Així es documentà una nova foganya, algunes ceràmiques, petites acumulacions d'estalactites i d'ossos humans i, entre

aquests darrers, una composició esquemàtica d'una mà feta amb quatre metapodis (3 d'ells metatarsos d'un mateix peu) alineats sobre el sòl.

Després d'un lapse de més de dos segles sense evidències arqueològiques, la cova des Mussol és objecte d'una segona fase de freqüentació de caràcter cerimonial a final del II mil·lenni cal BC. A zones més interiors de la cova es trobaren les noves evidències. Entre elles s'han de destacar dues talles sobre fusta d'ullastre representant un cap humà i un altre de caràcter zootropomorf, els quals formaven part d'un conjunt de 17 objectes de fusta (MICÓ, 2005). A les sales es trobaren petits vasos ceràmics propis del Bronze final que havien servit per a la il·luminació.

A començament del I mil·lenni cal BC, la primera sala de la cova des Mussol és habilitada com espai funerari però, paral·lelament, els espais més recòndits de la cavitat continuen dotats d'un significat ritual. Aquest és manifesta per la deposició intencionada de 9 útils de bronze a aquesta àrea, especialment a punts de difícil accés. El més singular és un mirall, trobat directament sobre el sòl, i també es poden destacar un ganivet triangular amb peduncle, una escarpra i una punta de llança serrada. Finalment, a més dels metalls, s'ha d'esmentar

la troballa, formant part d'aquest context, de dos discs d'ivori (elaborats sobre ullal d'elefant) en un estat deficient de conservació (LULL *et al.*, 1999)

La definició d'un ús ritual de les coves durant el II mil·lenni cal BC a Menorca ha suposat un element totalment nou d'anàlisi de les comunitats prehistòriques de l'illa. A més, això ha permès rastrejar alguns possibles paral·lels a Mallorca que fins ara resultaven de difícil interpretació. Així, a la marina de Llevant, en una franja d'uns 10 km de la costa de Manacor i Sant Llorenç, es coneixen 4 exemples de cavitats amb construccions ciclòpies. A tots aquests casos s'evidencia una gran inversió de treball que no es relaciona amb pràctiques habitacionals o funeràries i es pot plantejar el seu significat ideològic per a les comunitats de la zona durant la segona meitat del II mil·lenni cal BC.

La cova des Moro n'és el cas situat més al sud. A la seva entrada es troba un corredor ciclòpi (Figura 10) així com una filada de grans blocs que obstrueixen una altra obertura allargada situada just a devora l'anterior. No es disposa de cap element directe de datació d'aquestes construccions, però la tècnica ciclòpia juntament amb els materials ceràmics recuperats a l'interior han fet plantejar que poden relacionar-se amb la fase d'apogeu



Figura 12: Cova Genovesa (Manacor, Mallorca). A: Rampa empedrada que descendeix des de l'enfonsament d'entrada de la cavitat al llac de la primera sala. B: Mur de factura ciclòpia paral·lel a la rampa descendent. (Foto: Robert Landreth).

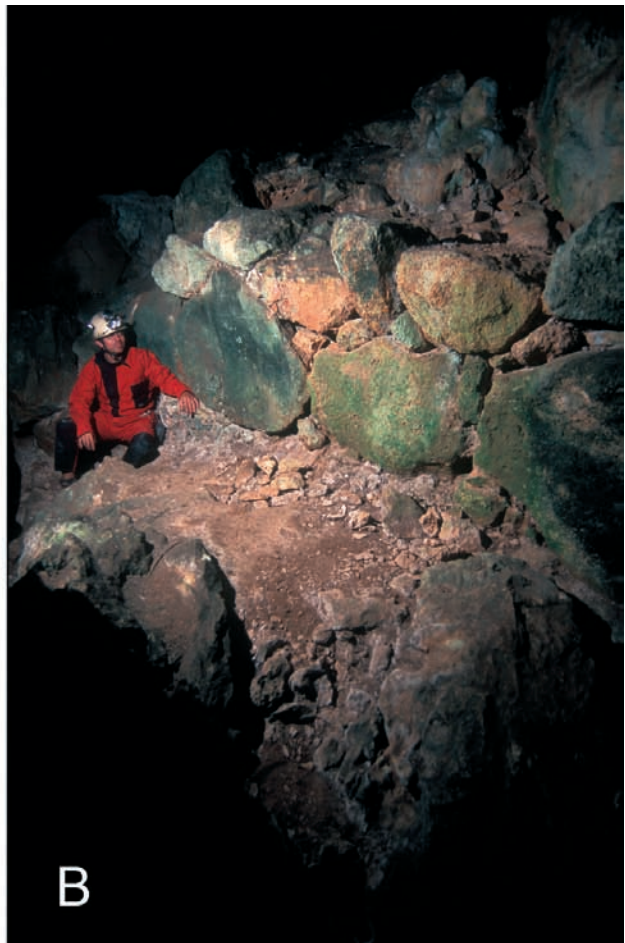


Figure 12: Cova Genovesa (Manacor, Mallorca). A: Stone-made ramp which connects the entrance with the pool placed in the first chamber. B: Cyclopean wall parallel to the ramp (Photo: Robert Landreth).

del món de les navetes (Figura 11). En aquest sentit, la cova des Moro ha estat definida com a santuari i relacionada amb els paral·lels menorquins de la cova des Mussol i la cova des Càrritx. El caràcter ritual d'aquesta ocupació s'infereix, entre d'altres elements, per la presència d'àrees de combustió poc intenses situades a llocs de difícil accés o a les sales més interiors sense il·luminació natural. A més, a l'interior de l'escletxa d'una columna estalagmítica es va localitzar una daga de bronze que tipològicament i tecnològicament se situa al Bronze final (CALVO *et al.*, 2001; RAMIS *et al.*, 2005b).

Seguint cap al nord es coneix en primer lloc la cova Genovesa. Aquí s'han documentat diversos elements arquitectònics, alguns d'ells realitzats amb tècnica ciclòpia. Destaquen una rampa empedrada (Figura 12) que descendeix des de l'entrada fins al llac de la cova, una passera submergida dins aquest llac que comunica amb la zona eixuta de l'interior i un mur ciclopi paral·lel a la rampa. La ceràmica prehistòrica procedent de troballes casuals i d'extraccions clandestines es molt homogènia culturalment i es pot enquadrar a la fase final de la cultura de les navetes (GRÀCIA *et al.*, 2003).

A més, es coneixen altres dos exemples propers que es poden relacionar amb les estructures esmentades de la cova des Moro i la cova Genovesa. Així, seguint cap al nord es troba en primer lloc el corredor ciclopi a l'interior de les coves del Drac, a prop de l'entrada natural d'aquesta gruta (FONT, 1978; GINÉS & GINÉS, 1994). I, finalment, s'ha d'esmentar un altre corredor ciclopi a la cova localitzada sota el monument central del poblat talaiòtic de s'Illot (ROSSELLÓ & FREY, 1966). El nivell inferior d'aquest monument s'havia datat aproximadament entre 1500 i 1100 cal BC, a partir d'una mostra de carbons.

Les necròpolis menorquines del Bronze final

A Mallorca el coneixement del funerari durant el Bronze final i els moments inicials de l'edat del Ferro, amb la formació i consolidació de la cultura talaiòtica, és encara molt limitat. S'interpreta que covals com el de Son Cós (Figura 13) podrien pertànyer a aquest context. En contrast, a Menorca, gràcies als descobriments d'aquestes dues darreres dècades efectuats pels espeleòlegs, es disposa de les troballes en un excepcional estat de conservació de les coves des Càrritx i des Mussol (Ciutadella) i, més recentment, de la cova des Pas (Ferrerries). Aquests tres jaciments —juntament amb dades més puntuals procedents d'altres contextos funeraris, com el de Mongofre Nou (BERGADÀ & DE NICOLÀS, 2005)— permeten conèixer les poblacions d'aquest moment i els seus rituals d'enterrament.

La primera sala de la cova des Càrritx (Figura 14) va ser utilitzada com a necròpolis durant un període aproximat de sis segles, entre ca. 1400 i ca. 800 cal BC. Al llarg d'aquest període, malgrat la documentació de canvis, el tipus de rituals practicats i el tractament dels difunts presenten un caràcter col·lectiu.

A la cova des Càrritx es varen recuperar prop de 35

mil restes òssies humanes que varen ser objecte d'un estudi monogràfic (RIHUETE, 2000). Només es varen documentar tres cossos parcialment en connexió anatòmica. Tota la resta d'ossos es trobaven completament desarticulats, formant una ossera. Es va estimar un número mínim de 210 individus inhumats.

Als moments inicials de la necròpolis, el sistema d'enterrament consistia en depositar directament sobre el sòl de la cova els cossos recollits en diferents posicions dins una peça de roba. A començament del I mil·lenni cal BC es documenta la pràctica de la deposició secundària de cranis. La primera sala de la cavitat era el lloc de deposició inicial dels cossos en el procés de descomposició dels teixits tous. L'atenció preferent als cranis, amb paral·lels a altres necròpolis mallorquines i menorquines, es posa en relació amb canvis socioculturals durant aquests moments.

Per edats, no hi ha individus d'edat inferior als tres mesos. S'interpreta que són exclosos intencionadament. Aproximadament un terç dels individus moriren en edat infantil. L'esperança de vida se situa globalment entre 35 i 45 anys. Per sexes, la dels mascles és lleugerament superior. Hi ha un predomini d'individus de sexe masculí en una proporció de 1,38/1. L'estatura ofereix un promig d'1,51 m per a les dones i 1,64 m per als homes.

Quant a l'alimentació, els resultats combinats de les patologies bucals i dels elements traça descarten l'existència d'una dieta basada en una agricultura especialitzada en el conreu de cereals. Pel contrari, els productes ramaders tenen un fort protagonisme en l'alimentació, la qual es completa amb una gamma àmplia de productes vegetals, especialment fruits (PÉREZ-PÉREZ *et al.*, 1999; RIHUETE, 2000).

El depòsit funerari incloïa al voltant d'uns 50 vasos ceràmics de diferents tipologies, destacant les conques, les olles carenades i globulars i els vasos troncocònics. Pel que fa als metalls, a més d'objectes de bronze, la cova des Càrritx presenta alguns dels objectes de plom i ferro més antics de les Balears. També es recuperaren exemplars d'indústria lítica i òssia. Es tracta d'elements relacionats amb l'ornament personal, sigui a la roba o al cos.

A banda de l'ossera, la troballa a una de les sales interiors, a uns 80 m de l'entrada, d'un conjunt d'objectes guardats intencionadament (Figura 15) a un clot del pis de la cavitat ha permès realitzar una reconstrucció dels rituals funeraris relacionats amb aquests enterraments. Aquest depòsit estava format per tubs cilíndrics fets de banya de bou o de fusta, els quals es trobaven farcits de cabells humans i tapats als dos costats per discs circulars de fusta o altres materials. Els cabells es trobaven tenyits amb un to vermellós i es va poder determinar que havien estat tallats poc després de la mort dels individus. Sembla que la preparació dels cabells es va realitzar amb l'ajut d'uns recipients de ceràmica i de fusta, i de bastonets i culleres fets d'aquest darrer materials, que també es varen trobar al mateix amagatall.

A començaments del I mil·lenni cal BC la cova des Mussol passa a convertir-se en lloc d'enterrament, però sense perdre el seu caràcter ritual, com ja s'ha comentat. S'han documentat restes humanes d'un mínim de cinc adults (tres dones i dos homes) i d'un infant. L'aixovar associat als difunts consistia en petits objectes de

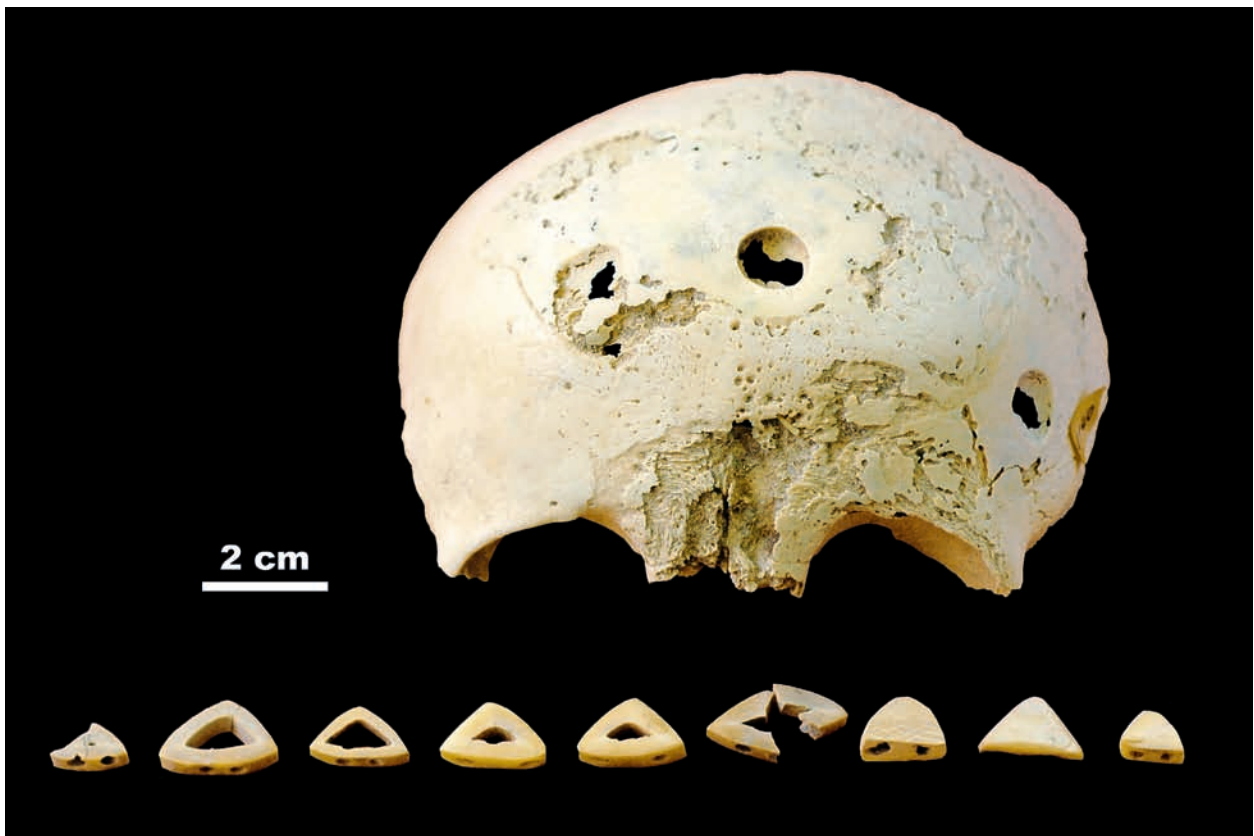


Figura 13: Fragment de volta de crani humà amb trepanacions i materials arqueològics recuperats al coval de Son Cós (Marratxí, Mallorca). (Foto: Gabriel Santandreu).

Figure 13: Fragment of a human skull with trepanation holes and archaeological materials recovered from Coval de Son Cós (Marratxí, Mallorca). (Photo: Gabriel Santandreu).

bronze depositats a enfonyalls de la paret de la sala. Entre ells destaquen una punta de sageta, una escarpra i una dena bicònica.

La cova des Pas (Ferrerries) està situada a una de les parets del barranc de Trebalúger, a uns 15 m d'alçada. Es tracta d'una cavitat natural de petites dimensions que, per les seves condicions ambientals, ha permès la conservació de teixits orgànics tous. S'hi han comptabilitzat més de setanta individus inhumats, quasi la meitat dels quals moriren abans d'arribar a adults. Predominen les inhumacions primàries en posició fetal. En alguns casos es trobaven embolicats en una mortalla elaborada amb pells d'animals. També s'hi ha trobat evidències de rituals relacionats amb la manipulació dels cabells, semblants a les descrites a la cova des Càrritx (FULLOLA *et al.*, 2008). Les datacions radiocarbòniques situen aquests enterraments en un període màxim d'aproximadament un segle, entre 900 i 800 cal BC. Això ha fet plantejar la hipòtesi que aquests enterraments responguin a algun episodi de mortalitat extraordinària (VAN STRYDONCK *et al.*, 2010). Però la major part de la informació d'aquest jaciment es troba encara inèdita. L'estudi pol·línic de mostres de sediment en contacte amb tres de les inhumacions de la cova des Pas ha revelat l'existència d'ofrenes florals, amb la presència d'almenys 33 espècies diferents (RIERA *et al.*, 2008). D'altra banda, l'estudi de les restes de fusta, documenta la presència de diverses civeres destinades al transport i inhumació dels cadàvers (PICORNELL *et al.*, 2008).

Els enterraments en coves durant l'edat del Ferro

Durant l'edat del Ferro s'assisteix a una important diversificació dels llocs d'enterrament, i també dels rituals funeraris. COLL (1995) va realitzar una sistematització de les estructures funeràries del I mil·lenni cal BC a Mallorca que, amb molt poques variacions, també resulta aplicable a Menorca. Una part significativa dels llocs d'enterrament eren a l'aire lliure. Pel que fa a les coves funeràries, en primer lloc continuen en ús estructures procedents de períodes anteriors. És el cas de les cavitats naturals, algunes d'elles amb tancament ciclopi de la boca. També es continua inhumant a coves naturals amb murs o marjades internes, del tipus de l'avenc de la Punta (Pollença) o la cometa des Morts (Escorca).

D'altra banda, es documenta la reutilització d'estructures artificials d'èpoques anteriors. Algunes d'elles són construccions a l'aire lliure, però també es donen casos de coves artificials o naturals amb tancament. I és aquest grup on el registre arqueològic ha fet les aportacions més significatives d'aquestes darreres dècades. Així, alguns dels jaciments funeraris exposats anteriorment presenten nous enterraments de caràcter més o menys esporàdic durant l'edat del Ferro, com la cova des Càrritx, o el monument 2 de Biniai Nou. Altres presenten una reutilització més intensa com els hipogeus de Sant Tomàs, Rotana o el de Son Ferrer, el cas més exagerat, on tot el

depòsit original va ser buidat i substituït per un altre de finals de l'edat del Ferro (CALVO *et al.*, 2006).

Paral·lelament apareixen necròpolis en coves artificials de nova tipologia. Es combinen exemples de planta simple i altres polilobulades. Un element molt característic de molts d'aquests hipogeus seran les columnes excavades. A Menorca el principal element distintiu són l'alta concentració d'hipogeus, formant les grans necròpolis de coves artificials situades a les parets dels penya-segats costaners. Els principals exemples són Cales Coves, cala Morell i cap de Forma.

VENY (1982) va realitzar una sistematització de les cavitats artificials de Cales Coves. En resum, va definir dues tipologies principals. La primera estava formada per coves de planta senzilla (circular o ovalada), els materials se situaven a començaments del I mil·lenni cal BC i el ritual documentat era el d'inhumació col·lectiva.

En segon lloc, es distingia un altre grup format per coves amb una porta d'entrada rectangular. En elles s'anaven combinant tota una sèrie d'elements arquitectònics absents a les de planta senzilla: pati d'entrada, façana, portes i finestres, nínxols o lòbuls, pilars i pilastres. Els aixovars d'aquestes cavitats eren propis de l'edat de Ferro i, per tant, es varen datar cap a la segona meitat I mil·lenni cal BC. A més es va documentar una major varietat de rituals, incloent la presència de calç en alguns casos.

A aquest segon grup pertany l'exemple de la necròpolis excavada més recentment, l'hipogeu XXI. És de cambra de tendència trapezoïdal amb un gran pilar exempt a la part interior de la cavitat. Les datacions situen l'ús aproximadament durant el segon quart del I mil·lenni cal BC, lleugerament anterior al marc cronològic proposat prèviament. Els rituals d'enterrament inclouen la presència de restes de civeres i de taüts de fusta. Formant part de l'aixovar, a més de la ceràmica, es documenten objectes de bronze i ferro. Es pot destacar la presència de gran quantitat de vèrtebres caudals de boví, mostrant el significat de les cues de bou com ofrena funerària. Pel que fa a les restes humanes, s'ha avançat la presència d'un mínim de 186 individus (GORNÉS *et al.*, 2006).

L'ocupació humana de les coves en època històrica

Als finals del segon mil·lenni BC es fa palesa la presència de navegants procedents de l'Est del Mediterrani a la conca occidental d'aquest mar. Tot i que no es té constància al registre arqueològic Balear, es pot intuir que les cultures balears, es desenvoluparen en un context d'intensificació de la presència egea a aigües del Mediterrani Central i Occidental.

Aquest rastre fou el que sembla que seguiren els navegants fenicis, quan s'accepten el subministrament de materials ibèrics o el control de la ruta de l'estany com a objectius primordials d'aquests moviments colonitzadors. De totes maneres no es poden obviar les condicions geogràfiques que oferiren les Pitiüses per



Figura 14: Cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca). A: Vista general de l'ossera de la Sala 1; s'aprecia l'obertura d'accés a la Sala 2. B: Conjunt de crànis de la mateixa sala. (Foto: Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània - Universitat Autònoma de Barcelona).

Figure 14: Cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca). A: General view of the human bones assemblage in the Chamber 1; the entrance to the Chamber 2 can be seen. B: Skulls assemblage found in the same chamber. (Photo: Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània - Universitat Autònoma de Barcelona).



Figura 15: Depòsit de la Sala 5 de la cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca). Estat en el moment del descobriment. S'aprecien els restes ceràmics, els contenidors tubulars, els vasos de fusta i els objectes de bronze. (Foto: Consell Insular de Menorca).

Figure 15: Deposit found in the Chamber 5 of Cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca) including ceramic pottery, tubular containers, wood vases and bronze objects. (Photo: Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània - Universitat Autònoma de Barcelona).

als navegants fenicis, que les convertien en un territori estratègicament situat a les rutes occidentals, dotades d'uns trets geogràfics òptims pel que fa a les possibilitats de fondeig i resguard als seus ports i embarcadors naturals.

La colonització d'Eivissa es pot situar en el context del procés d'expansió fenícia pel Mediterrani occidental, perseguint a ben segur l'objectiu d'establir un assentament orientat a servir com a punt d'operacions comercials a aquest sector de l'àrea mediterrània.

D'aquesta manera, el procés colonitzador eivissenc es durà a terme en dues etapes, situant el moment inicial a la segona meitat del s. VII BC. Aquest es centra principalment a dos indrets de l'illa, destacant la badia d'Eivissa. La primera ocupació es constata amb l'existència d'un assentament arcaic a la zona del puig de Vila i es documenta arqueològicament a la necròpoli del puig des Molins.

El puig des Molins es situa a ponent del puig de Vila, no molt enfora de la badia d'Eivissa, assentament que correspon a la primitiva fundació fenícia. A la necròpoli del Puig des Molins es documenta la primera onada colonitzadora i la seva cultura funerària que es manifesta en una variada tipològica d'enterraments. El cementiri inicial té una extensió que es pot situar als voltants dels 10.000 m² i una quantitat de sepultures que supera les 3.000. Sembla que la pràctica més estesa correspondria a la incineració, tot i que enterraments de caràcter primari i secundari també es documenten. Així la variada tipologia mostra fosses de planta rectangular llises o amb ressals laterals, petites cavitats circulars excavades a la roca, o l'aprofitament de cavitats naturals, algunes de les quals apareixen retocades antròpicament.

A començaments del segle VI BC es constata al Mediterrani una certa pèrdua de hegemonia dels assentaments fenicis. Aquesta circumstància es posa en relació amb el declivi i caiguda de la ciutat de Tir, tot i s'hi han d'afegir una sèrie d'esdeveniments econòmics i socials que s'estenen pel Mediterrani fins a les costes peninsulars. Conseqüència d'aquest context és l'inici de l'expansió de la metròpoli nord-africana de Cartago, ciutat que arribarà a consolidar la seva hegemonia a l'àmbit occidental (COSTA & FERNÁNDEZ, 1992).

És aquest ambient el que marca el segon moment colonitzador. És tracta d'un segon corrent colonial que introduirà de ple a les Pitiüses a l'òrbita de Cartago, sent els protagonistes els púnics de la Mediterrània central i àrea nord africana. Aquesta segona onada es produirà a partir de la segona meitat del s. VI BC —en tot cas no amb anterioritat al 550 BC.

L'assentament de la badia d'Eivissa i el seu port es converteixen en important focus centralitzador d'intercanvis i distribució de mercaderies entre els nuclis fenicis del Mediterrani central i la Península Ibèrica. Plenament integrada a l'entramat comercial, Eivissa es convertirà en un indret productor i exportador de productes propis de l'illa a les darreries del VI BC (GÓMEZ & COSTA, 1990).

Paral·lelament es manifesta la arribada d'un nou contingent poblacional, que es mesclarà amb el substrat fenici-ebusità arribat un segle abans. Començà un intens procés d'expansió cap a nous assentaments que els durà a establir-se a nuclis propers a la ciutat o en

assentaments de caràcter rural cap a terres de l'interior. Als anys finals del s. VI BC s'evidencien importants canvis econòmics i socials a la societat púnica-ebusitana. La necròpoli de Puig de Molins, n'és testimoni quan es documenta la introducció del ritual d'inhumació, l'enriquiment dels aixovars funeraris o l'augment de la varietat tipològica d'enterraments. De la mateixa manera, el notori augment del nombre de sepultures testimonia l'impacte demogràfic dels nous pobladors (FERNÁNDEZ, 1983).

A la necròpoli de puig des Molins destacarà la introducció d'un nou tipus de sepultura; els hipogeus. Destaquen tant per la gran quantitat i densitat així com per la seva complexitat estructural. Es tracta de cambres subterrànies excavades a la roca, connectades amb l'exterior per pous verticals. En alguns d'aquests pous s'han documentat sistemes de tancament amb morter i l'existència de monuments exteriors. Les cambres interiors són majoritàriament de planta quadrangular i és on s'hi localitzen els sarcòfags i aixovars funeraris (COSTA & FERNÁNDEZ, 2003).

Cronològicament es comencen a emprar cap al s. V BC —coincidint amb l'apogeu d'Ebusus i el seu esclafit demogràfic—, i es perllonguen fins el s. I a. C. Al llarg d'aquest dilatat període d'ús, seran freqüents les reutilitzacions, ampliacions i modificacions que es produiran fins a època romana.

Al NE de l'illa d'Eivissa a la parròquia de Sant Vicenç de sa Cala, es localitza la cova des Culleram. Es tracta d'una cavitat natural de desenvolupament horitzontal amb una planta interior configurada per diverses estances, resultat d'un important aparell clàstic. Els diversos espais han estat interpretats dins el context ritual de l'indret com un santuari rupestre de estructura tripartita.

L'ocupació prehistòrica de la cova ha quedat demostrada per un discret registre ceràmic atribuïble a un moment indeterminat de l'Edat de Bronze (VIVES, 1917; ALMAGRO GORBEA 1971; RAMÓN, 1985).

El jaciment era conegut a l'àmbit popular per la gran quantitat de materials ceràmics, tot i que la primera aproximació científica es produí a principis del s. XX. Des d'ençà i en el transcurs de diverses campanyes arqueològiques i d'adequació del jaciment, s'han recuperat prop de sis-centes figures de terrissa de caràcter antropomòrfic —en la majoria representacions de la deesa cartaginesa, Tanit— i fragments d'unes mil cinc-centes més. Materials que constitueixen una de les col·leccions més importants de terracotes púniques dels segles III al II BC.

La cova des Culleram es considera un santuari troglodític que entronca amb la tradició fenici-púnica de sacrilitzar determinats espais subterranis posats en relació amb el domini de les divinitats del subsòl. És possible trobar-ne paral·lels a la cova-santuari de Sid-Tanit a Tunísia, a Grotta Regina a Palerm o a la Gorham's cave a Gibraltar (FERNÁNDEZ, 2007). Però el fet que individualitza la cova eivissenca és la gran quantitat de exvots recuperats. Aquestes figures de fang cuit d'uns 10-20 cm s'agrupen en formes acampanades (*Tanits*) i planes (*Deméters*). Són precisament les figures acampanades les que defineixen el jaciment. Es tracta de representacions femenines de terracota de mig cos, tocades amb una espècie de tiara o "*Kalathos*", buides, fetes amb motllos

bivalves, de base acampanada i secció el·líptica i sovint policromades. La seva funció d'exvots, les convertia en representacions destinades a reemplaçar a la deessa com a ofrenes en el culte. És precisament aquest fet el que defineix l'indret com a lloc de culte consagrat a la deessa d'origen oriental *Tanit*. Culte que es testifica per la inscripció desxifrada d'una plaqueta metàl·lica on es manifesta la consagració a la citada divinitat.

Un altre tipus menys nombrós de figures ceràmiques planes interpretades com a deesses gregues *Démeter* i *Koré*; deixen en entredit un possible culte a tals divinitats. Aquestes, d'influència siciliota, s'han pogut documentar a altres jaciments eivissencs com el de puig des Molins (AUBET, 1982).

L'ús de la cavitat com a lloc de culte correspon a la presència púnica i es pot datar el començament dels rituals regularitzats cap al final del s.V BC o inicis del IV BC. L'apogeu del santuari data dels segles III-II BC –com així ho demostren la majoria de materials arqueològics–, i el seu declivi es situaria a finals del s. II BC o primer anys del I BC.

Tot i això les freqüentacions posteriors des de l'abandó del lloc perllonguen el registre del jaciment fins entrat el s. III, període en el que les illes ja es troben de ple en el procés de romanització.

En època històrica, i deixant el món púnic de banda, es pot destacar també l'aprofitament de les coves com a punt de recollida d'aigua. Es tracta d'una estratègia que es remunta als mateixos inicis de la presència humana a les Balears. Ja s'ha comentat, per exemple, com moltes de les ceràmiques prehistòriques recollides a Cabrera semblen tenir aquesta funció. El fet que el depòsit més espectacular d'aquest tipus localitzat fins ara, la font de ses Aiguades (Alcúdia) (GRÀCIA *et al.*, 2001), no inclou material prehistòric és el motiu pel qual aquesta tipologia de cavitats s'ha inclòs a aquest darrer apartat. Els contenidors ceràmics de la font de ses Aiguades no han estat estudiats, però es coneix la presència d'àmfores de diferent cronologia i de gerres islàmiques. Una altra gruta on s'ha documentat aquesta mateixa pràctica és la cova des Drac des Rafal des Porcs (Santanyi).

Finalment s'han d'esmentar les novetats pel que fa a les noves evidències a Mallorca del refugi de musulmans durant la conquesta cristiana de Jaume I (e.g. BERNAT & SERRA, 2001). A més de les dades obtingudes a la cova des Moro (RIERA, 2001), destaca l'excursionista troballa de la cova den Xoroi (Artà), si bé els resultats de l'excavació romanen encara inèdits.

Agraïments

Al Dr. Jaume Coll per les imatges del Coval Simó. Al Dr. Gabriel Pons per les imatges de la cova de Can Martorellet. Al Grup d'Arqueoecologia Social Mediterrània (Universitat Autònoma de Barcelona), i a la Dra. Cristina Rihuete en representació seva, per les imatges de la cova des Càrritx. Al Consell Insular de Menorca, i a Simó Gornés en representació seva, per la cessió de la imatge del dipòsit votiu de la cova des Càrritx.

Bibliografia

- ALBERT, R.M. & PORTILLO, M. (2005): Estudios de los restos vegetales de diversas muestras procedentes del abrigo de Son Gallard-Son Marroig: el resultado de los análisis de fitolitos. *Mayurqa*, 30: 141-151.
- ALCOVER, J.A. (2008): The first Mallorcans: prehistoric colonization in the western Mediterranean. *Journal of World Prehistory*, 21: 19-84.
- ALCOVER, J.A.; TRIAS, M. & ROVIRA, S. (2007). Noves balmes metal·lúrgiques a les muntanyes d'Escorca i de Pollença. *Endins*, 31: 161-178.
- ALMAGRO GORBEA, M^a J. (1971): Excavaciones en la cueva de es Cuyeram (Ibiza). *Noticiario Arqueológico Hispánico* 13-14: 7-35.
- AUBET, M^a E. (1982): *El santuario de Es Cuieram*. Eivissa: Trabajos del Museo Arqueológico de Ibiza, 8.
- BERGADÀ, M.M.; GUERRERO, V.M. & ENSENYAT, J. (2005): Primeras evidencias de estableción en el yacimiento de Son Matge (Serra de Tramuntana, Mallorca) a través del registro sedimentario. *Mayurqa*, 30: 153-180.
- BERGADÀ, M.M. & DE NICOLÁS, J.C. (2005): Aportación de la micro-morfología 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.
- BERNAT, M. & SERRA, J. (2001): "Les coves on los moros estaven": els darrers nuclis de resistència dels vençuts (1230-1242). *Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana*, 57: 29-48.
- CALVO, M.; GARCIA, 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*. Palma: Universitat de les Illes Balears: 401-416.
- CALVO, M.; GARCIA, J.; IGLESIAS, M.A. & JUNCOSA, E. (2006): La necrópolis del Bronce Antiguo de Can Vairet / Son Ferrer (Calvià, Mallorca). *Mayurqa*, 31: 57-82.
- CALVO, M.; GUERRERO, V.M. & SALVÀ, B. (2001): *La cova des Moro (Manacor, Mallorca). Campanyes d'excavacions arqueològiques 1995-1998*. Palma: Consell de Mallorca, Departament de Cultura i Joventut, Col·lecció Quaderns de Patrimoni Cultural, 4.
- COLL, J. (1993): Aproximación a la arqueología funeraria de las culturas iniciales de la prehistoria de Mallorca. *Pyrenae*, 24: 93-114.
- COLL, J. (1995): Aproximación a la sistematización y cronología de las estructuras funerarias de la cultura talaiótica en Mallorca. In WALDREN, W.H.; ENSENYAT, J.A. & KENNARD, R.C. (eds.), *Ritual, Rites and Religion in Prehistory*. IIIrd Deya International Conference of Prehistory. Oxford: BAR International Series, 611: 296-310.
- COLL, J. (2001): Primeres datacions absolutes del jaciment de coval Simó. *Endins*, 24: 161-168.
- COLL, J. (2010): Memòria preliminar de les d'excavacions arqueològiques del coval Simó (Escorca). Resultats generals (2008). In TUGORES, F.; LOZANO, A. & ANDREU, C. (ed.), *Memòria del Patrimoni Cultural. MPC08*. Palma: Departament de Cultura i Patrimoni, Consell de Mallorca (Edició en DVD).
- COSTA, B. & FERNÁNDEZ, H. J. (1992): Les illes pitiüses de la Prehistòria a la fi de l'època Púnica. *Jornades d'Estudis Històrics locals* (10^a. 1991. Palma de Mallorca): *La Prehistòria de les illes de la Mediterrània occidental*. Homenatge a G. Rosselló Bordoy. Palma: 277-355.
- COSTA, B. & FERNÁNDEZ, H. J. (2003): *El puig de Molins (Eivissa), un siglo de investigaciones*. Eivissa: Miscelánea de arqueología ebusitana II. Treballs del Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera, 52.
- ENSENYAT, B. (1969): Aportación al conocimiento de los primitivos pobladores de Mallorca. In *X Congreso Nacional de Arqueología (Mahón, 1967)*. Zaragoza: Secretaría General de los Congresos Arqueológicos Nacionales: 67-74.
- ENSENYAT, B. (1971): Historia primitiva de Mallorca. In MASCARÓ, J. (dir.): *Historia de Mallorca*. Palma: 289-352.
- FERNÁNDEZ, J.H. (1983): *Guia del Museo monográfico del Puig de Molins*. Eivissa: Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera.
- FERNÁNDEZ, J.H. (coord.) (2007): *Es Culleram. 100 anys*. Eivissa: Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera.
- FONT, B. (1978): Mallorca protohistòrica. In MASCARÓ, J. (coord.), *Historia de Mallorca, Tomo I*. Palma: Vicente Colom Rosselló Editor: 353-416.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1994): Coves del Drac. In FERNÁNDEZ RUBIO, R., *Mundo subterráneo*. Madrid: Enresa: 74-80.

- FULLOLA, J.M.; GUERRERO, V.M.; PETIT, M.A.; CALVO, M.; MALGOSA, A.; ARMENTANO, N.; ARNAU, P.; CHO, S.; ESTEVE, X.; FADRIQUE, T.; GALTÉS, I.; GARCIA, E.; FORNÉS, J.; JORDANA, X.; PEDRO, M.; RIERA, J.; SINTES, E. & ZUBILLAGA, M. (2008): La Cova des Pas (Ferrerries, Menorca): un jaciment cabdal en la prehistòria de les Balears. *Unicum*, 7: 10-20.
- GÓMEZ BELLARD, C. & COSTA, B. (1990): La colonización fenicia de la isla de Ibiza. *Excavaciones arqueológicas en España*, 157: 203-209.
- GÓMEZ, J.L. (2001): Estudi antropològic del monument núm. 2 de Bini ai Nou. Maó – Menorca. In PLANTALAMOR, L. & MARQUÉS, J. (coord.), *Bini ai Nou. El megalitisme mediterrani a Menorca*. Maó: Treballs del Museu de Menorca, 24: 141-153.
- GÓMEZ, J.L. (2005): Estudio de los restos humanos hallados en la Cova de Rotana (Manacor, Mallorca). *Mayurqa*, 30: 341-358.
- GÓMEZ, J.L. & RUBINOS, A. (2005): Informe de la datación del material óseo procedente de dos yacimientos prehistóricos mallorquines. *Mayurqa*, 30: 359-367.
- GORNÉS, S.; GUAL, J.M. & GÓMEZ, J.L. (2006): Avanç dels contextos arqueològics i de la cronologia absoluta de l'hipogeu XXI de Calascoves. *Mayurqa*, 31: 165-181.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GRÀCIA, P.; MERINO, A.; VEGA, P. & MULLET, G. (2001): Notícia preliminar del jaciment arqueològic de la font de ses Aiguades (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 24: 59-73.
- GRÀCIA, F.; JAUME, D.; RAMIS, D.; FORNÓS, J.J.; BOVER, P.; VADSELL, M.; CLAMOR, B. & GUAL, M.A. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La cova Genovesa o cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- GUERRERO, V.M. (dir.) (2004): *Volum I. De la Prehistòria i l'Antiguitat al Món Clàssic*. In BELENGUER, E. (dir.) (2004): *Història de les Illes Balears*. Barcelona: Edicions 62.
- GUERRERO, V.M. & CALVO, M. (2008): Resolviendo incertidumbres. Nuevos datos sobre las primeras ocupaciones humanas de las Baleares. In HERNÁNDEZ, M.; SOLER, J.A. & LÓPEZ, J.A. (eds.), *Actas del IV Congreso del Neolítico Peninsular (Alicante, 27 al 30 noviembre 2006). Tomo II*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante: 331-339.
- HERNÁNDEZ, J.H. (coord.) (2007): *Es Culleram. 100 anys*. Eivissa: Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera.
- JUAN, G. & PLANTALAMOR, L. (1996): *Les coves 11 i 12 de Cala Morell (Ciutadella-Menorca)*. Maó: Treballs del Museu de Menorca, 16.
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE, C. & RISCH, R. (1999): *La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol. Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca*. Barcelona: Consell Insular de Menorca.
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE, C. & RISCH, R. (2001): *La prehistòria de les Illes Balears i el jaciment de Son Fornés (Montuiri, Mallorca)*. Montuiri: Fundació Son Fornés.
- MARLASCA, R. (2008): Ictiofaunas de la cova des Riuets (La Mola, Formentera, Balears). In BÉAREZ, P.; GROUARD, S. & CLAVEL, B. (ed.), *Archéologie du poisson. 30 ans d'archéo-ichtyologie au CNRS. Hommage aux travaux de Jean Desse et Nathalie Desse-Berset, XXVIII^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes / XIV^e ICAZ Fish remains working group meeting*, 341-46. Antibes: Éditions APDCA.
- MARLASCA, R. (2010): El consumo de moluscos marinos por los primeros pobladores de las Pitiusas. In *I Reunión Científica de Arqueomalacología de la Península Ibérica. León, 20-21 de mayo de 2010*. Férvedes, 6: 9-15. Lugo: Museo de Prehistoria e Arqueología de Vilalba.
- MICÓ, R. (2005): Towards a definition of politico-ideological practices in the prehistory of Minorca (the Balearic islands). The wooden carvings from Mussol Cave. *Journal of Social Archaeology*, 5: 276-299.
- PÉREZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, E. & TURBÓN, D. (1999): Anàlisi de oligoelements sobre restes humans de la Cova des Càrritx. In LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE, C. & RISCH, R. (1999): *La Cova des Càrritx y la Cova des Mussol. Ideología y sociedad en la prehistoria de Menorca*. Barcelona: Consell Insular de Menorca: 557-566.
- PICORNELL, L.; SOLÉ, A. & ALLUÉ, E. (2008): Estudi arqueobotànic i tecnològic de les restes de fusta, carbó i fibres vegetals de la Cova des Pas (Ferrerries, Menorca). *Unicum*, 7: 22-25.
- PLANTALAMOR, L. & MARQUÉS, J. (2001): *Bini ai Nou. El megalitisme mediterrani a Menorca*. Maó: Treballs del Museu de Menorca, 24.
- PLANTALAMOR, L.; MARQUÉS, J.; GARCÍA, F. & PUERTAS, A. (2001): *Sant Tomàs (Es Migjorn Gran). L'hipogeu amb façana megalítica*. Maó: Treballs del Museu de Menorca, 28.
- PONS, G. (1999): *Anàlisi espacial del poblament al Pretalaiòtic final i al Talaiòtic I de Mallorca*. Palma: Consell de Mallorca, Col·lecció La Deixa, 2.
- PONS, G. (2009-10): Les pràctiques funeràries a la necròpolis de Can Martorellet. *Mayurqa*, 33: 27-45.
- RAMIS, D. (2006): Estudio faunístico de las fases iniciales de la Prehistoria de Mallorca. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia (Tesi doctoral).
- RAMIS, D.; HAUPTMANN, A. & COLL, J. (2005a): Réduction du mineral de cuivre dans la Préhistoire de Majorque. In AMBERT, P. & VAQUER, J. (dir.), *Colloque International, La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes (Carcassonne, 28-30 Septembre 2002)*. Paris: Société Préhistorique de France: 217-224.
- RAMIS, D.; LÓPEZ-GARÍ, J.M.; MCMINN, M.; MARTÍNEZ, J.A. & QUINTANA, J. (2011): Els mamífers i les aus del jaciment arqueològic de la cova des Riuets (Formentera). Eivissa: Consell Insular d'Eivissa (informe inèdit).
- RAMIS, D.; SANTANDREU, G. & CARRERAS, J. (2005b): Resultats preliminars de l'excavació arqueològica a la cova des Moro entre 1999 i 2002. In *III Jornades d'Estudis Locals de Manacor 2004. Espai, fet urbà i societats (21 i 22 de maig de 2004)*. Manacor: Ajuntament de Manacor: 127-142.
- RAMIS, D.; TRIAS, M.; HAUPTMANN, A. & ALCOVER, J.A. (2005c): Metal·lúrgia prehistòrica del coure a les muntanyes d'Escorca-Pollença (Mallorca). *Endins*, 27: 19-46.
- RAMÓN, J. (1985): *Es Cuieram*, 1981. *Noticario Arqueológico Hispano*, 20: 225-253.
- RIERA, M.M. (2001): Els materials "andalusins" de la cova des Moro (Manacor). In AA.DD., *Manacor, cultura i territori. I jornades d'estudis locals de Manacor (5 i 6 de maig de 2000)*. Manacor: Ajuntament de Manacor: 89-97.
- RIERA, S.; MIRAS, Y. & SERVERA, G. (2008): Anàlisi pol·líniques a la Cova des Pas: l'ús de les plantes en les pràctiques funeràries. *Unicum*, 7: 26-29.
- RIHUETE, C. (2000): Dimensiones bio-arqueológicas de los contextos funerarios. Estudio de los restos humanos de la necrópolis prehistórica de la Cova des Càrritx (Ciutadella, Menorca). Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona (Tesi doctoral).
- ROSSELLÓ-BORDOY, G. (1972): La prehistoria de Mallorca. Rectificaciones y nuevos enfoques al problema. *Mayurqa*, 7, 115-56.
- ROSSELLÓ, G. & FREY, O.H. (1966): *Levantamiento planimétrico de "S'Illo" (San Lorenzo-Mallorca)*. Madrid: Excavaciones Arqueológicas en España, 48.
- SALVA, B.; LLULL, B.; PERELLÓ, L. & ROVIRA, S. (2010): Aproximación a la metalurgia prehistórica de las Baleares: estudio analítico de minerales cupríferos de Menorca. In M.E. Saiz, R. López, M.A. Cano and J.C. Calvo (ed.), *VIII Congreso Ibérico de Arqueometría. Teruel, 19-21 de octubre de 2009*, 183-96. Teruel: Seminario de Arqueología y Etnología Turoense.
- TRIAS, M. (1995): Arqueologia de les coves de Mallorca. In AA.DD., *El carst i les coves de Mallorca*. Palma: Endins, 20/ Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 3: 171-190.
- TRIAS, M.; RAMIS, D.; RIERA, M.; LLOVERA, P.; SALOM, J. & RIERA, M.M. (2009): Noves aportacions al coneixement de la Cabrera prehistòrica (Illes Balears). *Endins*, 33: 125-138.
- VALENZUELA, A.; BONNÍN, M.; BARTOLOMÉ, J.; ALCOVER, J.A. & TRIAS, M. (2010): La cova de sa Tossa Alta (Escorca, Mallorca): una estació prehistòrica remota a la serra de Tramuntana. *Endins*, 34: 19-34.
- VAN STRYDONCK, M.; BOUDIN, M.; GUERRERO, V.M.; CALVO, M.; FULLOLA, J.M. & PETIT, M.A. (2010): The necessity of sample quality assessment in 14C AMS dating: The case of Cova des Pas (Menorca – Spain). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 268: 990-994.
- 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.), *International Symposium. Insular Vertebrate Evolution. The palaeontological approach (September 16-19, 2003, Mallorca)*. Palma: Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 12: 369-376.
- VENY, C. (1968): *Las cuevas sepulcrales del Bronce antiguo de Mallorca*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Biblioteca Praehistorica Hispana IX.
- VENY, C. (1982): *La necrópolis protohistòrica de Cales Coves. Menorca*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Bibliotheca Praehistorica Hispana XX.
- VIVES ESCUDERO, A. (1917): *Estudios de Arqueología Cartaginesa. La Necrópoli de Ibiza*. Madrid.
- WALDREN, W.H. (1982): *Balearic Prehistoric Ecology and Culture. The Excavation of Certain Caves, Rock Shelters and Settlements*. Oxford: BAR International Series 149.

LES COVES TURÍSTIQUES DE LES ILLES BALEARS: ANTECEDENTS I ESTAT DE LA QÜESTIÓ

per Joaquín GINÉS ^{1,2} i Angel GINÉS ^{1,2}

Abstract

Nowadays the Balearic archipelago hosts a total of 8 caves conditioned for tourist visits, 5 of them located in Mallorca whereas the other minor islands (Menorca, Eivissa and Formentera) have only one show cave in each case. Coves d'Artà (Capdepera) and Coves del Drac (Manacor), in Mallorca Island, are the most outstanding caves in terms of beauty and magnificence. Both sites account for a long history of more or less organized visits, from the middle XIXth century till present times. Moreover, another 8 caves exist in the Balearics which have suffered some conditioning works, or even continued tourist visits, but are closed to public now. From the beginning of mass tourism to the Balearic Islands –in the first decades of XXth century– the visit to karst caves became a relevant part of the attractions that are offered to the tourists. Today, this facet of our geological heritage is fully integrated in the tourism tours, being registered figures as high as 1,500,000 annual visitors to the different show caves of the archipelago. It is worth to remark that all the show caves in the Balearic Islands are private properties, fact that decisively affects the kind of management in the tourist caves. This particularity also causes a noticeable lack of interest on environmental problems in the vast majority of the cave owners. On the other hand, and related to the same fact, the cultural or scientific programs linked to the tourist activity in Balearic caves are almost inexistent.

Resum

A les Illes Balears hi ha actualment un total de 8 coves habilitades per a la visita turística, de les quals 5 es troben a Mallorca, mentre que cadascuna de les illes menors (Menorca, Eivissa i Formentera) disposen de tan sols una cavitat explotada turísticament. Les coves més destacables, tant per la seva espectacularitat com per les dimensions, són les Coves d'Artà (Capdepera) i les Coves del Drac (Manacor), situades ambdues en Mallorca; aquestes cavitats compten amb una llarga història de visites organitzades, des de mitjans del segle XIX. Així mateix, existeixen al manco 8 coves més que varen ser condicionades per a la seva visita, encara que no es troben obertes actualment. Des del començament de l'afluència turística a les Balears, durant les primeres dècades del segle XX, la visita de coves càrstiques ha constituït una part rellevant dels atractius oferts al viatger. Avui en dia, aquest vessant del nostre patrimoni geològic està del tot integrat dins els circuits del turisme de masses, arribant a xifres properes als 1.500.000 visitants anuals, per al conjunt de coves turístiques de l'arxipèlag. És important destacar que la totalitat de les coves habilitades per al turisme a les Balears són de titularitat privada, fet que influeix de manera decisiva en el tipus d'explotació turística efectuada, així com en les escasses preocupacions mediambientals de la majoria d'empreses explotadores. A més a més, i com a conseqüència lògica del fet anterior, les iniciatives de caire cultural o científic que van lligades a l'explotació turística de les nostres coves són gairebé inexistent.

Resumen

En las islas Baleares hay actualmente un total de 8 cuevas habilitadas para la visita turística; 5 de ellas están ubicadas en Mallorca, mientras que cada una de las islas menores (Menorca, Eivissa y Formentera) alberga una sola cavidad explotada turísticamente. Las cuevas más destacables, tanto por su espectacularidad como por sus dimensiones, son las Coves d'Artà (Capdepera) y las Coves del Drac (Manacor), situadas ambas en Mallorca; dichas cavidades cuentan con una larga historia de visitas organizadas, desde mediados del siglo XIX. Asimismo, existen al menos 8 cuevas más que fueron acondicionadas para su visita, aunque no se encuentran abiertas en la actualidad. Desde el comienzo de la afluencia turística a las Baleares, en las primeras décadas del siglo XX, la visita de cuevas kársticas ha constituido una parte relevante de los atractivos ofrecidos al viajero. Hoy en día, esta vertiente de nuestro patrimonio geológico está totalmente integrada en los circuitos del turismo de masas, registrándose cifras de visitantes cercanas a las 1.500.000 personas anuales, para el conjunto de cuevas turísticas del archipiélago. Es importante destacar que la totalidad de las cuevas habilitadas para el turismo en las Baleares son de titularidad privada, hecho que influye de forma decisiva en el tipo de explotación turística efectuada y en las escasas preocupaciones de índole medio-ambiental de la mayoría de empresas explotadoras. Además, y como consecuencia lógica de lo anterior, las iniciativas de carácter cultural o científico que van ligadas a la explotación turística de nuestras cuevas son prácticamente inexistentes.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

2 Grup Espeleològic EST. Palma.

Introducció: el fenomen turístic en les Illes Balears

Situats ja en la primera dècada del segle XXI, és un fet inqüestionable el paper clau que ha tingut el turisme en l'estructuració de la realitat socioeconòmica de l'arxipèlag balear i, molt en particular, de l'illa de Mallorca (BENÍTEZ *et al.*, 1994; FORCADES & MARTORELL, 2003). Per tal d'evidenciar la importància que el turisme de masses té al nostre àmbit geogràfic, serà suficient aportar algunes dades que resulten prou clarificadores: l'any 1993 visitaren Mallorca una xifra de turistes que superava els 5 milions de persones, quantitat que avui en dia ultrapassa els 10 milions de turistes per al conjunt de les Illes Balears. Aquesta ingent quantitat de visitants representa sense cap dubte el motor de l'economia de l'arxipèlag, donat que la participació del sector serveis supera el 72% del PIB de les nostres illes (IBAE, 2007).

Les coves càrstiques no han romàs al marge d'aquests fenòmens econòmics; ben al contrari, les relacions que es poden constatar entre les coves naturals i el turisme de masses a les Balears són prou evidents, tal i com es veurà al llarg d'aquestes pàgines. Sobretot en el cas de l'illa de Mallorca, l'aportació de l'endocarst a l'oferta turística inclou dos vessants principals, que ja s'enunciaven a treballs anteriors (GINÉS, 1995, 2007). Per una banda participa d'una forma activa, eixamplant i conformant la gamma d'atractius naturals que les illes posen a disposició del turista. Per altra banda es dona una participació molt més passiva, representada pel fet que la visita a qualcuna de les coves mallorquines ha arribat a quedar integrada en els circuits típics que recorren les grans masses de visitants que arriben a l'illa, gràcies a la seva proximitat a nuclis turístics de sol i platja.

Fent referència al primer aspecte esmentat més a dalt, cal tenir present que tant les Coves d'Artà com les Coves del Drac (ambdues a Mallorca) ja eren conegudes de ben antic. Les seves bel·leses havien estat difoses pels viatgers romàntics de la segona meitat del segle XIX, incidint positivament aquest fet en la fama que assolirà amb posterioritat el medi natural de les nostres illes (GINÉS, 1995). Com a exemple paradigmàtic del viatger erudit de finals del XIX, és necessari referir-se a la figura de l'Arxiduc d'Àustria, Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen. Les seves llargues estades a les Balears, efectuades a partir de l'any 1867, fructificaren en la publicació del gran compendi geogràfic titulat "*Die Balearen in Wort und Bild Geschildert*" (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891). Així mateix, l'Arxiduc patrocinà el viatge a Mallorca del pioner espeleòleg francès Edouard A. Martel, amb la finalitat de procedir a l'exploració detallada de les Coves del Drac, en el municipi de Manacor (GINÉS & GINÉS, 1992). Aquestes exploracions contribuïren de manera notable a conformar el bagatge d'atractius turístics oferts per Mallorca, ja que amb el temps l'esmentada cova s'anirà configurant com a punt de referència obligat per al turisme que viatja a l'illa.

Al llarg de la dècada dels 60 del segle XX, amb l'arribada del turisme de masses, l'explotació turística de les cavitats es va convertir en una de les principals modalitats dins de l'oferta complementària que es posava a disposició del visitant. La seva importància quan-

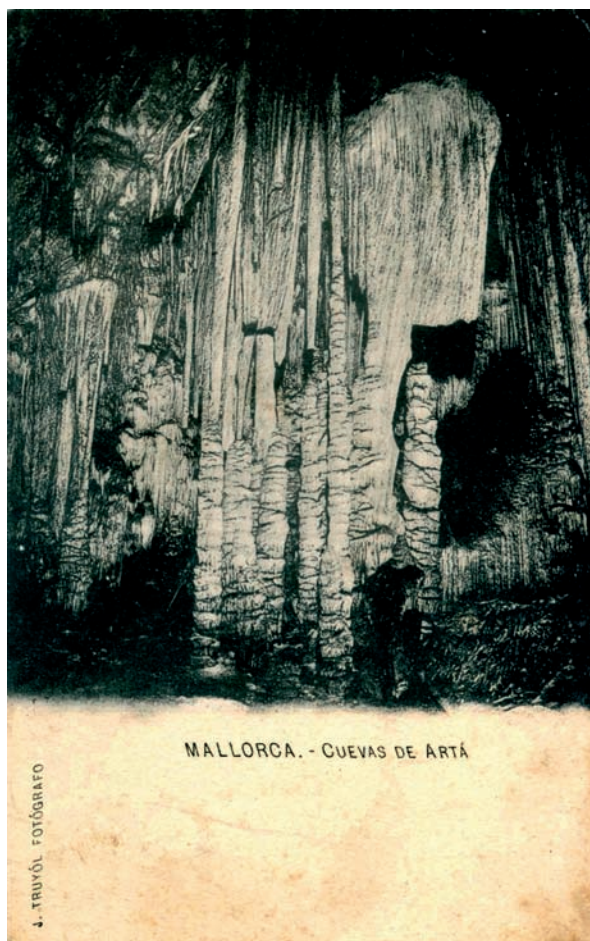


Figura 1: Targeta postal de les Coves d'Artà (Capdepera) pertanyent a una sèrie sobre aquesta cavitat que va circular durant la primera dècada del segle XX.

Figure 1: Postcard from Coves d'Artà (Capdepera) belonging to a series on this cave published during the first decade of XXth century.

titativa és avui en dia molt remarcable donat que, a la gran quantitat d'espeleoturistes potencials que arriben anualment, cal afegir el prestigi internacional assolit per les Coves del Drac, arran de les citades exploracions d'E.A. Martel (GINÉS, 1995, 2007). A tall d'exemple que il·lustra la magnitud d'aquest procés es pot afirmar que una xifra al voltant dels 1,5 milions de turistes, que han triat les nostres illes com a destinació vacacional, visiten cada any alguna de les 8 coves habilitades de les Balears (ROBLEDO & DURÁN, 2010).

Referint-nos ara a la situació actual del fenomen turístic, les xifres recopilades per l'*Institut Balear d'Estadística* (IBAE, 2007) són del tot contundents: la nostra comunitat autònoma registrà l'any 2006 una xifra de pernoctacions en establiments turístics superior als 51 milions, el que representa el 20% de les pernoctacions realitzades al conjunt de l'Estat; les illes ofereixen un total de 423.259 places en allotjaments turístics, el 68% de les quals (286.231 places) se situen a Mallorca; els aeroports de l'arxipèlag registraren el 2006 un volum superior als 29 milions de passatgers, dels quals més de 22 milions (el 76%) corresponen a l'illa de Mallorca. Les dades que s'han exposat sobre el turisme a les Balears

són, per elles mateixes, bastant eloqüents pel que fa al caràcter tal vegada desmesurat i difícilment sostenible que ha assolit el fenomen turístic, en un medi insular i territorialment limitat com el nostre. Per altra banda, ha quedat il·lustrada a bastament la gran rellevància assolida per l'endocarst, com a part integrant de l'oferta turística complementària de les Illes Balears.

Les coves visitades amb anterioritat al turisme de masses

Les cavernes de l'illa de Mallorca posseeixen una llarga tradició d'habilitacions per tal de facilitar la visita a curiosos i turistes; en aquest sentit, les Coves d'Artà i les Coves del Drac rivalitzen per les posicions pioneres dins de l'àmbit de les coves turístiques mallorquines (Taula I). La primera d'elles compta amb el prestigi i la bellesa que descriuen nombroses cites d'erudits i viatgers del segle XIX. La segona, era considerada de menor importància per aquells que la varen visitar en la segona meitat del segle XIX, emperò es va veure beneficiada pels descobriments fets per E.A. Martel l'any 1896, especialment els espectaculars llacs subterranis que va explorar.

Pel que fa a les Coves d'Artà (Capdepera), encara que existeixen referències sobre aquesta cavitat que es remunten als segles XVII i XVIII, les exploracions més antigues documentades pareix ser que daten del 1806 (GARAU, 2005; VALERO, 2001); essent, per altra banda, l'obra de CABRER (1840) la primera descripció detallada d'aquesta important localitat. L'any 1862 té lloc el primer aixecament topogràfic de la cova, realitzat per l'escriptor i erudit mallorquí Pere d'Alcàntara Penya. Durant la segona meitat del segle XIX, aquesta caverna és recorreguda per nombrosos viatgers espanyols i europeus, com es posa de manifest a l'exhaustiva revisió dels seus aspectes històrics realitzada per GINÉS (1993).

Les obres de condicionament de les Coves d'Artà començaren durant el segle XIX, destacant per la seva espectacularitat la construcció d'una gran escala d'accés de pedra seca, realitzada amb motiu de la visita que la reina Isabel II havia d'efectuar l'any 1860. L'inici de les visites massives va lligat al naixement a Mallorca del turisme com a fenomen de certa importància econòmica, fet que ocorregué a principis del XX (Figura 1). Així, el 1912 s'edita ja un plànol-guia de la cova, en el qual es pot constatar que el preu de la visita era al voltant de 1,5 pessetes per persona. No obstant això, hi ha també constància de visites organitzades anteriors, que se succeïren des de les darreres dècades del segle XIX (GARAU, 2005). L'explotació turística es perllonga fins als nostres dies, essent aquesta la cova mallorquina que gaudeix d'una més dilatada tradició pel que fa al seu aprofitament amb finalitats recreatives.

La primera incursió documentada a les Coves del Drac data de 1878, realitzant-se tan sols dos anys després un aixecament topogràfic elaborat per F. Will (MADER, 2005), que apareix publicat a l'esplèndida obra de GAY & CHAMPSAUR (1885) i a l'obra del propi Arxiduc (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891). La cova és visitada freqüentment, durant el segle XIX, per viatgers i erudits de variada procedència (VALERO, 2001), entre els que destaca l'Arxiduc d'Àustria, al qual s'ha fet referència amb anterioritat. Aquest remarcable personatge patrocinà la visita a Mallorca, l'any 1896, de l'explorador francès Edouard A. Martel. Les exploracions d'aquest pioner de l'espeleologia es materialitzaren en el descobriment de sales notables, situades més enllà d'un gran llac subterrani de 125 m de longitud (MARTEL, 1896). Encara que les incursions organitzades a la cavitat es produeixen fins i tot abans de 1898 (data en que es publica un opuscle, consistent en la primera traducció al castellà del treball original de Martel), és al llarg de les primeres dècades del segle passat quan es procedeix a l'habilitació de les noves sales descobertes poc temps enrere. D'aquesta manera, pareix que és al voltant de 1922 el moment en el que s'inicien les visites

	<i>nom de la cavitat</i>	<i>municipi</i>	<i>context geològic</i>	<i>recorregut horitzontal</i>	<i>primeres exploracions documentades</i>	<i>primeres obres d'habilitació</i>	<i>començament de les visites turístiques</i>
Mallorca	Coves d'Artà	Capdepera	Mesozoic	650 m.	1806	segona meitat segle XIX	~ 1880
	Coves del Drac	Manacor	Miocè superior	2.500 m.	1878	final segle XIX	~ 1898
	Coves dels Hams	Manacor	Miocè superior	700 m.	1905	1907	~ 1910
	Coves de Gènova	Palma	Mesozoic	200 m.	1906	1932	1945
	Coves de Campanet	Campanet	Mesozoic	400 m.	1945	1946	1948
Menorca	Cova d'en Xoroi ⁽¹⁾	Alaior	Miocè superior	200 m.	~ 1950	~ 1960	1964
Eivissa	Cova de Can Marçà	Sant Joan	Mesozoic	400 m.	1963	1978	1980
Formentera	Cova d'en Jeroni	Sant Francesc	Miocè superior	75 m.	1975	1976	1977

⁽¹⁾ bar-discoteca

Taula I: Algunes dades geogràfiques i històriques sobre les coves turístiques de les Balears que es troben actualment en explotació.

Table I: Some geographical and historical data about the show caves of the Balearic Islands that are nowadays open to the public.



Figura 2: Portada d'una de les edicions, realitzades en diverses llengües, de la monografia de E.A. Martel sobre les Coves del Drac (Manacor). Aquests materials varen estar a disposició dels turistes, en nombroses reedicions fetes durant la primera meitat del segle XX. La present edició correspon a 1932 i compta amb un comentari de presentació del Sr. Niceto Alcalá Zamora, president de la II República Espanyola; la il·lustració de la portada és del pintor vienès Erwin Hubert.

Figure 2: Cover of a booklet reproducing the monograph by E.A. Martel about Coves del Drac (Manacor). These booklets were available to the tourists by means of multiple editions, in different languages, published during the first half of XXth century. The edition depicted in the picture was printed in 1932, including a foreword comment written by D. Niceto Alcalá Zamora, President of the 2nd Spanish Republic; the illustration in the cover was performed by Erwin Hubert, artist from Vienna.

més o manco massives a la caverna (GINÉS & GINÉS, 1992). Aquesta data coincideix amb la primera versió d'un llibret-guia –que comptà amb nombroses reedicions posteriors en diversos idiomes– el qual reproduïx així mateix el treball monogràfic publicat prèviament per E.A. Martel (Figura 2).

Ja dins el segle XX, l'exploració sistemàtica de les Coves dels Hams (Manacor) va tenir lloc l'any 1905, realitzant-se amb posterioritat diverses obres d'habilitació com per exemple l'obertura de l'entrada actual efectuada, segons sembla, cinc anys més tard. L'any 1907, per tal de facilitar les futures visites organitzades a la cavitat (Figura 3), es va començar la instal·lació de l'enllumenat elèctric (VIDAL-ISERN, 1946) que era alimentat per un petit generador mogut per un salt d'aigua. Fou visitada en 1911 pel naturalista francès Jacques Maheu, qui va

publicar la descripció i la primera topografia de la cova (MAHEU, 1912); una topografia molt més detallada i precisa apareix inclosa en l'obra de FAURA Y SANS (1926), la qual inclou així mateix la descripció i topografia de les altres localitats clàssiques de l'illa (Coves d'Artà i Coves del Drac).

Cal fer referència, en aquest context, al paper desenvolupat pel *Foment del Turisme de Mallorca* pel que fa a la promoció del turisme subterrani a l'illa durant la primera meitat del segle XX. Aquesta entitat fou constituïda l'any 1905, comptant entre els seus vocals (a partir de l'any 1927) amb la persona d'en Joan Servera Camps, qui fou batlle de Manacor i esdevingué propietari de les Coves del Drac l'any 1921 (VIVES, 2005). Aquest polític i promotor turístic impulsà obres públiques per tal de facilitar l'accessibilitat a les coves de la costa oriental de Mallorca (Coves del Drac, Coves del Pirata, Coves dels Hams i Coves d'Artà), de tal manera que abans de la Guerra Civil Espanyola s'organitzaven ja des del propi *Foment* excursions a les coves que incloïen el transport i la seva visita (VIVES, 2005).

Algunes coves habilitades no visitables actualment

Existeixen a les Balears al manco 8 coves que han experimentat qualcun tipus d'habilitació per tal de facilitar la seva visita, però que actualment han quedat al marge del fenomen turístic i per tant no són ja objecte d'explotació econòmica. La Taula II recull les cavitats de l'arxipèlag en les quals es donen aquestes circumstàncies, indicant la cronologia aproximada de la seva habilitació i/o explotació així com algunes observacions sobre el seu aprofitament amb finalitats recreatives.

Remuntant-nos de bell nou als finals del segle XIX, és necessari consignar dues importants cavitats que sofriren alguns tímids intents d'utilització turística. És el cas del condicionament, inaugurat el 1897 (Figura 4), del sistema espeleològic Coves del Pirata – Cova des Pont (Manacor), efectuat amb motiu de l'*Exposició Agrícola y Feries y Fiestas de Manacor*, corresponents a aquell any (ESTELRICH, 1897). Aquestes destacables cavitats (molt properes entre si) varen atreure quantitats gens menyspreables de visitants durant les primeres dècades del segle XX (MARTEL, 1903), arribant fins i tot a ser editades targetes postals que mostren vistes d'algunes de les seves sales (Figura 5). La puixança de les veïnes Coves del Drac i Coves dels Hams, situades ambdues molt a prop del nucli costaner de Portocristo, va determinar el cessament de les incursions organitzades a aquestes cavitats, les quals romanen actualment tancades al públic.

No hi ha cap dubte que al llarg del primer terç del segle XX es va viure una mena de "febre" relacionada amb l'habilitació de les coves càrstiques de Mallorca. De fet, és en aquest període quan comença l'explotació intensiva de les dues grans coves properes a la població costanera de Portocristo (Coves del Drac i Coves dels Hams) i, un poc més tard, té lloc l'adaptació per a la

visita turística de la Cova dels Estudiants, a Sóller, i de les Coves del Pilar, a Palma (VICENS *et al.*, 2005), en les quals es varen construir escales i caminóis i es va instal·lar il·luminació elèctrica poc abans de la Guerra Civil Espanyola. Aquestes cavitats no arribaren a incorporar-se a la dinàmica de l'expansió del fenomen turístic a la nostra illa, i no es troben ara obertes al públic. En aquesta època comencen, així mateix, els treballs de condicionament de les Coves de Gènova (descobertes a la rodalia de Palma, el 1906), l'explotació de la qual es perllongarà fins al moment present. Probablement, les obres efectuades per accedir i recórrer la Cova Tançada (Alcúdia) tinguin aquesta mateixa cronologia, encara que es desconeixen dades precises al respecte.

De les feines d'habilitació de la Cova de ses Mervelles (Bunyola) també desconeixem dates concretes, per bé que probablement es remunten a les darreries del XIX ja que aquesta cavitat fou visitada per l'Arxiduc en ocupar-se de la possessió i terres de Coma-Sema. Hi ha constància de visites informals però remunerades a aquesta cova durant el segon terç del segle XX (VALL-CANERAS & ESTEBAN, 2010).

El cas de l'Avenc de Son Pou (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1952), al municipi de Santa Maria del Camí, és molt diferent. L'any 1894 s'obre un túnel artificial que permet accedir a l'interior de la caverna, el qual fou perforat per a l'extracció dels excrements de colom que s'acumulaven al fons d'aquest espectacular avenc d'esfondrament. D'aleshores ençà, la cavitat és visitada amb freqüència (VALERO, 2001), organitzant-se endemés diverses trobades literàries a la sala principal, fins ben avançats els anys 70 del passat segle. A més a més del túnel d'accés, aquest gran avenc compta en el seu interior amb alguns caminóis i escales construïts per tal de facilitar el recorregut, emperò en cap moment ha disposat d'il·luminació elèctrica. Sobretot durant la segona meitat del segle XX la cavitat ha estat objecte de visites amb certa regularitat (en particular els caps de setmana) prèvia remuneració a l'encarregat de la possessió, qui feia les tasques de guia. Les visites informals

a l'Avenc de Son Pou han estat interrompudes durant alguns anys, i s'han reprès de bell nou en dates recents.

A l'illa de Menorca, cal citar el cas de la Cova de s'Aigo, a prop de Cala Blanca (Ciutadella), que fou condicionada devers els anys 60 del passat segle, després d'haver estat explorada detingudament uns anys abans (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1951) i coincidint amb l'inici del turisme massiu a l'illa. Les coves de Cala Blanca eren ja molt conegudes a finals del segle XIX, i fins i tot abans (LINDEMANN, 1786), apareixent citades a l'obra de PUIG Y LARRAZ (1896) i descrites amb detall per l'Arxiduc (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891). La Cova de s'Aigo arribà a comptar amb il·luminació elèctrica, i fins i tot es va editar alguna postal de la mateixa. Les visites a aquesta cavitat en cap moment varen ser continuades i, pel que sembla, es limitaren als anys 1960-1970.

Finalment, la Cova Santa (Sant Josep de sa Talaia) fou l'única cavitat oberta al públic a l'illa d'Eivissa durant bona part de la segona meitat del segle XX (THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS, 1953), encara que ja era coneguda amb anterioritat i apareixia citada a l'obra de PUIG Y LARRAZ (1896). Fa algunes dècades cessaren les seves visites turístiques, dedicant-se ara el seu entorn a activitats de restaurant nocturn i show d'strip-tease.

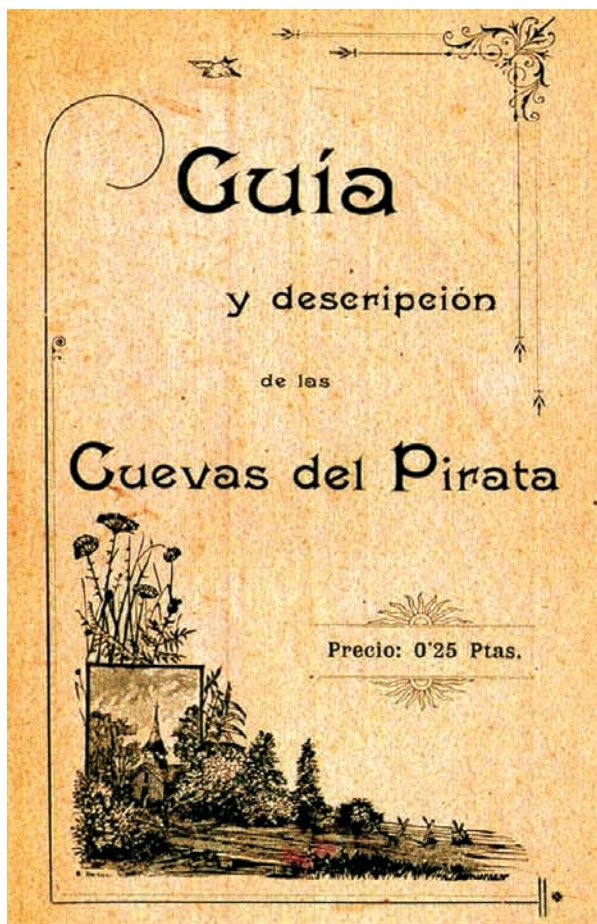
Les coves turístiques actuals

Avui en dia són 8 les coves explotades amb finalitats turístiques a les Balears (Taula I). La gran majoria d'elles (5 cavitats) es troben situades a l'illa de Mallorca, mentre que la resta es reparteix a raó d'una localitat a cadascuna de les illes menors (Menorca, Eivissa i Formentera). Amb les dades exposades als apartats precedents, s'ha pogut constatar que l'explotació turística de coves càrstiques és, en el cas de Mallorca, un fenomen que arrenca

Figura 3: Targeta postal corresponent als començaments de l'explotació turística de les Coves dels Hams (aprox. 1920), en la qual es pot veure l'establiment hotel·ler –encara existent, però totalment reformat– que s'estava construint en les immediacions de la cavitat.

Figure 3: Postcard published in the beginning of the tourist exploitation of Coves dels Hams (approx. 1920), where the hotel built in that time –that exists today although totally reformed– can be observed.





clarament amb anterioritat al “boom” turístic, remuntant-se fins i tot a finals del XIX (GINÉS, 1995, 2007). Per altra banda, tant a Menorca com a les Pitiüses (Eivissa i Formentera) es tracta d'un procés molt més recent, que cronològicament es pot situar a la segona meitat del XX, en concret a partir de la dècada dels 60 i 70.

MALLORCA: LES COVES CLÀSSIQUES DE LA COSTA ORIENTAL

En el cas de Mallorca, ja s'ha comentat prèviament que l'inici de l'ús turístic de les seves coves es remunta majoritàriament a finals del segle XIX i principis del XX. Aquesta afirmació és del tot correcta pel que fa a la trilogia de coves “clàssiques” de l'illa, constituïda per les Coves d'Artà, Coves del Drac i Coves dels Hams. Sense cap dubte, la primera d'elles és la que gaudeix de més tradició des del punt de vista històric, encara que la segona s'ha anat col·locant en la posició capdavantera quant al nombre de visitants (GINÉS, 1995, 2007).

A més de la seva rellevància com a fenomen turístic i econòmic, les **Coves del Drac** (Manacor) se situen entre les més extenses de l'illa, amb un recorregut aproximat de 2.400 m (GRÀCIA *et al.*, 2009), tractant-se d'un exemple paradigmàtic de l'endocarst desenvolupat en els materials calcarenítics del Miocè superior. A la bellesa i espectacularitat de les seves grans sales s'afegeix l'al·licient que suposen els abundants llacs d'aigües salabroses, en particular el gran Llac Miramar (amb més de 2.000 m² de superfície), també denominat Llac Martel en honor al seu primer explorador. En aquest llac s'ha ofert als visitants, des dels inicis de l'explotació turística de la cova, l'atractiu addicional d'un petit concert que s'efectua des d'una embarcació que navega per l'esmentat llac. Sembla que és cap a 1922 quan s'inicien les visites massives a la cova, la qual és dotada d'il·luminació elèctrica l'any 1934 per part de l'enginyer català Carles Buïgas. La caverna consisteix en un vast conjunt d'àmplies sales, on els blocs rocosos produïts pels reajustaments de les voltes de la cavitat es troben coberts per una exuberant decoració d'espeleotemes. Compta amb una entrada artificial i una altra obertura natural, que és usada com a sortida del recorregut turístic (Figura 6). Malgrat que MARTEL (1896) considerava erròniament les Coves del Drac com una cova d'abrasió marina, la seva gènesi està relacionada amb la dissolució càrstica en un règim freàtic litoral, controlat en tot moment pel nivell marí (GINÉS & GINÉS, 1992). Actualment sembla que acull al voltant d'1.000.000 de visitants anuals (ROBLEDO & DURÁN, 2010), xifra que situa les

Figura 4: Coberta exterior (a dalt) i portada interior (a baix) de l'opuscle editat amb motiu de la inauguració del condicionament de les Coves del Pirata, que tingué lloc durant l'*Exposición Agrícola y Fiestas y Fiestas de Manacor* celebrades l'any 1897. Cortesia de Manuel J. González Ríos (Centro de Documentación y Museo de la Espeleología).

Figure 4: Outer cover (above) and inner title page (below) of the booklet published for the inauguration of the conditioning works in Coves del Pirata, happened in 1897 during the agricultural exhibitions and fairs of Manacor village. Courtesy of Manuel J. González Ríos (Centro de Documentación y Museo de la Espeleología).

	<i>nom de la cavitat</i>	<i>municipi</i>	<i>cronologia aproximada de les visites</i>	<i>observacions</i>
Mallorca	Coves del Pirata - Cova des Pont	Manacor	1897 - 1920	- condicionament inaugurat a finals del XIX - no arribà a tenir il·luminació elèctrica - es varen editar targetes postals d'ambdues coves
	Cova dels Estudiants	Sóller	~ 1930 (abans de la Guerra Civil)	- obres de condicionament consistents en camins, escales i il·luminació elèctrica - anuncis en la premsa local
	Coves del Pilar	Palma	~ 1934	- obres de condicionament consistents en camins, escales i il·luminació elèctrica - anuncis en la premsa local
	Avenc de Son Pou	Santa Maria del Camí	tot el segle XX	- túnel d'accés perforat el 1894 - diverses trobades literàries fins a 1973 - visites interrompudes durant alguns anys
	Cova de ses Meravelles	Bunyola	1934 - 1951	- camins i escales a l'interior de la cova - visites remunerades en grups petits - no va tenir il·luminació elèctrica
	Cova Tancada	Alcúdia	–	- camí esglaonat d'accés - camins i escales a l'interior de la cova - es desconeixen dades sobre la cronologia de les obres i de les possibles visites
Menorca	Cova de s'Aigo	Ciutadella	1960 - 1970	- obres de condicionament (camins etc.) i il·luminació elèctrica - visites esporàdiques per grups petits - es varen editar targetes postals
Eivissa	Cova Santa	Sant Josep	1960 - 1980	- visites turístiques convencionals durant el període que s'indica - actualment es dedica a activitats de restaurant i show de strip-tease

Taula II: Dades sobre altres coves habilitades per a la seva visita en les Balears, però que en l'actualitat han quedat totalment al marge del fenomen turístic.

Table II: Data on caves that were conditioned in the past in order to be visited, but today are not exploited for tourism.

Coves del Drac entre les cavitats turístiques més importants a nivell mundial, essent amb tota seguretat la més visitada de l'Estat Espanyol (COLÓN, 1998; RIVAS *et al.*, 2004).

Pel que fa a les **Coves d'Artà** (Capdepera) ja hem vist que constitueix la "degana" de les coves turístiques de Mallorca, amb una llarga llista de visites per part de viatgers europeus durant la segona meitat del XIX. A tall d'exemple esmentarem, entre d'altres, la visita el 1865 del naturalista alemany H.A. Pagenstecher que vingué a Mallorca acompanyat pel prestigiós químic, compatriota seu, R.W. Bunsen (PAGENSTECHEER, 1867). Des del punt de vista espeleològic, la cavitat presenta un recorregut proper als 650 m. Compta amb àmplies sales ben adornades per tot tipus d'espeleotemes; algunes estalagmites i columnes són molt espectaculars, ja que arriben gairebé als 20 m d'alçada. També és destacable l'abundància d'espeleotemes en forma de discs, alguns d'ells de notables dimensions. La cova està enclavada en calcàries plegades del Juràssic, i la seva gènesi es troba relacionada amb l'evolució en condicions vadoses, d'una antiga xarxa de conductes freàtics assentats sobre importants fractures. Cal destacar la presència de vistosos espeleotemes freàtics, relacionats amb nivells alts assolits per la mar Mediterrània durant el Pleistocè mitjà. La bibliografia descriptiva i històrica que fa referència a la cova és molt abundant (GINÉS, 1993); algunes publicacions destacables estan representades per les obres de GAY & CHAMPSAUR (1885) i FAURA

Y SANS (1926), que inclouen descripcions i topografies tant de la caverna que ens ocupa com de les altres coves turístiques existents aleshores. Segons ROBLEDO & DURÁN (2010) rep a l'any una xifra propera als 100.000 turistes.

Les **Coves dels Hams** (Manacor), pel fet d'estar situades a prop de la població costanera de Portocristo, s'han beneficiat de manera indirecta de la fama i del flux de visitants atrets per les veïnes Coves del Drac. El seu descobriment i exploració se situa als començaments del XX, essent les primeres coves de l'illa que comptaren amb il·luminació elèctrica (devers l'any 1912) i amb altres infraestructures turístiques com per exemple un hotel (Figura 3). Es tracta d'una successió de sales no gaire àmplies, les quals totalitzen un recorregut proper als 700 metres. Té dos accessos: un és el gran esfondrament que constitueix l'entrada natural de la cova, mentre que l'altre accés va ser eixamplat artificialment i és utilitzat ara com a sortida de la visita turística (vegeu la topografia a FAURA Y SANS, 1926). Conté una abundant decoració d'espeleotemes (Figura 7), entre els que destaquen algunes agrupacions d'estalactites excèntriques que donen nom a la cova. La morfologia general és similar a la d'altres cavitats de les rodalies –com les Coves del Drac–, presentant també llacs d'aigües salabroses que ocupen les cotes inferiors de les seves sales. Amb una quantia de visitants al voltant dels 300.000 (ROBLEDO & DURÁN, 2010), és la segona cavitat balear pel que fa al nombre de turistes.

MALLORCA: LES COVES DE LA SERRA DE TRAMUNTANA

A les cavitats “clàssiques” mallorquines es varen afegir, a mitjans del segle XX, dues coves turístiques que romanen avui en dia en explotació, situades al peu de les zones muntanyoses de la Serra de Tramuntana. Ambdues localitats estan excavades en materials calcaris plegats del Mesozoic.

Per una banda, les **Coves de Gènova** (Palma) foren descobertes de forma accidental el 1906, emperò obertes al públic bastants anys després, concretament el 1945. És una cavitat de dimensions reduïdes, que tot just arriba als 200 metres de recorregut. Consta d'un conjunt de petites sales, on predominen les morfologies d'esfondrament de les voltes, bastant emmascarades per variats espeleotemes; entre aquests, cal esmentar les concrecions d'aspecte coral·loide que es desenvolupen amb relativa abundància sobre colades i estalagmites. Es tracta de la cavitat turística més modesta de Mallorca, amb una xifra de visitants anuals de l'ordre de tan sols 10.000 persones (GINÉS, 1995).

Per altra banda, les **Coves de Campanet** (en el municipi homònim) són les que s'han incorporat en data més recent al turisme de masses a Mallorca: el

seu descobriment va tenir lloc el 1945, essent obertes al públic el 1948 (VIVES, 1996). Fou explorada el 1946 per espeleòlegs catalans, els quals publicaren un treball monogràfic que inclou la topografia de la cova (LLOPIS-LLADÓ & THOMAS-CASAJUANA, 1948). Durant els treballs de desobstrucció de l'orifici natural d'accés es va trobar un important jaciment paleontològic –d'edat atribuïble al Pleistocè superior– que aportà abundants materials ossis del bòvid endèmic *Myotragus balearicus*. El seu abast espeleomètric és modest, assolint tan sols una magnitud propera als 400 m. Està formada per una successió de sales amb abundant ornamentació estalagmítica, que recobreix els blocs rocosos despresos de les voltes; són destacables alguns conjunts d'estalactites fistuloses de bona llargada. Acull un tipus de visitant que és atret pel caràcter no gaire massificat i l'oferta de turisme d'interior, amb certs components culturals, que efectua la propietat (Figura 8); el nombre de visitants oscil·la entorn de les 30.000 persones a l'any.

MENORCA

En aquesta illa, la **Cova d'en Xoroi** (Alaior) és l'única localitat endocàrstica susceptible de ser visitada, per bé que no es tracta d'una explotació turística del tot convencional. Aquesta cova s'obre als penya-segats propers al nucli costaner de Cala en Porter (MURILLO, 1963), i està condicionada com a bar-discoteca que a les nits funciona com a local musical, encara que també és possible la seva visita en horari diürn. Malgrat que és molt difícil avaluar el nombre de visitants, ROBLEDO & DURÁN (2010) parlen d'una xifra de 100.000 persones anuals.

PITIÜSES

L'illa d'Eivissa compta amb la **Cova de Can Marçà** (Sant Joan de Labritja), que de fet és la caverna de les Balears habilitada en data més recent: les tasques de condicionament començaren el 1978 i dos anys després fou oberta a la visita turística. Actualment, acull una quantitat aproximada de 60.000 visitants a l'any (GINÉS, 2007; ROBLEDO & DURÁN, 2010). És aquesta una cavitat de topografia complexa, i proveïda d'una escassa decoració d'espeleotemes, en la qual s'han introduït elements hídrics artificials (cascades i gours amb llums de colors) de molt dubtós valor estètic.

Finalment, a Formentera ens trobem amb la cova visitable més modesta de l'arxipèlag, la **Cova d'en Jeroni**, situada a prop del nucli de població de Sant Ferran (BRISON, 2002). És una cavitat certament molt reduïda (menys d'un centenar de metres de desenvolupament) que fou descoberta l'any 1975 en perforar un pou. Des de 1977 és factible visitar-la, comptant amb il·luminació elèctrica i demés instal·lacions per a facilitar el recorregut. Tan sols és explotada durant els mesos d'estiu, tractant-se de visites remunerades però informals que cal acordar amb el propietari.

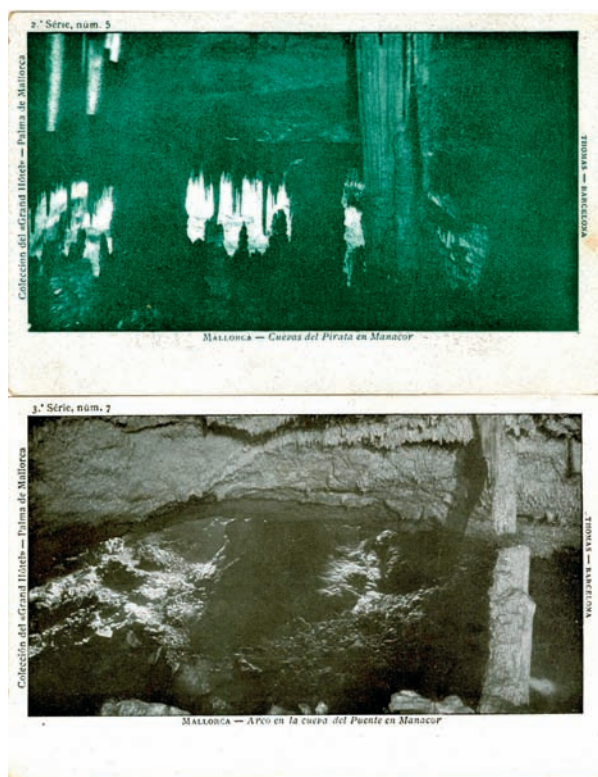
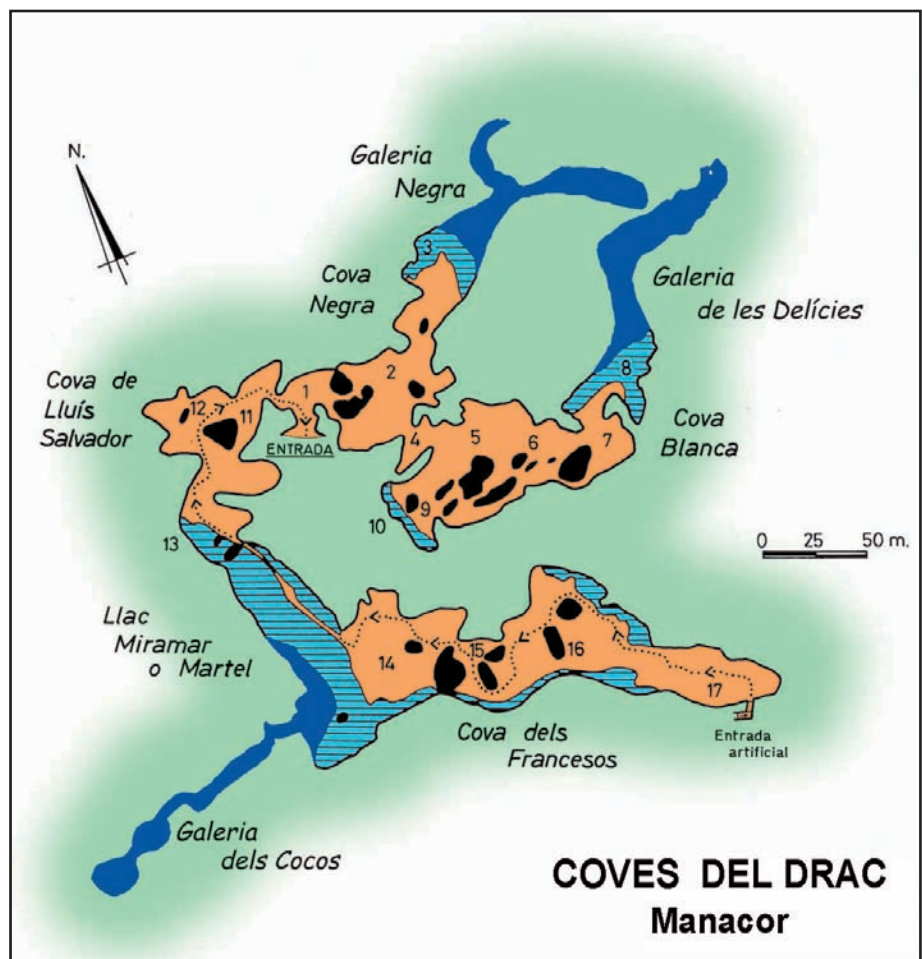


Figura 5: Targetes postals que mostren les Coves del Pirata (a dalt) i la Cova des Pont (a baix), les quals foren posades en circulació els primers anys del segle XX dins de la sèrie de postals editada pel Grand Hôtel de Palma. Actualment ambdues coves es troben tancades.

Figure 5: Postcards showing two pictures of Coves del Pirata (above) and Cova des Pont (below), printed in the earliest years of XXth century and belonging to a series published by the Grand Hôtel of Palma. These caves are nowadays closed to the public.

Figura 6: Topografia simplificada de les Coves del Drac amb indicació del recorregut de la visita turística.

Figure 6: Simplified survey of Coves del Drac with indication of the route used during the tourist visit.



Les investigacions recents en les coves turístiques de les Balears

Per tal de començar a situar aquestes apreciacions, cal tenir ben present que les coves càrstiques són una part important del patrimoni natural d'un territori, concretament d'un vessant amb freqüència oblidat com és el patrimoni geològic. En aquest sentit, les coves habilitades de les Balears posseeixen un interès geomorfològic destacable, sobretot si tenim en compte que bona part d'elles es desenvolupen en una litologia molt específica (Taula I), constituïda per les calcàries esculloses del Miocè superior. Localitats com les famoses Coves del Drac representen exemples paradigmàtics que il·lustren sobre la morfogènesi endocàrstica en aquests materials carbonatats, relativament joves (menys de 10 milions d'anys) i d'elevada porositat primària. De fet, alguns dels treballs recents que fan referència a aquesta cavitat (GINÉS & GINÉS, 1992, 2007) s'han ocupat de la seva espeleogènesi –relacionada amb la zona de mescla entre aigües freàtiques i marines–, rebatent la gènesi estrictament d'erosió mecànica marina proposada en el seu moment per MARTEL (1896). Les activitats a les Coves del Drac també s'han centrat en l'exploració subaquàtica dels seus nombrosos llacs (Figura 6), per bé que els resultats obtinguts no han estat de moment

tan espectaculars com en altres cavitats del sud i llevant de Mallorca (GRÀCIA *et al.*, 2007)

En termes generals, cal reconèixer que les iniciatives d'investigació promogudes per els explotadors de les nostres coves turístiques han estat sempre gairebé inexistentes. Aquesta circumstància sens dubte té a veure amb la titularitat privada de totes les caveres turístiques de l'arxipèlag, la qual determina un tipus de gestió basada tan sols en plantejaments econòmics tendents a una màxima rendibilitat. Per aquests motius, en l'explotació recreativa del nostre subsòl no és estrany que manquin les preocupacions de caràcter mediambiental, el que es tradueix en una carència absoluta d'estudis que s'ocupin de la monitorització dels aspectes microclimàtics de les cavitats habilitades o, en general, dels paràmetres físico-químics de les mateixes.

Encara que les empreses explotadores han donat normalment facilitats per a l'estudi de les coves turístiques, mai no han promogut investigacions ni han proveït recursos econòmics per a dur-les a terme. Aquesta situació ha propiciat que els interessats en l'estudi de l'endocàrst de les Balears hagin considerat sempre més assequible l'observació i el mostreig de localitats no turístiques properes, per tal d'evitar interferències amb l'activitat econòmica de les cavitats habilitades per al turisme.

Donada la situació descrita més a dalt pel que fa al progrés del coneixement de les coves turístiques ba-

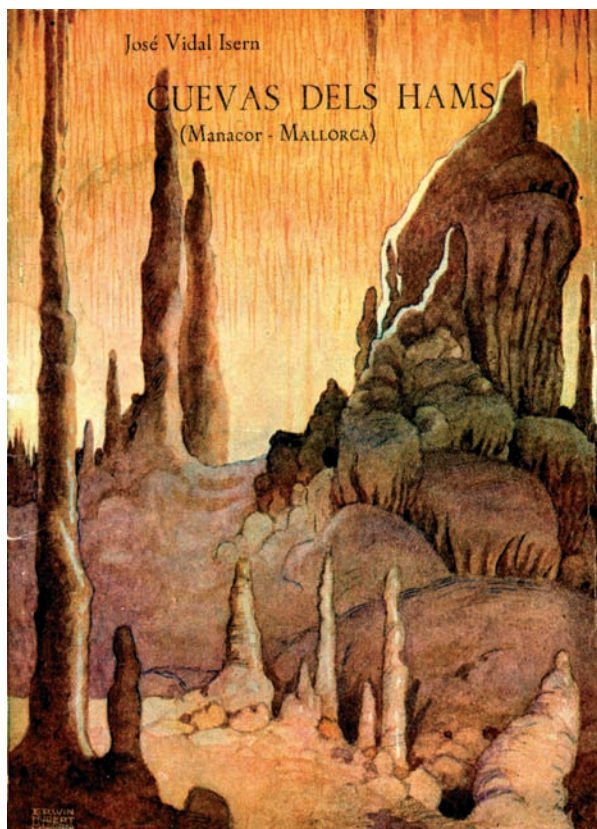


Figura 7: Portada del llibret-guia sobre les Coves dels Hams (Manacor) publicat l'any 1946. El dibuix de la coberta és de l'artista austríac Erwin Hubert, qui també elaborà il·lustracions de les Coves del Drac i de les Coves d'Artà.

Figure 7: Cover of the booklet on Coves dels Hams (Manacor) published in 1946. The illustration in the cover was made by the Austrian artist Erwin Hubert, who also elaborated drawings of Coves del Drac and Coves d'Artà.

lears, convé apuntar algunes línies d'investigació que es presenten prometedores de cara al futur. L'àmplia varietat de dipòsits cristal·lins (espeleotemes en general) ofereix nombrosos aspectes d'interès. Fent referència tan sols a alguns d'ells, citarem la presència d'abundants espeleotemes freàtics relacionats amb antics nivells de la Mediterrània en les Coves del Drac i les Coves d'Artà (GINÉS, 2000), així com una inusual abundància d'espeleotemes en forma de disc en aquesta darrera localitat. Per altra banda, l'espeleogènesi en els materials carbonàtics del Miocè superior mereix atenció addicional, ben igual que la geoquímica de les aigües freàtiques salabroses dels seus llacs subterranis. Ja s'ha al·ludit també, anteriorment, a la manca total de monitorització sobre la incidència de l'explotació turística en els paràmetres ambientals de les cavitats.

Finalment, caldria referir-se als estudis sobre la fauna cavernícola. Aquests són de fet cronològicament molt primerencs en Mallorca, ja que fou a les Coves del Drac on el zoòleg romanès E.G. Racovitza va descobrir, el 1904, el crustaci aquàtic *Typhlocirolana moraguesi*, troballa que per a molts suposa el naixement de la bioespeleologia moderna (GINÉS, 2002). A més de l'interès que presenta la fauna aquàtica dels ambients subterra-

nis litorals (JAUME & GRÀCIA, 2006), algunes altres cavitats –com les Coves de Campanet– compten amb una rica fauna terrestre que inclou elements endèmics com el coleòpter cavernícola *Henrotius jordai* i el díptol troglòfil *Homojapyx espanoli*. Es pot afirmar que l'estudi faunístic detallat de les caveres turístiques està encara pendent de realitzar i, sobretot, no s'ha valorat la incidència de les visites en la fauna cavernícola d'aquestes localitats.

Epíleg: situació present i perspectives futures

Avui en dia, la visita de coves càrstiques és una part rellevant dels atractius que les Illes Balears (i Mallorca, molt en particular) ofereixen al viatger, essent possible afirmar que aquest vessant del patrimoni geològic està totalment integrat dins dels circuits del turisme de masses. La repercussió econòmica d'aquest tipus d'oferta turística és remarcable en el cas de Mallorca (GINES & GARCIA, 1995; GINÉS, 2007), on les seves coves habilitades acullen xifres de visitants superiors als 1.500.000 turistes anuals (ROBLEDO & DURÁN, 2010). Malgrat això, en el cas de les Balears no es tracta d'un dels principals elements dinamitzadors de l'economia del territori, com succeeix en moltes àrees rurals d'Espanya (RIVAS *et al.*, 2004), sinó que és una faceta més de l'oferta complementària que les nostres illes posen a disposició del turista.

Les relacions existents entre el fenomen turístic de masses, característic de la segona meitat del segle XX, i les coves condicionades per al turisme a les Balears es concreten en una sèrie d'aspectes clau als que es farà referència seguidament. A tall d'eix fonamental de l'argumentació, resulta inqüestionable que algunes de les coves clàssiques del nostre àmbit geogràfic (concretament les Coves d'Artà i les Coves del Drac, a Mallorca) han suposat una molt notable contribució a l'atractiu turístic natural ofert per l'arxipèlag des de començaments del passat segle, i com a continuació de la tradició viatgera iniciada per erudits, artistes i geògrafs en la segona meitat del XIX.

Conseqüència del fet anterior, l'explotació turística de les coves balears ha quedat incorporada a un turisme de masses d'una quantia realment destacable. Recordem que tan sols una cavitat de Mallorca (les Coves del Drac) rep una xifra de visitants al voltant del milió de persones (ROBLEDO & DURÁN, 2010), sens dubte una de les més visitades del món. L'enorme quantitat de visitants potencials, que el "boom" turístic experimentat per les Balears posà a disposició dels propietaris de les coves habilitades per al turisme, ha propiciat uns tipus d'explotació presidits per criteris de rendibilitat i d'increment del nombre de visitants; aquesta situació es veu agreujada per la titularitat privada de totes les coves explotades, a la qual ja s'ha al·ludit amb anterioritat.

Dins d'aquest context, les empreses propietàries de les cavitats han deixat totalment de banda (excepció feta de molt honroses i escasses excepcions) l'oferta cultural lligada a l'explotació d'aquest sector del nostre

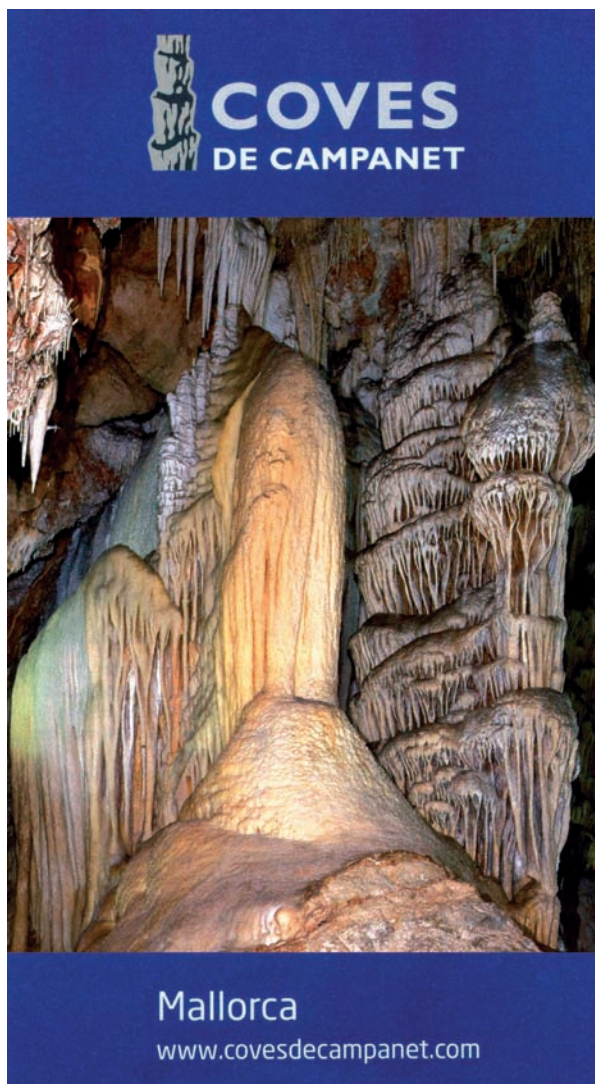


Figura 8: Imatge d'un fulletó recent de les Coves de Campanet, situada a la Serra de Tramuntana mallorquina.

Figure 8: Image from a recent leaflet from Coves de Campanet, located in the Serra de Tramuntana mountain range of Mallorca Island.

patrimoni natural. Així, no és estrany que les explicacions de bona part dels guies siguin molt simplistes, arcaïques o fins i tot absurdes. Per altra banda, manquen materials de divulgació científic-cultural en gairebé totes les coves de les illes, fet que resulta tant i més lamentable en el cas de cavitats de renom internacional com són les Coves del Drac i les Coves d'Artà. Tan sols les Coves de Campanet, a Mallorca, ofereixen actualment als visitants un opuscle divulgatiu de qualitat acceptable, suposant aquesta localitat una excepció remarcable quant a la presència en els seus propietaris de preocupacions i iniciatives de caràcter cultural, divulgatiu i mediambiental.

Ara per ara no pareix previsible la incorporació de noves coves habilitades al teixit turístic de les Balears. De fet estan ja condicionades les localitats que combinen una gran bellesa amb una situació adequada, propera a nuclis turístics ben desenvolupats; a més a més, no pareix oportú ni desitjable incrementar l'oferta d'un recurs

natural fràgil que ja es troba suficientment explotat en el nostre entorn geogràfic. Alguns autors han proposat la conveniència d'habilitar noves coves turístiques –amb un enfocament de tipus cultural centrat en els valors geològics de l'endocarst– com a iniciativa dinamitzadora i desestacionalitzadora del turisme illenc (ROBLEDO *et al.*, 2009). En aquest sentit, pareix poc plausible que aquestes propostes puguin incidir de manera acusada en les xifres d'un sector turístic que ha assolit des de fa temps un dinamisme fora mida, amb visitants anuals a les illes que superen els 10 milions de turistes. Pel que fa a l'estacionalitat del fenomen turístic, difícilment el turisme subterrani podrà incidir en aquest aspecte de manera més efectiva que altres varietats de turisme de natura o d'aventura (senderisme, turisme ornitològic o botànic, barranquisme, busseig...), comptant endemés amb l'aspecte negatiu de la gran fragilitat del món subterrani.

Per altra banda, els autors esmentats (ROBLEDO *et al.*, 2009) propugnen la necessitat de regular el sector de les coves turístiques per part de les administracions autonòmiques i/o insulars, i fins i tot la conveniència de que el sector públic lideri iniciatives d'explotació i divulgació d'aquest vessant del patrimoni natural balear. Pel que fa a la posada en explotació de noves localitats, les esmentades propostes no semblen gaire realistes dins la conjuntura actual, donat que és discutible la necessitat i l'oportunitat de l'entrada del sector públic en l'activitat econòmica lligada al turisme subterrani. En qualsevol cas, la possible existència de noves iniciatives de turísticació de cavitats hauria de comptar amb avaluacions ambientals serioses, relatives tant a les infraestructures d'accés i explotació de la cavitat com a l'impacte de les visites en els paràmetres ambientals de la caverna i en la fauna que hi habita. També són necessaris estudis socio-econòmics seriosos que justifiquin l'interès social d'iniciatives que de fet són agressives cap a un entorn natural de gran fragilitat.

Per a concloure –i tal com es manifestava fa alguns anys (GINÉS, 1995)– segueix essent convenient que l'explotació de les coves turístiques de les Balears sigui més respectuosa amb el medi natural, menys massificada en algunes localitats, i molt més sensible amb els seus aspectes culturals i científics. Aquestes línies d'actuació estan en sintonia amb el model turístic de qualitat creixent, que tothom propugna com a objectiu a assolir en les nostres illes.

Bibliografia

- BENÍTEZ, J.; RIPOLL, A. & SERRA, S. (1994): *Turisme, societat i economia a les Balears*. Fundació Emili Darder. 160 pp. Palma.
- BRISON, D.N. (2002): Dans les grottes perchées de Formentera (Baléares). *Grottes et Gouffres*, 158: 7-17.
- CABRER, A. (1840): *Viaje a la famosa gruta llamada Cueva de la Ermita en el distrito de la villa de Artá en la Isla de Mallorca*. Imprenta P.J. Gelabert. 87 pp.
- COLÓN, M. (1998): *Montaña y karst mediterráneo: especificidad, antropización y gestión ambiental*. Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones. 535 pp. Cádiz.
- ESTELRICH, P. (1897): *Las Cuevas del Pirata del predio Son Forteza del término de Manacor. Guía de las mismas y descripción abreviada de sus principales maravillas*. Tip. Lit. de Amengual y Montaner. 23 pp. Palma.

- FAURA Y SANS, M. (1926): *Las cuevas de Mallorca*. Publ. Inst. Geol. Min. España. XIV Congreso Geológico Internacional. 78 pp. Madrid.
- FORCADES, A. & MARTORELL, O. (2003): *Situación actual y perspectivas del turismo en las Illes Balears. Bases para una contribución a la reflexión sobre su futuro*. Cambra de Comerç de Mallorca, Eivissa i Formentera. Cercle d'Economia de Mallorca. 41 pp. Palma.
- GARAU, C. (2005): *Les Coves d'Artà. Capdepera (Mallorca)*. Edicions Documenta Balear. 106 pp. Palma.
- GAY, S. & CHAMPSAUR, B. (1885): *Album de las cuevas de Artá y Manacor*. Luis Fábregas - Librería Española. 50 pp + 2 planos + 25 grabados. Palma - Barcelona.
- GINÉS, A. (1993): Apuntes históricos sobre las Coves d'Artà (Capdepera, Mallorca). *Bol. Museo Andaluz Espeleol.* 7: 21-27.
- 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. & GARCÍA, L. (1995): El karst com a recurs turístic natural a Mallorca. In: *El desenvolupament turístic a la Mediterrània durant el segle XX*. XIII Jornades d'Estudis Històrics Locals. Institut d'Estudis Balears. 137-149. Palma.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67.
- GINÉS, J. (1995): Les coves turístiques de Mallorca / The touristic show caves of Mallorca. In: GINÉS, A. & GINÉS, J. (eds.) *El karst i les coves de Mallorca / Karst and caves in Mallorca*. Endins, 20. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 3: 191-203. Palma.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Departament de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp + 29 làms. Inèdita.
- GINÉS, J. (2007): Las cuevas turísticas de las Islas Baleares: antecedentes y estado de la cuestión. In: DURÁN, J.J.; ROBLEDO, P.A. & VÁZQUEZ, J. (eds.) *Cuevas turísticas: aportación al desarrollo sostenible*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 24: 17-30. Madrid.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & CLAMOR, B. (2007): Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importants continuacions subaquàtiques. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 299-352. Palma.
- 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.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1869-1891): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Brockhaus. 7 vols. Leipzig.
- INSTITUT BALEAR D'ESTADÍSTICA (IBAE) (2007): *Les Illes Balears en xifres 2007*. Conselleria d'Economia, Hisenda i Innovació. Govern Balear. 130 pp. Palma.
- 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.
- LINDEMANN, C.F.H. (1786): *Geographische und Statistische Beschreibung der Insel Minorca*. Weygand. 192 pp. Leipzig. [Edició en llengua catalana: Institut Menorquí d'Estudis (2002) 474 pp. Maó]
- LLOPIS-LLADÓ, N. & THOMAS-CASAJUANA, J.M. (1948): La hidrología cárstica de los alrededores de Campanet (Inca - Mallorca). *Miscelánea Almera, 2ª parte*. Publ. Inst. Geol. Dip. Prov. Barc., 7: 39-60. Barcelona.
- MADER, B. (2005): Reiseskizzen von den Balearen. Der Entomologe Friedrich Will und Erzherzog Ludwig Salvator. *Endins*, 28: 61-70.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des Iles Baléares. *Spelunca*, 8 (67-68): 1-108.
- MARTEL, E.A. (1896): Sous Terre. Cuevas del Drach, à Majorque. *Ann. Club Alpin Franç.* 23: 1-32.
- MARTEL, E.A. (1903): Les cavernes de Majorque. *Spelunca*, 5 (32): 1-32.
- MURILLO, A. (1963): La cueva den Xoroi. *Revista de Menorca*, 3: 327-342.
- PAGENSTECHE, H.A. (1867): *Die Insel Mallorca. Reiseskizze*. Wilhelm Engelmann. 186 pp. Leipzig.
- PUIG Y LARRAZ, G. (1896): *Cavernas y simas de España*. Est. Tip. de la viuda e hijos de M. Tello. 440 pp. Madrid.
- RIVAS, A.; CABEZAS, J.; CARRASCO, F.; DURÁN, J.J. & GONZÁLEZ-RIOS, M.J. (2004): Las cuevas turísticas españolas: un recurso natural de gran interés ecológico, económico y social. In: ANDREO, B. & DURÁN, J.J. (eds.) *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 12: 367-384. Madrid.
- ROBLEDO, P.A. & DURÁN, J.J. (2010): Evolución del turismo subterráneo en las Islas Baleares y su papel en el modelo turístico. In: DURÁN, J.J. & CARRASCO, F. (eds.) *Cuevas: Patrimonio, Naturaleza, Cultura y Turismo*. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE). 305-322. Madrid.
- ROBLEDO, P.A.; DURÁN, J.J. & MATEOS, R.M. (2009): Las cuevas de Mallorca como parte del patrimonio geológico y natural de las Islas Baleares. Hacia una ordenación turística sostenible. In: DURÁN, J.J. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (eds.) *Cuevas turísticas, cuevas vivas*. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE). 305-315. Madrid.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1951): Los fenómenos kársticos de Parelleta (Ciudadela, Menorca). *Speleon*, 2 (4): 191-216.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1952): Son Pou (Mallorca). *Speleon*, 3 (3): 109-130.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1953): Resultados de una campaña geoespeleológica en la isla de Ibiza (Baleares). *Speleon*, 4 (3-4): 219-256.
- VALERO, G. (2001): *La llarga ruta de l'excursionisme mallorquí. Aproximació a la història de l'excursionisme a Mallorca. Volum I: des dels inicis fins a 1920*. El Gall Editor - Grup Excursionista de Mallorca. Quaderns de Muntanya, 4. 295 pp. Palma.
- VALLCANERAS, L. & ESTEBAN, A. (2010): *Coma-sema*. Gorg Blau. Col. Possessions de Tramuntana. 121 pp. Palma.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; BOVER, P.; GINARD, A.; VADELL, M. & BARCELÓ, M.A. (2005): Les cavitats de la Serra de na Burguesa. Zona 7: Les Coves del Pilar i les mines de guix (Palma, Mallorca). *Endins*, 27: 47-74.
- VIDAL-ISERN, J. (1946): *Cuevas dels Hams (Manacor, Mallorca)*. Tipografía Nueva Balear. 20 pp. + 12 làms. Palma.
- VIVES, A. (2005): *Historia del Fomento del Turismo de Mallorca 1905-2005*. Foment del Turisme de Mallorca. 425 pp. Palma.
- VIVES, M. (1996): *Les Coves de Campanet*. Ajuntament de Campanet, col. Pla de Tel, 6. 104 pp. Campanet, Mallorca.

LA CONSERVACIÓ DEL PATRIMONI SUBTERRANI I CÀRSTIC DE LES ILLES BALEARS

per Guillem X. PONS ¹, Catalina MASSUTÍ ² i Miquel MIR-GUAL ¹

Abstract

The growing social awareness on the need to conserve natural habitats has also taken into account the conservation of underground habitats and their environment. Therefore have been developed a range of strategies and conservation measures, as well as regulatory issues aimed to their protection. The Balearic Islands have not been exempt from these legislative initiatives, which are related to international regulations established by European states in order to adopt conservation measures for these habitats. This is a paper that outlines some of these measures. Perhaps the first initiative that has brought about this change of paradigm, shifting from species conservation to conservation of habitats as a more efficient measure to protect the species and locations of these species, was the sum of two European directives: the Habitats Directive and Birds Directive, resulting in the Natura 2000 network. In its development in the Balearics, for the first time some explicit protection of 30 Mallorcan caves is regulated in an initial list of proposed Sites of Community Importance. The European framework directive on water policy also refers to the conservation of groundwater. Spanish statal regulations, the law of Biodiversity, and regional regulations as the law for the Conservation of Environmentally Relevant Spaces (LECO) also lists the proposed Natura 2000 network. This has made that a natural territory as the Paraje Natural de la Serra de Tramuntana contains a list of caves to protect as Places of Scientific Interest as well as the largest karst region of the Balearic Islands and, in a similar way, Cova des Pas de Vallgornera has been proposed as a Natural Monument.

Resum

La consciència social creixent sobre la necessitat de conservar els hàbitats naturals ha fet també tenir en compte la protecció dels hàbitats subterranis i el seu entorn. Tot això ha fet desenvolupar tota una sèrie d'estratègies i mesures de conservació, així com aspectes normatius encaminats cap a la seva protecció. Les Balears no han estat exemptes d'aquestes iniciatives legislatives. Però tot això ha vingut donat per normativa de caràcter internacional que ha fet que els estats membres adoptassin mesures de conservació cap a aquests hàbitats. Aquest és un article que recull aquestes mesures. Tal volta la primera iniciativa que ha provocat aquest canvi de paradigma, de conservació d'espècies a conservació d'hàbitats com una mesura més eficient per protegir les espècies i els llocs a on es desenvolupen aquestes espècies, fou la suma de la directiva hàbitats i directiva aus donant com a resultat la Xarxa Natura 2000. La posta en marxa de la proposta a les Balears fa que per primera vegada s'expliciti la protecció de 30 cavitats de Mallorca com a primera proposta de Llocs d'Interès Comunitari (LIC). La directiva europea marc d'aigües també fa referència per a la conservació de les aigües subterrànies. La normativa estatal, amb la llei de Biodiversitat, i la normativa autonòmica amb la Llei per a la conservació dels espais de rellevància ambiental (LECO) també recullen les propostes de la Xarxa Natura 2000. Això ha fet que espais naturals com el Paratge Natural de la Serra de Tramuntana tenguin un llistat de coves a protegir com a Llocs d'Interès Científic així com la major regió càrstica de les Balears, o que s'hagi proposat la cova des Pas de Vallgornera com a Monument Natural.

Resumen

La conciencia social creciente sobre la necesidad de conservar los hábitats naturales ha hecho también tener en cuenta la conservación de los hábitats subterráneos y su entorno. Por ello se han desarrollado toda una serie de estrategias y medidas de conservación, así como aspectos normativos encaminados hacia su protección. Las Islas Baleares no han estado exentas de estas iniciativas legislativas. Las iniciativas de normativa de carácter internacional han hecho que los Estados miembros adoptasen medidas de conservación hacia estos hábitats. Este es un artículo que recoge algunas de estas medidas. Tal vez la primera iniciativa que ha provocado este cambio de paradigma, pasar de la conservación de especies hacia la conservación de hábitats como una medida más eficiente para proteger las especies y los lugares donde se desarrollan estas especies, fue la suma de dos directivas europeas, de la directiva hábitats y directiva aves, resultando la Red Natura 2000. En su desarrollo en las Baleares por primera vez se explicita la protección de 30 cavidades de Mallorca como primera propuesta de Lugares de Interés Comunitario (LIC). La directiva europea marco de política de aguas también hace referencia para la conservación de las aguas subterráneas. La normativa estatal, con la ley de Biodiversidad, y la normativa autonómica con la Ley para la conservación de los espacios de relevancia ambiental (LECO) también recogen las propuestas de Red Natura 2000. Esto ha hecho que espacios naturales como el Paraje Natural de la Serra de Tramuntana contenga un listado de cuevas a proteger como Lugares de Interés Científico así como la mayor región kárstica de las Baleares, o que se haya propuesto la Cova des Pas de Vallgornera como Monumento Natural.

1 Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Carret. Valldemossa km 7,5, (07122) Palma de Mallorca. E-mail: guillemx.pons@uib.es

2 Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori, Gremi de Corredors 10. Polígon de Son Rossinyol (07009) Palma de Mallorca

Introducció

La consciència social creixent sobre la necessitat de conservar els hàbitats subterranis i el seu entorn ha fet desenvolupar tota una sèrie d'estratègies i mesures de conservació, així com aspectes normatius encaminats cap a la seva protecció. Les Balears no han estat exemptes d'aquestes iniciatives legislatives. Cal però en primer lloc definir el camp objecte d'atenció, els tipus d'hàbitats inclosos en les iniciatives conservacionistes, el cens d'espècies objecte de protecció, i la seva vulnerabilitat. A les Illes Balears, país eminentment calcari amb més de 4.000 cavitats inventariades (ENCINAS, 1997, 2006) i gran tradició espeleològica, tant de caire científic com esportiu, no es pot ignorar aquesta tendència: la freqüentació excessiva i descontrolada de les nostres cavitats per part dels aficionats, però també d'autèntics vàndals, la destrucció física de coves per la pressió urbanitzadora, o la recent introducció al nostre territori de l'activitat lúdica de l'espeleo-busseig, un esport d'alt risc en fase expansiva a nivell mundial, però d'efectes devastadors demostrats per a la biota cavernícola d'aigua salobre (HUMPHREYS *et al.*, 1999), d'altra banda tan ben representada a les nostres illes, demanden de l'administració la presa d'iniciatives per tal de salvaguardar la protecció de les cavitats.

Les Illes Balears, igual que altres indrets de l'estat, no han estat exemptes d'aquestes iniciatives legislatives. Aquestes provenen de normatives internacionals, bàsicament desenvolupades per la Unió Europea, normatives nacionals i normatives autonòmiques; aquestes darreres, en definitiva, són les que proposen i desenvolupen les estratègies de conservació al seu territori. En aquest article s'ha intentat desenvolupar cada un d'aquest tres àmbits normatius de protecció (europeu, nacional i autònic), aportant alguns exemples de com es donen a les Illes Balears.

Normativa europea

Des del punt de vista normatiu, una de les primeres passes que es va realitzar a la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears (Direcció General de Biodiversitat) per a la protecció explícita de les cavitats, gràcies al desenvolupament de la normativa europea, va ser la selecció i proposta de *Llocs d'Interès Comunitari* (LICs) de trenta cavitats càrstiques de les Illes Balears (Fig. 1. Taula 1). La Directiva Hàbitat, amb la Xarxa Natura 2000, marca uns criteris generals establerts pel Consell d'Europa a la Convenció de Berna (19 de setembre de 1979) sobre la conservació de la fauna salvatge i els hàbitats naturals. La Recomanació Especial núm 36 del Comitè Permanent [1992], relativa als animals i hàbitats subterranis indica les característiques rellevants d'aquests ambients.

Presència d'espècies adaptades a la vida subterrània

Els organismes que viuen a les cavitats es caracteritzen per trets morfològics i fisiològics com són: regressió o desaparició completa dels ulls, despigmentació del cos, allargament dels apèndixs i una estratègia reproductiva del tipus K.

Presència d'espècies relictas

Això són les espècies antigues que han sobreviscut a les cavitats respecte d'altres faunes acompanyants que són extintes d'altres ecosistemes no cavernícoles.

Presència d'espècies vulnerables

Moltes de les espècies troglòbies són vulnerables, especialment les endèmiques. Són molt sensibles davant qualsevol malbaratament del seu medi.

Presència d'espècies endèmiques

Els endemismes solen compartir alguna de les característiques anteriors, ser espècies relictas i/o vulnerables. Tot això fa que algunes siguin conegudes de poques localitats (algunes, com per exemple *Leptobhytus palaui* –gènere monoespecífic– només és conegut d'una cavitat de Felanitx, la cova de na Boixa). Aquestes espècies donen una informació biogeogràfica molt important.

Presència d'espècies rares

L'abundància relativament baixa de les espècies troglòbies les fa encara més sensibles a qualsevol alteració del seu hàbitat.

Presència d'espècies de ratapinyades

La major part de les ratapinyades europees fan servir els hàbitats subterranis com a refugi. Totes les espècies de rates pinyades europees de l'ordre Micro-

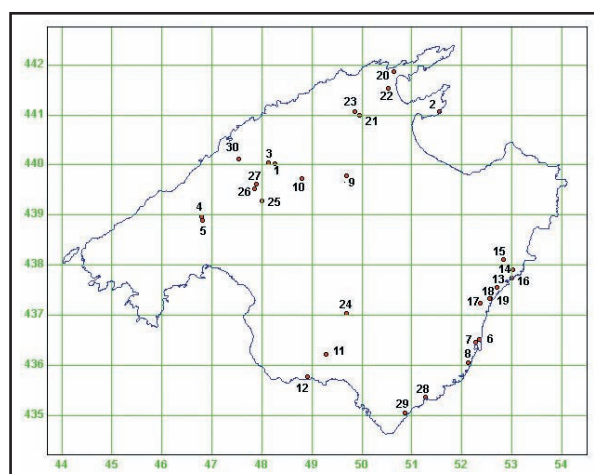


Figure 1: Mapa de distribució de les cavitats declarades LIC. Els números d'identificació de cada cavitat corresponen als ressenyats a la Taula 1.

Figure 1: Distribution map of caves declared LIC. Identification numbers of each cave correspond with the Table 1.

Nº	Nom	Municipi	Tipologia	Biòtops aquàtics	Paleo-nivells marins	Ratapinyades	Invertebrats endèmics	Jaciments paleontològics	Interès arqueològic / etnològic
1	Es Bufador de Solleric	Alaró	Galeria de drenatge	Si	No	No	Si (2)	No	No
2	Cova de sa Bassa Blanca	Alcúdia	Anquihalina	Si	Si	Si (3)	Si (6)	Si	No
3	Cova de ses Meravelles	Bunyola	Estructural	No	No	No	Si (4)	No	No
4	Cova de Canet	Esporles	Galeria de drenatge	No	No	No	No	Si	Si
5	Avenc d'en Corbera	Esporles	Clàstica	No	No	Si (5)	Si (2)	No	No
6	Cova dets Ases	Felanix	Anquihalina	Si	No	Si	Si (2)	No	Si
7	Cova des Coll	Felanix	Anquihalina	Si	No	No	Si (1)	Si	Si
8	Cova d'en Bassol o Passol	Felanix	Anquihalina	Si	Si	No	No	Si	Si
9	Cova de ses Ratapinyades	Inca	Clàstica	No	No	Si (5)	No	No	No
10	Cova des Corral des Porcs	Lloseta	Estructural	No	No	No	No	Si	Si
11	Cova de sa Guitarreta	Llucmajor	Clàstica	No	No	Si (4)	No	No	No
12	Cova des Pas de Vallgornera	Llucmajor	Anquihalina	Si	Si	No	Si (1)	Si	No
13	Cova Genovesa o d'en Bessó	Manacor	Anquihalina	Si	Si	Si (1)	Si (2)	Si	Si
14	Cova de Can Bordils	Manacor	Anquihalina	Si	No	No	Si (1)	Si	Si
15	Cova des Diners	Manacor	Estructural	Si	No	No	No	No	Si
16	Cova del Dimoni	Manacor	Càrstico-marina	Si	Si	No	Si (1)	No	No
17	Sistema Gleda-Camp des Pou	Manacor	Anquihalina	Si	Si	No	Si (3)	No	Si
18	Cova des Pirata (Sistema Pirata-Pont-Piqueta)	Manacor	Anquihalina	Si	Si	No	Si (1)	No	Si
19	Cova des Pont (Sistema Pirata-Pont-Piqueta)	Manacor	Anquihalina	Si	Si	Si (4)	Si (6)	No	Si
20	Cova de Cal Pessó	Pollença	Galeria de drenatge	No	No	No	Si (3)	No	No
21	Cova de Can Sion	Pollença	Estructural	Si	No	Si (2)	Si (10)	Si	No
22	Cova de Llenaire	Pollença	Laberíntica	Si	No	No	Si (1)	Si	No
23	Cova Morella	Pollença	Estructural	No	No	Si (1)	Si (1)	No	No
24	Cova Nova de Son Lluís	Porreres	Clàstica	No	Si	Si (1)	No	No	No
25	Es Bufador de Son Berenguer	Sta. Maria	Estructural	No	No	No	No	Si	No
26	Cova de Can Millo	Sta. Maria	Clàstica	Si	No	No	No	No	No
27	Avenc de Son Pou	Sta. Maria	Clàstica	Si	No	No	Si (2)	No	Si
28	Cova des Drac de Cala Santanyí	Santanyí	Anquihalina	Si	Si	No	No	Si	Si
29	Cova des Rafal des Porcs	Santanyí	Anquihalina	Si	No	No	Si (2)	No	Si
30	Cova des Estudiants	Sóller	Galeria de drenatge	Si	No	No	Si (9)	No	Si

Taula 1: Llistat de les cavitats declarades LIC de les Balears i la seva valoració. Entre parèntesi número d'espècies de ratapinyades i d'endèmismes conegudes de cada cavitat.

Table 1: List of caves declared LIC in Mallorca and their assessment. In parenthesis number of species of bats and endemic species in each site.

hiroptera que viuen a aquests hàbitats estan protegides per l'annex II de la Convenció.

Biodiversitat relativament elevada

L'elecció dels hàbitats a protegir ha d'estar dirigida cap a les comunitats biològiques que compten amb una alta riquesa específica i que són representatives d'una regió biogeogràfica. Es suggereix que, en cada regió biogeogràfica, almenys una comunitat biològica hauria de ser seleccionada per a la seva protecció.

Originalitat de l'hàbitat

A més dels hàbitats subterranis característics, hi ha molts pocs hàbitats específics i comunitat ecològiques originals i escasses, com les coves hidrotermals, les coves anquihalines, i a altres regions biogeogràfiques, les coves de gel, els túnels de lava, les coves sulfuroses,...

Interès científic de l'hàbitat

Alguns dels hàbitats cavernícoles han estat objecte d'amplis estudis ecològics i es poden utilitzar com a referència o ser utilitzats per a monitoritzar a llarg termini les poblacions i comunitats ecològiques del seu interior.

Vulnerabilitat de l'hàbitat

Aquesta vulnerabilitat pot venir donada per la pròpia destrucció física de l'hàbitat (construcció de pedreres, pous,...), o la destrucció de la vida silvestre per sobre-exploatació d'aigües subterrànies, agents químics, contaminació orgànica, abocaments, captures indiscriminades,...

A més d'aquests criteris de caire biològic que indica el conveni, les cavitats poden comptar amb altres valors que donen encara més importància a la seva conservació. Per això, per a la proposta inicial es va considerar adient recollir també altres valors com són la presència de restes paleontològiques, el registre fòssil preservat a les coves Balears. El fet que a les Illes Balears no hi ha conques fluvials o llacunars grans que hagin permès la formació de dipòsits fossilífers com els habituals als continents, fa que pràcticament tot el que coneixem de les comunitats de vertebrats (i també de mol·luscs terrestres) que les poblaren en el passat prové d'informació fornida per les bretxes ossíferes localitzades a les coves (ALCOVER *et al.*, 1981). De forma semblant, les coves han format part del dia a dia de gairebé totes les comunitats humanes que han ocupat les nostres illes des del moment del poblament inicial, havent estat utilitzades tant com llocs d'habitatge, ritual, religió, funerari, o com a eventual refugi. Totes aquestes activitats han deixat una empremta arqueològica clau per a esbrinar molts aspectes de la prehistòria de les Illes Balears, i mereixen, per tant, un esforç de preservació (TRIAS, 1995).

Per a la realització de la proposta de protecció (JAUME *et al.*, 2001; PONS *et al.*, 2001) tots aquests aspectes varen ésser recollits i sintetitzats en cinc criteris de selecció de les cavitats que finalment es van aplicar.

Interès faunístic

Al món es coneixen actualment al voltant de 7.800 espècies d'animals exclusius d'ambients subterranis (anomenats *troglobionts*, si ocupen hàbitats terrestres,

estigobionts, si són aquàtics). Sols 100 són vertebrats (85 peixos i 14 amfibis), mentre la resta correspon a diversos *Fila* d'invertebrats, amb un clar predomini dels artròpodes (JUBERTHIE i DECU, 1994; 1998). A més, s'han identificat altres 7.500 espècies troglòfíliques i estigofíliques (és a dir, que es troben freqüentment al medi cavernícola, però poden viure també a altres medis), de forma que el nombre total d'espècies que viuen i es reproduïxen en hàbitats subterranis al Món la podem xifrar actualment en unes 15.000. Això inclou-hi les rates-pinyades troglòfíliques, que cerquen refugi a les cavitats i que són tan importants en el manteniment de les xarxes tròfiques a les coves.

L'interès científic de la fauna subterrània rau en aspectes diversos. En primer lloc, molts d'aquests animals manifesten trets morfològics (p.e., allargament dels apèndixs corporals als artròpodes, pèrdua dels ulls i de la pigmentació corporal), fisiològics (metabolisme més baix que els seus congèneres epigeus), i/o de comportament que vénen éssent interpretats com adaptacions a la vida en el medi cavernícola. Aquests trets els manifesten en grau variable, àdhuc poblacions d'una mateixa espècie. Això els torna objectes preats d'investigació pels biòlegs evolutius, doncs els permet testar hipòtesis plantejades en camps diversos, com en l'estudi de la pervivència de caràcters suposadament neutres des del punt de vista adaptatiu a dins les poblacions, o en el de la importància de l'exaptació a l'hora de facilitar la pervivència dins un ambient nou, etc.

D'altra banda, moltes espècies cavernícoles representen relíquies filogenètiques a dins els seus llinatges evolutius respectius, havent sobreviscut al medi altament estable i conservador de les coves en una mena d'èxtasi evolutiu, mentre els seus correligionaris epigeus desapareixien o es modificaven per les pressions de selecció variants en el decurs del temps geològic.

Altres són també relíquies biogeogràfiques, i ens parlen d'antigues connexions intercontinentals del passat geològic, o de l'existència d'oceans avui desapareguts. Les coves han actuat per a ells com a veritables càpsules del temps, permetent-les sobreviure mentre els seus congèneres epigeus s'extingien. Aquests animals representen doncs invaluables fonts d'informació pels biogeògrafs.

Finalment, cal remarcar l'interès de la preservació de les comunitats faunístiques cavernícoles des d'un punt de vista del coneixement ecològic: es tracta de comunitats molt més simplificades que les establertes a l'exterior, doncs aquí els condicionants ecològics són també més simples (absència de llum, estabilitat tèrmica, oligotròfia, diversitat biològica baixa) i per tant és més fàcil identificar els factors clau que estructurin les comunitats.

A les Illes Balears, el cens de metazous catalogats de les seves cavitats està sobre les 300 espècies (PONS, 1991; PONS i PALMER, 1996; PALMER *et al.*, 1999; obs. pers.). D'entre els troglobis (i estigobis), els veritables pobladors de les coves, trobam que prop del 70 % de les espècies és endèmica de les nostres illes, és a dir, no es troba a cap altre lloc del món. Aquesta xifra representa prop d'un 20 % dels nostres endemismes animals, i inclou també, aproximadament, al 90 % dels gèneres endèmics amb que comptam.

Interès paleontològic

A les coves es troben amb freqüència restes fòssils de vertebrats (i caragols terrestres), sovint en gran nombre i excel·lent estat de preservació. Aquestes restes animals han anat acumulant-se per l'acció de processos naturals, bé sigui arrossegades per l'aigua des de l'exterior, bé per mor del comportament d'algunes espècies de depredadors, com òlibes i altres aus rapinyaires, que utilitzen les entrades de les cavitats per descansar o ferhi el niu, acumulant-se les despulles (*egagròpiles*) dels seus àpats al trespol. Les restes d'animals extraviats, o que han caigut accidentalment per xemeneies i avencs, fan una contribució no gens menyspreable a aquests depòsits.

Aquestes acumulacions d'ossos i closques de moluscs, en contraposició al que sol esser el cas a l'exterior, es troben a dins context sedimentari. A més, en termes de temps geològic, el procés de sedimentació a dins una cova és molt ràpid. Això confereix als depòsits fossilífers cavernícoles dues qualitats del més preat entre els paleontòlegs: 1): limitació temporal molt grossa, amb la conseqüent facilitat de datació; i 2): una cova, a més, ofereix una protecció molt gran en front d'agents biològics com els necròfags o la meteorització per l'aigua i el vent, que usualment destrueixen els ossos a l'exterior; aquests sovint queden englobats a dins una matriu protectora de carbonat càlcic. Un depòsit fossilífer ben conservat és, doncs, un recurs de valor extraordinari en Paleontologia, i que requereix de la màxima protecció.

A les Balears, l'abundància de coves amb depòsits fossilífers és tal, que tot i què abasten períodes de temps curts, el conjunt d'ells cobreix un espectre temporal de devers 5'5 milions d'anys (des del Pliocè inferior). Això ha fornit als paleontòlegs, geòlegs i biòlegs d'una oportunitat única per a seguir els canvis evolutius a un llinatge de bòvid, *Myotragus*, realitzar aproximacions molt fonamentades a la paleogeografia fini-Miocena de l'arxipèlag, així com testar hipòtesis plantejades en el camp de la Biogeografia ecològica (*Teoria de la Biogeografia Insular*), a part d'aproximacions a la paleoecologia de les comunitats de vertebrats terrestres insulars Plio-Quaternàries (SONDAAR *et al.*, 1995).

Interès espeleològic (morfogènesi i espeleotemes)

A Mallorca en general les coves són de dimensions més bé modestes, essent relativament escasses les que assolixen un recorregut superior a 1 km. De fet, sols es coneixen sis a hores d'ara amb més de 2 km de desenvolupament (GRÀCIA *et al.*, 2009). Aquestes són: la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor) amb més de 67 km de galeries i sales, la cova des Coll (Felanitx), les coves del Drac, la cova Genovesa, el sistema Pirata-Pont-Piqueta i el Sistema Gleda-camp des Pou (les quatre a Manacor). Això no obstant, són molt heterogènies en quant a les seves morfologies i origen (morfogènesi), havent estat classificades en quatre grans categories, cada una d'elles subdividides fins arribar a un total de 14 tipologies (GINÉS i GINÉS, 2009). Algunes d'elles, per la seva raresa a d'altres indrets fora de les Balears, requereixen una protecció especial. Així mateix és recomenable preservar, pel seu interès científic, una representació de les altres tipologies, freqüents no obstant a altres àmbits geogràfics. Cal remarcar l'abundància i va-

rietat de dipòsits minerals (espeleotemes) que adornen una bona part de les cavitats balears. La Federació Balear d'Espeleologia, a instàncies de la Direcció General de Recursos Hídrics (Conselleria de Medi Ambient), va realitzar el document tècnic de les Cavitats de les Balears proposades com a Patrimoni Geològic, a on figuren 126 cavitats (GRÀCIA *et al.*, 2008) (Taula 2).

Interès paleo-climàtic (registre de canvis de nivell de la mar)

Les coves situades a afloraments calcaris costaners es poden veure negades per aigua marina o salobre a causa de pujades del nivell marí ulteriors a la excavació primària de les cavitats. Si la connexió amb la mar es troba restringida, la columna d'aigua dins aquestes coves assoleix una gran estabilitat (= restricció de la circulació tant vertical com horitzontal). Així, l'aigua marina apareixerà més o menys diluïda per infiltració d'aigua meteòrica, la qual sol formar una capa d'aigua dolça o salobre de gruix variable sobre la masa d'aigua marina (més densa) que ocupa les zones més inferiors de les cambres. L'estancament de la columna d'aigua, juntament amb l'elevat contingut en bicarbonat càlcic de l'aigua dolça subterrània infiltrada, origina l'establiment d'un peculiar ambient geoquímic a les porcions superiors dels llacs: ja que el CO₂ dissolt es difon lliurement cap a l'atmosfera de la cova; les capes superficials d'aigua es tornen sobre-saturades en Ca²⁺, i els conseqüents reajustaments químics afavoreixen la precipitació de carbonat càlcic enllà. La interfase aire-aigua pot aparèixer així coberta per plaques de calcita flotant. Aquesta calcita (o aragonita) precipita també formant sobrecreixements a l'entorn d'estalactites i estalagmites submergides (que atenyen llavors un perfil de pera característic), o al llarg de la vora dels llacs formant una banda estreta que se sembla a una mena de *trottoir* abiogènic. L'amplària d'aquesta banda horitzontal coincideix a grans trets amb l'amplitud màxima de les oscil·lacions del nivell de l'aigua a dins la cova, que coincideix alhora amb la del nivell del mar a l'exterior. El registre d'aquestes bandes horitzontals preservat a les parets de les coves costaneres representa una eina invaluable per a l'estudi de les oscil·lacions del nivell marí en el passat recent (Pleistocè-Holocè), doncs poden esser datades amb gran precisió amb mètodes radiomètrics.

A les coves mallorquines es troba preservat un registre de paleo-nivells marins que abarca des dels + 40 m fins a - 23 m, lligat als cicles glacials del Quaternari (GINÉS i GINÉS, 1995; TUCCIMEI *et al.*, 2006; GRÀCIA *et al.*, 2007). No cal remarcar la importància de preservar un registre paleoclimàtic d'aquestes característiques en un context com l'actual, on tants d'esforços es dediquen a esbrinar l'efecte de les activitats antròpiques sobre el canvi climàtic i les oscil·lacions del nivell marí.

Interès arqueològic i/o etnològic

A Mallorca es coneixen jaciments arqueològics cavernícoles, bé de tipus funerari, ritual, o d'hàbitat, pertanyents als períodes de *Poblament Inicial* (ca. 2400 AC), *cultura de les Navetes* (ca. 1600 AC), *Talaiòtic* (ca. 450 AC), a més d'ocupacions esporàdiques per refugiats durant l'*ocupació musulmana* en temps medievals (TRIAS, 1995). Les caveres són extraordinàriament importants

Núm.	Nom de la cavitat	Illa	Municipi
1	Avenc des Frare	Cabrera	Palma
2	Cova des Burri	Cabrera	Palma
3	Cova des Penyal Blanc	Cabrera	Palma
4	Cova de sa Font	Dragonera	Andratx
5	Es Pouàs	Eivissa	Sant Antoni de Portmany
6	Cova de Can Ferrando	Formentera	Sant Francesc
7	Cova de ses Mamelles	Formentera	Sant Francesc
8	Coves de sa Pedrera	Formentera	Sant Francesc
9	Es Bufador de Solleric	Mallorca	Alaró
10	Cova de sa Bassa Blanca	Mallorca	Alcúdia
11	Cova de ses Llàgrimes	Mallorca	Alcúdia
12	Cova des Bastons, o Cova C-11	Mallorca	Alcúdia
13	Cova Tancada des Cap de Menorca	Mallorca	Alcúdia
14	Covota de sa Penya Rotja	Mallorca	Alcúdia
15	Cova de Randa	Mallorca	Algaida
16	Avenc des Vi	Mallorca	Andratx
17	Cova de Garrafa	Mallorca	Andratx
18	Avenc des Travessets	Mallorca	Artà
19	Cova de ses Meravelles	Mallorca	Bunyola
20	Avenc de l'Infern	Mallorca	Calvià
21	Avenc de na Picacento	Mallorca	Calvià
22	Avenc de sa Moneda	Mallorca	Calvià
23	Avenc de sa Soca	Mallorca	Calvià
24	Avenc de s'Embut	Mallorca	Calvià
25	Avenc Socarrat	Mallorca	Calvià
26	Clot des Cero, o des Sero	Mallorca	Calvià
27	Cova dels Coloms	Mallorca	Calvià
28	Coves des Màrmol	Mallorca	Calvià
29	Covota des Puig Gros de Bendinat	Mallorca	Calvià
30	Avenc de Fangar	Mallorca	Campanet
31	Coves de Campanet, o de So na Pacs	Mallorca	Campanet
32	Pou de Can Carro, o de ses Sitjoles	Mallorca	Campos
33	Cova de na Barxa	Mallorca	Capdepera
34	Cova de na Mitjana	Mallorca	Capdepera
35	Coves d'Artà, o de s'Ermita	Mallorca	Capdepera
36	Coves Petites	Mallorca	Capdepera
37	Avenc de Femenia	Mallorca	Escorca
38	Avenc de Fra Rafel	Mallorca	Escorca
39	Avenc de Massanella	Mallorca	Escorca
40	Avenc de na Donzella	Mallorca	Escorca
41	Avenc de sa Coma de Son Torrella	Mallorca	Escorca
42	Avenc de sa Mitjana	Mallorca	Escorca
43	Avenc de s'Aigo	Mallorca	Escorca
44	Avenc des Gel	Mallorca	Escorca
45	Avenc des Gorg Blau	Mallorca	Escorca
46	Avenc des Llorer	Mallorca	Escorca
47	Avenc des Puig Caragoler	Mallorca	Escorca
48	Avenc des Silenci	Mallorca	Escorca
49	Avenc des Tossals	Mallorca	Escorca
50	Avenc d'Escorca, o de sa Vessa	Mallorca	Escorca
51	Cova de Muntanya	Mallorca	Escorca
52	Cova de sa Campana	Mallorca	Escorca
53	Cova des Mirador, o dets Arbrets	Mallorca	Escorca
54	Cova des Torrent de Cúber	Mallorca	Escorca
55	Cova dets Alixandres	Mallorca	Escorca
56	Forat dets Amics	Mallorca	Escorca
57	Avenc de sa Pedra	Mallorca	Esporles
58	Avenc d'en Corbera	Mallorca	Esporles
59	Cova de Canet	Mallorca	Esporles
60	Cova de na Boixa	Mallorca	Felanitx
61	Cova d'en Bassol, o d'en Passol	Mallorca	Felanitx
62	Cova des Coll	Mallorca	Felanitx
63	Cova dets Ases	Mallorca	Felanitx

Núm.	Nom de la cavitat	Illa	Municipi
64	Cova de ses Rates Pinyades	Mallorca	Inca
65	Cova de sa Guitarreta	Mallorca	Llucmajor
66	Cova des Pas de Vallgornera	Mallorca	Llucmajor
67	Cova de Cala Falcó	Mallorca	Manacor
68	Cova de Cala Pilota	Mallorca	Manacor
69	Cova de Cala Varques A-C-D	Mallorca	Manacor
70	Cova de Cala Varques B	Mallorca	Manacor
71	Cova de Can Bordils, o dets Amagatalls	Mallorca	Manacor
72	Sistema Gleda-camp dès Pou	Mallorca	Manacor
73	Cova de s'Ònix	Mallorca	Manacor
74	Cova del Dimoni	Mallorca	Manacor
75	Cova des Coloms (I)	Mallorca	Manacor
76	Cova des Diners	Mallorca	Manacor
77	Cova des Moro	Mallorca	Manacor
78	Cova des Serral	Mallorca	Manacor
79	Cova des Sòtil	Mallorca	Manacor
80	Cova des Xots	Mallorca	Manacor
81	Cova Figuera	Mallorca	Manacor
82	Cova Genovesa, o d'en Bessó	Mallorca	Manacor
83	Cova Marina des Pont	Mallorca	Manacor
84	Coves del Drac	Mallorca	Manacor
85	Sistema Pirata - Pont - Piqueta	Mallorca	Manacor
86	Coves del Pilar	Mallorca	Palma
87	Avenc de la Malé	Mallorca	Pollença
88	Avenc de na Borrassa	Mallorca	Pollença
89	Avenc del Pi del Pla de les Basses	Mallorca	Pollença
90	Avenc d'en Xim	Mallorca	Pollença
91	Avenc Fonda	Mallorca	Pollença
92	Cova Argentera	Mallorca	Pollença
93	Cova de Cal Pesseo	Mallorca	Pollença
94	Cova de Can Sion	Mallorca	Pollença
95	Cova de Cornavaques	Mallorca	Pollença
96	Cova de les Rodes	Mallorca	Pollença
97	Cova de Llenaire	Mallorca	Pollença
98	Cova del Boc	Mallorca	Pollença
99	Cova Estreta	Mallorca	Pollença
100	Forat 502	Mallorca	Pollença
101	Font de l'Algaret	Mallorca	Pollença
102	Cova Nova de Son Lluís	Mallorca	Porreres
103	Cova Vella de Son Lluís	Mallorca	Porreres
104	Cova des Robiols	Mallorca	Puigpunyent
105	Cova des Fum	Mallorca	Sant Llorenç des Cardassar
106	Cova de sa Teulada	Mallorca	Santa Margalida
107	Avenc de Son Pou	Mallorca	Santa Maria del Camí
108	Cova de Can Millo, o de Coanegrina	Mallorca	Santa Maria del Camí
109	Cova des Bufador, o de Son Berenguer	Mallorca	Santa Maria del Camí
110	Cova des Drac	Mallorca	Santanyí
111	Cova des Drac de Cala Santanyí	Mallorca	Santanyí
112	Cova de Biniamar, o Avenc des Picarol Gros	Mallorca	Selva
113	Cova dets Estudiants	Mallorca	Sóller
114	Font des Verger	Mallorca	Sóller
115	Cova de sa Duna	Menorca	Alaior
116	Cova d'en Xoroi	Menorca	Alaior
117	Bufador de Punta Nati	Menorca	Ciutadella
118	Cova C-2	Menorca	Ciutadella
119	Cova de sa Tauleta	Menorca	Ciutadella
120	Cova de s'Aigo	Menorca	Ciutadella
121	Cova Murada	Menorca	Ciutadella
122	Cova Polida de Fornells	Menorca	Es Mercadal
123	Cova des Coloms	Menorca	Es Migjorn Gran
124	Font de sa Vall, o Cova de s'Aigo de Son Boter	Menorca	Es Migjorn Gran
125	Cova de ses Abelles	Menorca	Ferrerries
126	Cova d'en Curt	Menorca	Ferrerries

Taula 2: Cavitats de les Balears proposades per la Federació Balear d'Espeleologia com a Patrimoni Geològic en un document tècnic encomanat el 2008 per la Direcció General de Recursos Hídrics (Conselleria de Medi Ambient).

Table 2: Caves proposed as geological heritage of the Balearic Islands by the Federació Balear d'Espeleologia, included in a technical paper commissioned in 2008 by the Department of Water Resources (Conselleria de Medi Ambient).

Mallorca	
Cova de sa Bassa Blanca	Alcúdia
Font de ses Aiguades	Alcúdia
Cova des Bastons (o C-11)	Alcúdia
Cova de Son Sant Martí (o avenc de Sant Martí)	Alcúdia
Cova de ses Llàgrimes	Alcúdia
Cova de sa Sínia de Son Toni Amer	Campos
Pou de Can Carro (o Cova de ses Sitjoles)	Campos
Cova de na Barxa	Capdepera
Cova de na Mitjana	Capdepera
Cova dets Ases	Felanitx
Cova de sa Sínia	Felanitx
Cova des Coll	Felanitx
Cova des Carrer de sa Punta	Felanitx
Cova de ses Barraques	Felanitx
Cova de Cala Mitjana	Felanitx
Cova d'en Bassol (o den Passol)	Felanitx
Cova des Pas de Vallgornera	Llucmajor
Cova Genovesa (o den Bessó)	Manacor
Cova de Can Bordils (o des Amagatalls)	Manacor
Cova des Coloms (I)	Manacor
Coves del Drac	Manacor
Sa cova Figuera (o cova Figuera)	Manacor
Cova de s'Aigo	Manacor
Cova des Fumassos	Manacor
Coves dels Hams (o cova dels Hams)	Manacor
Cova de s'Ònix	Manacor
Cova de sa Piqueta (Sistema Pirata-Pont-Piqueta)	Manacor
Cova des Pou	Manacor
Es Secret des Moix	Manacor
Cova de sa Sínia	Manacor
Cova del Dimoni	Manacor
Avenc des Camp des Pou (Sistema Gleda-Camp des Pou)	Manacor
Cova de cala Varques A-C-D (o cova des Xuetes)	Manacor
Cova de cala Varques B	Manacor
Coves del Pirata (Sistema Pirata-Pont-Piqueta)	Manacor
Cova de cala Falcó	Manacor
Cova des Pont (Sistema Pirata-Pont-Piqueta)	Manacor
Cova des Serral	Manacor
Cova des Sòtil	Manacor
Cova de sa Gleda (Sistema Gleda-Camp des Pou)	Manacor
Avenc de Cala en Gossalba	Pollença
Cova de S'illot (o des Talaiot de s'Illot)	Sant Llorenç
Cova de s'Abisament	Sant Llorenç
Cova de sa Torre	Sant Llorenç
Cova des Drac de Cala Santanyí	Santanyí
Cova des Rafal des Porcs (o des Dracs)	Santanyí
Cova des Burrí	Cabrera
Cova de sa Llumeta	Sa Conillera (Cabrera)
Cova de sa Font (o des Moro)	Sa Dragonera
Menorca	
Cova de s'Aigo	Ciutadella
Cova de sa Tauleta	Ciutadella
Cova de na Figuera	Ciutadella
Cova de ses Figueres	Sant Lluís
Cova Polida	Es Mercadal
Avenc de s'Albufereta	Es Mercadal
Cova dels Anglesos	Es Mercadal
Formentera	
Coves de sa Pedrera	Formentera
Cova de Can Ferrando	Formentera

per a l'estudi de la nostra prehistòria, tant que de la seva fase més primerenca, no coneixem altres restes que les fornides per jaciments cavernícoles. És normal que un medi tan conservador, tan ric en materials, i a la vegada tan fàcil d'excavar, sia objectiu prioritari dels excavadors, tant dels arqueòlegs professionals com dels pirates. Aquest patrimoni arqueològic subterrani cal que sigui preservat a tota costa. Les excavacions dels pirates i col·leccionistes representen una amenaça constant: una peça treta de context no té gaire valor científic, alhora que llur extracció incontrolada, sense registre estratigràfic, pot fer malbé totalment el dipòsit. Una excavació és com llegir un llibre i anar-ne cremant els fulls com els anam passant: la informació que no s'hagi pogut arplegar durant l'excavació és perduda per sempre.

D'altra banda, moltes de les nostres caveres han sofert acondicionaments per a facilitar-hi l'accés (ponts, rampes per devallar-hi el bestiar, etc.), especialment aquelles que estotgen aigua. Totes aquestes obres constitueixen també un patrimoni etnològic que cal preservar.

DIRECTIVA MARC DE L'AIGUA

La Directiva 2000/60/CE del Parlament europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 per la que s'estableix un marc comunitari d'actuació dins l'àmbit de la política d'aigües (DO L 327 de 22.12.2000) malgrat esser una norma pensada essencialment per a masses d'aigua dolça, també contempla les aigües subterrànies (dolces i de zona de mescla) i les aigües marines portuàries i litorals.

En la declaració del seminari ministerial sobre aigües subterrànies, celebrat a l'Haia el 1991, es reconeixia la necessitat d'adoptar mesures per evitar el deteriorament a llarg termini dels aspectes qualitius i quantitius de les aigües dolces i es va demanar l'aplicació de un programa de mesures abans de l'any 2000, encaminat a aconseguir la gestió sostenible i la protecció dels recursos hídrics. En les Resolucions de 25 de febrer de 1992 i de 20 de febrer de 1995, el Consell va exigir un programa d'actuació en matèria d'aigües subterrànies i una revisió de la Directiva 80/68/CEE del Consell, de 17 de desembre de 1979, relativa a la protecció de les aigües subterrànies contra la contaminació causada per determinades substàncies perilloses, en el marc d'una política general de protecció de les aigües dolces.

L'estat quantitatiu d'una massa d'aigua subterrània pot tenir repercussions en la qualitat ecològica de les aigües superficials i dels ecosistemes terrestres associats amb aquesta massa d'aigua subterrània.

Taula 3: Coves amb ambients anquihalins del litoral de les Balears incloses a l'inventari de zones humides.

Table 3: Caves with anquihaline environments in the coasts of the Balearic Islands included in the inventory of wetlands.

S'han d'establir definicions comunes de l'estat de l'aigua en termes qualitatiu i, quan afecte a la protecció del medi ambient, quantitatiu. S'han de fixar objectius mediambientals per garantir el bon estat de les aigües superficials i subterrànies en tota la Comunitat Europea i evitar el deteriorament de l'estat de les aigües a nivell comunitari.

Els Estats membres han de tractar d'aconseguir l'objectiu mínim del bon estat de les aigües mitjançant la definició i aplicació de les mesures necessàries dins dels programes integrats de mesures, tenint en compte els requisits comunitaris existents. S'ha de mantenir el bon estat de les aigües allà on ja existeixi. Pel que fa a les aigües subterrànies, a més de complir els requisits del bon estat, s'haurà de registrar i invertir tota tendència significativa i sostinguda a l'augment de la concentració de qualsevol contaminant.

Les aigües superficials i subterrànies són, en principi, recursos naturals renovables. En concret, la garantia del bon estat de les aigües subterrànies requereix mesures primerenques i una estable planificació a llarg termini de les mesures de protecció, a causa del lapse natural necessari per a la seva formació i renovació. Aquest lapse de temps ha de tenir en compte els calendaris pertinents pel que fa a les mesures relatives a l'assoliment del bon estat de les aigües subterrànies, així com de les mesures destinades a invertir qualsevol tendència significativa i sostinguda a l'augment de la concentració de contaminants en les aigües subterrànies.

L'objectiu d'un bon estat de les aigües s'ha de perseguir en cada conca hidrogràfica, de manera que es coordinin les mesures relatives a les aigües superficials i les aigües subterrànies pertanyents al mateix sistema ecològic, hidrològic i hidrogeològic.

L'objecte d'aquesta Directiva és establir a l'article 1 amb un marc per la protecció de les aigües superficials continentals, les aigües de transició, les aigües costaneres i les aigües subterrànies que: a) previngui tot deteriorament addicional i protegeixi i millori l'estat dels ecosistemes aquàtics i, pel que fa les seves necessitats d'aigua, dels ecosistemes terrestres i zones humides directament dependents dels ecosistemes aquàtics; b) promogui un ús sostenible de l'aigua basat en la protecció a llarg termini dels recursos hídrics disponibles; c) tingui per objecte una major protecció i millora del medi aquàtic, entre altres formes mitjançant mesures específiques de reducció progressiva dels abocaments, les emissions i les pèrdues de substàncies perilloses prioritàries (substàncies enumerades a l'annex X de la directiva); d) garanteixi la reducció progressiva de la contaminació de l'aigua subterrània i eviti noves contaminacions; i e) contribueixi a pal·liar els efectes de les inundacions i sequeres.

A l'article 2, en què es defineixen cada un dels termes utilitzats a la directiva, s'ens parla d'aigües subterrànies: totes les aigües que es troben sota la superfície del sòl a la zona de saturació i en contacte directe amb el sòl o el subsòl.

Com a objectius mediambientals per a les aigües subterrànies, els estats membres hauran de protegir, millorar i regenerar totes les masses d'aigua subterrània i garantir un equilibri entre l'extracció i l'alimentació d'aquestes aigües per tal d'assolir un bon estat de les

Mallorca	
Font de ses Artigues	Alaró
Cova de Randa	Algaida
Cova des torrent de Cúber	Escorca
Font de Can Salas	Pollença
Cova de la Font	Pollença
Avenc de la Font	Pollença
Cova de Can Sivella	Pollença
Font d'en Vicenç	Pollença
Font de l'Algaret	Pollença
Cova de les Rodes	Pollença
Avenc de na Borrassa	Pollença
Cova des Estudiants	Sóller
Font des Verger	Sóller
Font des Patró Lau	Sóller
Menorca	
Font de sa Vall	Es Migjorn Gran
Cova d'en Curt	Ferreries

Taula 4: Llistat de les cavitats amb hàbitats dolçaquícies no litorals de les Balears incloses a l'inventari de zones humides.

Table 4: List of caves with non-littoral freshwater habitats of the Balearic Islands included in the inventory of wetlands.

aigües subterrànies, a més trigar, quinze anys després de l'entrada en vigor d'aquesta Directiva.

També han de vetllar perquè s'estableixi un o més registres de totes les zones incloses en cada demarcació hidrogràfica que hagin estat declarades objecte d'una protecció especial, en virtut d'una norma comunitària específica relativa a la protecció de les seves aigües superficials o subterrànies o a la conservació dels hàbitats i les espècies que depenen directament de l'aigua. Marca que el registre s'ha de completar dins del termini de quatre anys comptats a partir de l'entrada en vigor d'aquesta Directiva. Aquest registre ha estat elaborat per la Direcció General de Recursos Hídrics (catàleg de zones humides), però encara no ha estat aprovat. En ell es diferencien, pel que fa a les masses d'aigua càrstica dins una cavitat, les coves de la zona de barreja litoral (coves anquihalines) i les coves de drenatge actiu. En total, es coneixen 84 coves amb ambients anquihalins en el territori Balear, 58 de les quals es consideren de prou importància per incloure-les a l'inventari (Taula 3). Pel que fa al drenatge actiu amb hàbitats dolçaquícies no litorals, s'han inventariat 19 cavitats, 16 de les quals s'han inclòs a l'inventari (Taula 4).

Normativa estatal

La normativa estatal bàsica és la llei 47/2007 o de Biodiversitat (BOE 299, 14-12-2007. Ley 42/2007, de 14 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat) recull aspectes ja esmentats a altres disposicions europees, derogant la llei 4/1989 d'espais naturals. Dins dels principis inspiradors de la llei, aquesta posa, per primera vegada a la normativa estatal, a un mateix nivell la conservació de la Biodiversitat i de la Geodiversitat.

A l'annex I, recollint la directiva hàbitats (tipus d'hàbitats naturals d'interès comunitari) es contempla la designació de zones d'especial conservació (ZEC). A aquest annex s'inclouen les coves no explotades pel turisme (codi 8310) i les coves marines submergides o semisubmergides (codi 8330).

Una de les conseqüències d'aquesta llei fou l'acord del consell de Govern de 29 d'abril de 2011, a instàncies de la Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat i seguint les suggerències del Comitè de Ministres del Consell d'Europa, en la seva recomanació REC (2004) sobre la conservació de l'herència geològica, que insta als governs, a través de 10 propostes d'actuació, a inventariar, protegir i divulgar el Patrimoni Geològic. A nivell estatal la Llei 42/2007 obliga les administracions públiques a protegir el Patrimoni Geològic i la Geodiversitat i a realitzar inventaris dels Llocs d'Interès Geològic.

Per tot això, i d'acord amb la Llei 42/2007, i a fi de protegir el Patrimoni Geològic, s'ha iniciat la tramitació de l'elaboració d'un decret que aprovi l'inventari de llocs d'Interès Geològic (que constituïran la Xarxa Balear de Llocs d'Interès Geològic) i les mesures generals per a la seva preservació i gestió, a través d'un pla de gestió o de les figures de protecció que corresponguin.

L'inici de tot el procediment s'obrirà amb un període d'informació pública i d'audiència dels interessats.

Entre els 87 Llocs d'Interès Geològic inventariats (4 a Cabrera, un al Canal de Mallorca, 16 a Eivissa, 6 a Formentera, 26 a Menorca i 34 a Mallorca) s'han suggerit distintes coves i fenòmens càrstics de totes les Illes Balears (Taula 5). Molts dels Llocs d'Interès Geològic de l'inventari realitzat corresponen a morfologies càrstiques superficials (camps de lapiaz, depressions exocàrstiques...) o cavitats naturals de diverses característiques.

Illla	CODI	Denominació	Tipus d'interès
Cabrera	774001	sa Cova Blava	Geomorfològic / Tectònic / Estratigràfic
Cabrera	774003	Crosta Ferruginosa de sa cova des Burri	Paleontològic / Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic
Eivissa	772002	Polje de Santa Agnès de Corona	Geomorfològic / Estratigràfic / Tectònic
Eivissa	772003	Polje de Sant Mateu d'Aubarca	Geomorfològic / Estratigràfic / Tectònic
Eivissa	772004	Cova de Can Marçà	Geomorfològic / Estratigràfic / Tectònic
Eivissa	798002	s'Atalaia de Sant Josep	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic / Tectònic
Eivissa	798003	es Vedrà i penya-segats des cap Blanc - Racó de sa Pedrera	Estratigràfic / Tectònic / Sedimentològic / Geomorfològic / Miner
Formentera	825001	Rasa i penya-segats de la Mola	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic
Formentera	849001	Penya-segats de cap de Barbaria	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic
Mallorca	644002	Font de s'Almadrava	Hidrogeològic / Tectònic / Geomorfològic
Mallorca	644004	Torrent de Pareis	Geomorfològic / Tectònic / Hidrogeològic
Mallorca	645001	Cap Formentor	Tectònic / Estratigràfic / Geomorfològic / Sedimentari
Mallorca	670005	Manantial de sa Costera	Hidrogeològic / Hidràulic / Tectònic / Geomorfològic
Mallorca	670007	Torrent de Coa negra - Son Pou	Geomorfològic / Hidrogeològic / Hidràulic / Tectònic
Mallorca	671002	Manantial càrstic de ses fonts Ufanes de Gabellí	Hidrogeològic / Tectònic / Geomorfològic
Mallorca	671003	Relleu càrstic de Lluc	Geomorfològic / Hidrogeològic / Estratigràfic / Edàfic
Mallorca	671005a	Complex tectònic puig Major	Tectònic / Estratigràfic
Mallorca	671005b	Complex tectònic puig Roig	Tectònic / Estratigràfic
Mallorca	671006	Puig de s'Alcadena	Geomorfològic / Riscos Geològics / Tectònic / Hidrogeològic
Mallorca	699001	Puig de Randa	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic / Tectònic
Mallorca	723001	Complex arrecifal de cap Blanc	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic / Paleontològic / Tectònic / Petrològic i Geoquímic / Miner
Mallorca	724003	Cova des Pas de Vallgornera	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic / Paleontològic / Petrològic i Geoquímic / Hidrogeològic
Mallorca	749001	Penya-segats costa de Santanyí (s'Almonia a Estret des Temps)	Geomorfològic / Estratigràfic / Tectònic / Hidrogeològic / Paleontològic
Menorca	619003	Rasa i carst de la Mola de Fornells	Geomorfològic / Hidrogeològic / Sedimentològic / Estratigràfic
Menorca	646004	Modelat fluvial del barranc d'Algendar	Geomorfològic / Paleontològic / Estratigràfic
Menorca	646005	Cova de na Polida i cova d'en Xoroi	Geomorfològic / Estratigràfic / Sedimentològic
Menorca	646006	Platja i barranc de Cales Coves	Geomorfològic / Estratigràfic / Sedimentològic
Menorca	646007	Penya-segats de cala Blanca - Cap Artrux	Estratigràfic / Sedimentològic / Geomorfològic / Paleontològic / Petrològic i Geoquímic
Menorca	646008	Modelat fluvial del barranc de Trebalúger	Geomorfològic / Paleontològic / Estratigràfic / Tectònic

Taula 5: Localitats de caràcter càrstic que figuren a la primera proposta de Llocs d'Interès Geològic (LIG) per a les Illes Balears.

Table 5: Karst-related locations included in the first proposal of sites of geological interest (LIG) in the Balearic Islands.

Normativa autonòmica

La Llei 5/2005 de 26 de maig, per a la conservació dels espais de rellevància ambiental (LECO), igual que ho fa la llei de biodiversitat, en el seu títol IV incorpora el règim jurídic propi dels llocs que integren la xarxa ecològica europea Natura 2000: les zones especials de conservació (ZEC) -àrees declarades LIC que una vegada compten amb un pla de gestió passen a ser denominades ZEC- i les zones d'especial protecció per a les aus. A aquest efecte recull que se declari per acord del consell de govern i preveu el règim de l'avaluació de les repercussions dels plans o projectes en aquests indrets.

La declaració d'una figura de protecció d'un espai natural derivades de la Llei de Biodiversitat o de la LECO, suposen una protecció dels sistemes càrstics a on es desenvolupa el seu Pla d'Ordenació de Recursos Naturals (PORN). Exemple d'això es pot trobar amb l'aprovació del PORN de la Serra de Tramunata (BOIB 54 ext., 11-04-2007). Aquest decret ja posa de relleu que l'assoliment d'un nivell de protecció adequat dels sistemes hipogeu (coves, avencs i altres cavitats càrstiques) que es localitzen a la Serra és un dels seus objectius i ha de constituir una de les actuacions prioritàries del Pla rector d'ús i gestió (PRUG). El mateix PORN indica expressament que a les coves, avencs i altres cavitats càrstiques queda prohibit l'abocament i/o vessament o disposició de qualsevol classe de residus. Queda prohibida igualment la destrucció, alteració i extracció de qualsevol element geomorfològic de les cavitats subterrànies.



Figura 2: Sala des Llum (cova de sa Campana, Mallorca). (Foto D. Mayoral).

Figure 2: Chamber known as Sala des Llum in Cova de sa Campana (Mallorca). (Photo D. Mayoral)



Figura 3: Sala des Gegants (cova de sa Campana, Mallorca). (Foto D. Mayoral i A. Merino).

Figure 3: Cova de sa Campana (Mallorca). View of the chamber known as Sala des Gegants. (Photo D. Mayoral and A. Merino).

El PRUG ha d'establir un sistema de protecció i ha de regular l'entrada a les coves, amb especial esment, a les que s'integrin dins la Xarxa Ecològica Europea Natura 2000, constitueixin Espais Naturals Protegits o s'inclouin dins l'àmbit de protecció de la normativa sobre zones humides.

Per a assolir els objectius de protecció dels sistemes càrstics s'han d'impulsar mecanismes de col·laboració amb les diferents Federacions implicades i amb les entitats científiques especialitzades en aquests sistemes.

Respecte a les activitats esportives, el PORN indica que l'escalada, el rappel, el vol lliure, el descens de torrents, el barranquisme, i altres activitats de risc són autoritzables a tot l'àmbit territorial del Pla, excepte en les zones d'exclusió en les quals són un ús prohibit. Això no obstant, a les zones d'exclusió, l'organisme gestor podrà autoritzar aquestes activitats de forma puntual amb justificació de no generació de perjudicis ambientals.

El PRUG de la Serra de Tramuntana indica que l'espeleologia és una activitat autoritzable excepte en les coves i avencs determinats com a zones d'exclusió. A la resta de zones l'organisme gestor pot restringir l'accés de forma motivada quan sigui necessari per assolir els objectius de conservació.

El PRUG de la Serra de Tramuntana (pendent de realització) hauria de regular el desplegament d'aquestes activitats tenint en compte el nombre de persones, la zonificació i ha de fer especial esment a la formació, equips de prevenció i seguretat dels usuaris. Per complir aquests objectius i per facilitar-ne l'autorització, el PRUG podrà establir mecanismes d'acreditació dels usuaris.

Les empreses que ofereixen els serveis a què fa referència aquest article, per poder desplegar la seva activitat i sense perjudici d'altres llicències i autoritzacions, han d'acreditar-se davant l'organisme gestor dels espais naturals protegits.

Cal recordar que el PORN prohibeix la utilització de pintures per a la senyalització dels llocs on es desenvolupin els esports i activitats a què fa referència aquest article. El PRUG ha de regular els sistemes d'ancoratge per tal que no afectin apreciablement a la geomorfologia dels llocs.

Per a activitats que es desenvolupen dins el Paratge Natural de la Serra de Tramuntana, el PRUG ha d'establir les característiques i limitacions de l'acampada i el vivac. Les noves àrees recreatives i/o d'acampada, públiques o privades, es prohibeixen a les àrees d'ús limitat i d'exclusió. El PRUG ha d'establir les condicions i requisits per a les noves àrees a les zones d'ús compatible i d'ús general i els terminis per l'adequació de les àrees existents.

Les coves submarines i epicontinental també són objecte normatiu del PORN. Així, és permès el busseig recreatiu i esportiu a l'àmbit marí que delimita el Paratge Natural de la Serra de Tramuntana. Els clubs o centres que ofereixin aquesta activitat hauran d'acreditar-se davant l'organisme competent en la gestió dels espais naturals protegits. El PRUG ha de regular el règim per a la immersió a l'interior de coves submarines determinant la seva possibilitat o no i establint, si n'és el cas, les modalitats d'aquesta visita.

A l'acord del Consell de Govern de 16 de març de 2007 pel qual es declarava Paratge Natural la Serra de Tramuntana (BOIB 54 Ext. 11-04-2007) es declaren com a Llocs d'Interès Científic (una de les figures de conservació de la LECO) les coves assenyalades a la Taula 6.

COVA DES PAS DE VALLGORNERA: PROPOSTA DE MOMUMENT NATURAL

Una altra iniciativa duita a terme pel Consell de Govern, l'11 de març de 2011 a proposta de la Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat, fou l'inici del procediment de declaració de la cova des Pas de Vallgornera, al municipi de Llucmajor, com a Monument Natural.

Sobre la història de la cova del Pas de Vallgornera trobareu molta informació en un altre capítol d'aquest monogràfic. L'abundància d'espeleotemes de diversos tipus, el gran desenvolupament planimètric de la cova (amb presència de grans sales i llacs que s'estenen en diverses direccions) i les morfologies que aquesta presenta motivaren la protecció, l'any 2000 i per part del Govern de les Illes Balears, de la cova des Pas de Vallgornera com a Lloc d'Interès Comunitari (LIC). D'aquesta manera, es reconeixia la gran importància ecològica i geològica de l'indret (GINÉS *et al.*, 2008; MERINO *et al.*, 2008; GRÀCIA *et al.*, 2009). Des del punt de vista geològic, el conjunt de sales i galeries de Vallgornera és la cova càrstica de major desenvolupa-

Cova des Bufador de Solleric	Alaró
Cova de sa Font de ses Artigues	Alaró
Cova de ses Meravelles	Bunyola
Avenc de s'Aigo	Escorca
Forat dets Amics	Escorca
Avenc de Femenia	Escorca
Avenc de Fra Rafel	Escorca
Avenc des Gel	Escorca
Avenc des Gorg Blau	Escorca
Avenc des Llorer	Escorca
Cova des Mirador de s'Entreforc	Escorca
Avenc de sa Mitjania	Escorca
Avenc des Puig Caragoler	Escorca
Avenc des Silenci	Escorca
Cova des Torrent de Cúber	Escorca
Avenc des Tossals	Escorca
Cova des Corral des Porcs	Lloseta
Font de l'Algaret	Pollença
Avenc de l'Ànfora	Pollença
Cova Argentera	Pollença
Cova del Boc	Pollença
Cova de Cal Pessó	Pollença
Cova de Can Sion	Pollença
Cova de Cornavaques	Pollença
Cova Morella	Pollença
Cova des Rovell	Pollença
Avenc dels Silos	Pollença
Es Bufador de Son Berenguer	Santa Maria
Cova de Can Millo o de Coanegrina	Santa Maria
Avenc de Son Pou	Santa Maria
Font des Patró Lau	Sóller
Font des Verger	Sóller
Cova de Moleta	Sóller

Taula 6: Coves declarades com a Llocs d'Interès Científic dins del Paratge Natural la Serra de Tramuntana.

Table 6: Caves declared Sites of Scientific Interest in the Natural Landscape of Serra de Tramuntana.



Figura 4: Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca). (Foto A. Merino).

Figure 4: Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca). (Photo A. Merino).

ment de Mallorca (devers 67 km) i constitueix un dels sistemes espeleològics de major envergadura de l'Estat espanyol (entre les 10 coves més extenses), amb rellevància destacable fins i tot a nivell europeu.

La cova és objecte de diversos estudis científics, tant geològics com de biodiversitat, entre els quals cal destacar l'excavació d'un jaciment paleontològic de *Myotragus*.

Els valors naturals de la cova des Pas de Vallgornera són indubtables i d'un interès enorme. Es tracta d'una cavitat càrstica pràcticament inalterada per la intervenció antròpica i representa un exponent paradigmàtic de la diversitat d'hàbitats subterranis existents al sud i llevant de Mallorca.

L'especial rellevància de la cova obeeix al seu excepcional interès geoecològic (GINÉS *et al.*, 2008; GRÀCIA *et al.*, 2009) i a la seva ubicació en la proximitat de la línia de costa, la qual cosa al mateix temps la converteix en un ecosistema subterrani especialment vulnerable.

Tots aquests trets definitoris de la cova des Pas de Vallgornera suposen que es pugui enquadrar a la definició de Monument Natural, prevista a la Llei de Conservació dels Espais de Rellevància Ambiental. Amb la declaració com a Monument Natural, és pretenen assolir a l'àmbit de la cova distints objectius:

- a) Protegir l'hàbitat constituït per aquest singular fenomen subterrani i els organismes presents en ell, especialment pel que fa a les espècies cavernícoles que poblen els diferents ambients aquàtics i terrestres de la cavitat.

- b) Protegir el patrimoni espeleològic i geomorfològic que representa aquesta cova, que, a més de ser la més extensa de Mallorca, suposa un exemple antròpicament inalterat del 'endocarst que es desenvolupa en els materials calcaris del Miocè Superior del sud i llevant de Mallorca.
- c) Identificar les actuacions prioritàries i establir els instruments necessaris que permetin assegurar el manteniment de l'estat i funcionalitat de l'ecosistema subterrani i del medi físic en general.
- d) Incidir positivament en el coneixement del patrimoni natural en l'àmbit de la cova, prestant especial atenció a potenciar l'exploració completa i investigació detallada d'aquest sistema espeleològic i dels seus diferents hàbitats.

Per altra banda, amb la proposta i posterior declaració de monument natural és pretén garantir l'estat de conservació de la cova i reduir els perills de deteriorament que afecten la cavitat.

ELS PLANS RECTORS D'ÚS I GESTIÓ (PRUGS): EL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

La LECO estableix mecanismes de planificació dels espais naturals: els PRUGs per als parcs, paratges naturals i reserves naturals (aprovat per decret del Govern i revisats cada 6 anys). Malauradament aquesta normativa no se compleix a tots els espais naturals. El Parc Nacional de Cabrera n'és una excepció (BOIB Num. 97 11-

En perill d'extinció		
<i>Myotis capaccini</i>	Ratapinyada de peus grans	Ordre MAM/2784/2004
Vulnerable		
<i>Miniopterus schreibersii</i>	Ratapinyada de cova	Ordre MAM 2784/2004
<i>Myotis emarginata</i>	Ratapinyada d'orelles dentades	Ordre MAM 2784/2004
<i>Myotis myotis</i>	Ratapinyada gran	Ordre MAM 2784/2004
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Ratapinyada de ferradura grossa	Ordre MAM 2784/2004
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Ratapinyada de ferradura mitjana	Ordre MAM 2784/2004
Interès especial		
<i>Barbastella barbastellus</i>	Ratapinyada de bosc	R.D. 439/1990
<i>Eptesicus serotinus</i>	Ratapinyada dels graners	R.D. 439/1990
<i>Hypsugo savii</i>	Ratapinyada de muntanya	R.D. 439/1990
<i>Myotis daubentonii</i>	Ratapinyada d'aigua	R.D. 439/1990
<i>Myotis escalerae / nattereri</i>	Ratapinyada d'Escalera	R.D. 439/1990
<i>Nyctalus leisleri</i>	Ratapinyada nòctula petita	R.D. 439/1990
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Ratapinyada nòctula gegant	R.D. 439/1990
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Ratapinyada de vores clares	R.D. 439/1990
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Ratapinyada de Nathusius	R.D. 439/1990
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ratapinyada petita comuna	R.D. 439/1990
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Ratapinyada soprano	(nou estatus taxonòmic)
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Ratapinyada de ferradura petita	R.D. 439/1990
<i>Tadarida teniotis</i>	Ratapinyada de coa llarga	R.D. 439/1990

Taula 7: Llistat de les 19 espècies de ratapinyades presents a les Illes Balears i el seu estatus de protecció.

Table 7: List of the 19 species of bats present in the Balearic Islands and their protection status.



Figura 5: Llac de la sala dels Caramells (Sistema Pirata-Pont-Piqueta, Mallorca). (Foto A. Cirer).

Figure 5: Pool located at Sala des Caramells chamber, in the cave system Pirata-Pont-Piqueta (Mallorca). (Photo A. Cirer).

07-2006, Decret 58/2006, de 1 de juliol, pel que s'aprova el plan rector d'ús i gestió del Parc Nacional Marímiterrestre de l'Arxipèlag de Cabrera, per al període 2006-2012). En ell es delimiten unes zones de Reserva definides com aquelles àrees que contenen valors naturals de primera magnitud d'acord amb la seva raresa, fragilitat, biodiversitat i interès científic, que requereixen del màxim grau de protecció. Entre aquestes àrees es delimiten: tots els illots (incloent l'illa dels Conills), la zona del Cap Ventós, la zona d'Es Burrí, la zona S i W de Cabrera i tots els avencs i coves (excepte la cova Blava).

LA PROTECCIÓ D'ESPÈCIES COM A EINA DE GESTIÓ I CONSERVACIÓ: LA RATAPINYADA DE COVA I LES ÀREES BIOLÒGiques CRÍTiques

Fins ara s'ha parlat de la protecció dels hàbitats. Però una altra estratègia que compta amb normativa referent a les cavitats és la relacionada amb la protecció de les espècies que viuen al seu interior. El coneixement de les ratapinyades ha donat un valor especial a aquestes cavitats. Malgrat els endemismes invertebrats són peces clau dins l'evolució de la fauna de les Balears, alguns presents únicament a les Balears, aquests no compten amb un paper important des del punt de la vista normatiu per a l'administració. De les 19 espècies de ratapinyades presents a les Balears una està catalogada com en perill d'extinció, 5 com a vulnerables i la resta com d'especial interès (Taula 7).

Un exemple d'això és l'aplicat a una de les espècies considerada en greu declivi com és la ratapinyada de cova, *Miniopterus schreibersii*. És per això que la Conselleria de Medi Ambient va elaborar el seu Pla de Conservació. A les Balears s'ha fet el seguiment dels moviments especialment a les dues colònies de cria a Mallorca (SERRA-COBO *et al.*, 2006): la cova de ses Ratapinyades (Inca) i la de sa Guitarreta (Llucmajor) amb un total de fins 300 exemplars, que formen colònies mixtes amb altres espècies cavernícoles (*Myotis myotis*, *M. cappaccinii*, *Rhinolophus ferrumequinum* i altres, fins a 1.500 exemplars) i una colònia d'hivernació a Menorca, la més gran de les Balears, la cova d'en Curt, amb uns 2.500 (fins al 2003). Fins ara no s'han localitzat ni les colònies d'hivernació a Mallorca ni les de cria a Menorca. Les ratapinyades refugiades a la cova d'en Curt comencen a abandonar la cavitat a mitjan primavera cercant refugis més càlids i situats en zones riques en recursos tròfics. El mes de febrer de 2003 la cova d'en Curt es va inundar sobtadament a causa de la gran quantitat d'aigua que baixava pel torrent on es troba la cova, a conseqüència de les pluges torrencials que es produïren a la capçalera de la conca (85 l/m², el màxim registre històric per un mes de febrer). La inundació de la cova va causar la mortalitat d'aproximadament el 85% de la colònia. Les prospeccions realitzades a finals d'hivern de 2006 mostraren que la colònia només estava formada per uns 200 individus. L'impacte de la catàstrofe sobre la població de *Miniopterus schreibersii* menorquins fou extremadament acusada i va posar en greu perill la supervivència



Figura 6: Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca). (Foto A. Merino).

Figure 6: Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca). (Photo A. Merino).



Figura 7: Avenc d'en Corbera (Mallorca). (Foto D. Mayoral).

Figure 7: Avenc d'en Corbera (Mallorca). (Photo D. Mayoral).

de l'espècie a l'illa. El creixement natural de les colònies de *M. schreibersii* és lent, de tal manera que solament si s'aconsegueix incrementar artificialment el nombre d'adults reproductors se'n pot produir un augment suficient per sobreviure a una nova inundació.

A escala mundial, la Unió Internacional per a la Conservació de la Natura -UICN- (1996) cataloga l'espècie com a preocupació menor (LC). D'altra banda, encara que és una espècie considerada abundant a Europa, ha sofert aquests darrers anys a França i a la península Ibèrica, mortaldats localitzades i encara mal explicades, cosa que ha provocat la modificació de la situació de l'espècie dins el Catàleg nacional (2784/2004 de 28 de maig), que ha passat d'Interés especial a vulnerable; fet que obliga a redactar un pla de conservació per a l'espècie, que proposi accions que evitin l'extinció de *Miniopterus schreibersii* a l'illa de Menorca i que propiciïn la recuperació de l'espècie a Mallorca, on manquen coneixements sobre les coves d'hivernada. El Pla esmentat també inclou les mesures a prendre en les altres cavitats on es refugien *Miniopterus schreibersii*, així com un paquet d'accions per impedir que es torni a produir una catàstrofe similar.

L'objectiu general del Pla de Conservació fou evitar l'extinció de *Miniopterus schreibersii* a Menorca i aconseguir una dinàmica poblacional que permeti la recuperació del nombre d'individus presents a l'illa abans del 2003, i mantenir la situació de l'espècie a Mallorca. S'ha continuat amb el seguiment, confirmant l'estabilitat a Mallorca, i la recuperació a Menorca (650 ex) a la cova d'hivernada, una de cria i quatre equinoccials. Recentment s'han trobat noves colònies d'hivernada.

Una estratègia de conservació pròpia de la nostra comunitat autònoma, poc coneguda i que supleix la manca de protecció d'altres figures de conservació, és la figura de les Àrees Biològiques Crítiques (BOIB, 106, 16-07-2005). En el Decret 75/2005, de 8 de juliol, es determina la figura d'àrea biològica crítica com l'àmbit geogràfic crític per a la supervivència de l'espècie.

Al BOIB (65, 13-05-2008) es declaren Àrees Biològiques Crítiques alguns refugis per a la conservació de la ratapinyada de cova (*Miniopterus schreibersii*) que actualment no compten amb suficients garanties de conservació (no són LIC, dins la Xarxa Natura 2000, ni estan dins de Parcs o Reserves), sense perjudici de futures declaracions en funció dels descobriments que pugui donar el pla de Conservació. En aquest sentit es declaren ABC distintes coves de Mallorca i Menorca: cova de Son Sant Martí (Alcúdia), coves del Pilar (Palma), cova d'en Curt (Ferrerries) i cova Murada (Ferrerries). Apuntar que altres dues cavitats també importants per a l'espècie, la cova de ses Ratapinyades (Inca) i la cova de sa Guittarreta (Llucmajor), estan ja incloses a la xarxa Natura 2000 (LIC núm. ES5310046 i ES5310048).

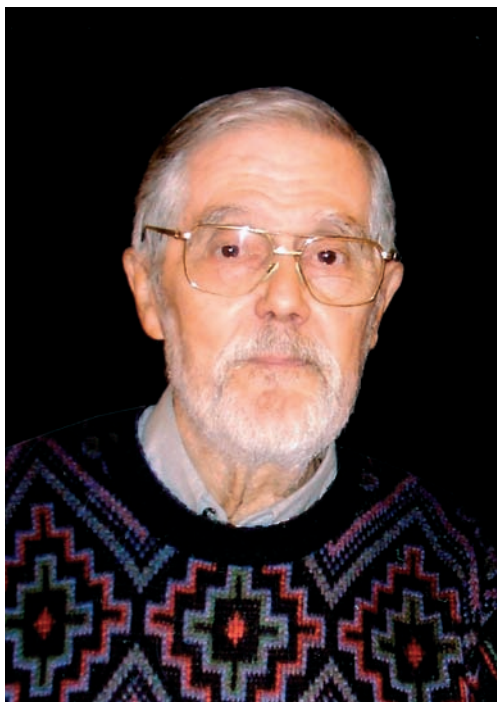
L'ABC afecta a tot el volum de les coves. A més a més, l'ABC definida compta amb un radi de 20 m a partir del contorn de la boca de la cova en totes les direccions. A més, en el cas de la cova d'en Curt, i atesa la situació dins el fons d'un barranc, qualsevol alteració en el perfil d'aquest podria afectar la cova, per la qual cosa s'estableix una superfície de protecció que inclou el fons del barranc.

Bibliografia

- ALCOVER J.A., MOYA-SOLA, S. i J. PONS-MOYA, J. (1981): *Les Quimeres del Passat. Els vertebrats fòssils del Plió-Quaternari de les Balears i Pitiüses*. Monografies Científiques, 1. Editorial Moll. Ciutat de Mallorca, Spain. 260 pp.
- BOE 299, 14-12-2007. *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*.
- BOIB 85, 4-06-2005. *Llei 5/2005, de 26 de maig, per a la conservació dels espais de rellevància ambiental*.
- BOIB 106, 16-07-2005. *Decret 75/2005, de 8 de juliol, pel qual es crea el Catàleg Balear d'espècies Amenacades i d'Espècial Protecció, les àrees Biològiques Crítiques i el Consell Assessor de Fauna i Flora de les Illes Balears*.
- BOIB 97, 11-07-2006. *Decret 58/2006, d'1 de juliol, pel que s'aprova el pla rector d'ús i gestió del Parc Nacional Marítimo-terrestre de l'Arxipèlag de Cabrera, per al període 2006-2012*.
- BOIB 54 Ext., 11-04-2007. *Decret 19/2007 de 16 de març, per qual s'aprova el Pla d'Ordenació dels Recursos Naturals de la Serra de Tramuntana*
- BOIB 54 Ext. 11-04-2007. *Acord del Consell de Govern de 16 de març de 2007 pel qual es declara paratge natural la Serra de Tramuntana*
- BOIB 65, 13-05-2008. *Resolució del Conseller de Medi Ambient de 5 de maig de 2008 pel qual s'aporten els Plans de recuperació de *Limonium barceloi*, de *Milvus milvus* i d'*Apium bermejoi* i de conservació de *Miniopterus schreibersii**.
- Convenció relativa a la conservació de la vida salvatge i del medi natural d'Europa. Comitè permanent. Recomanació n^o 36 (1992) sobre la conservació dels hàbitats subterranis (adoptat pel Comitè permanent el 4 de desembre de 1992).
- Directiva 92/43/CEE del Consell, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres.
- Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 per la que s'estableix un marc comunitari d'actuació a l'àmbit de la política d'aigües (DO L 327 de 22.12.2000).
- ENCINAS, J.A. 1997. Inventari espeleològic de les illes Balears – Any 1997. *Endins*, 21: 103-128.
- ENCINAS, J.A. (2006): *Relación inventarial de subterráneos naturales de las Illes Balears, año 2006*. Ediciones JAES, Colección Tarsilbet, IV. 236 pàgs. Pollença, Mallorca.
- GINÉS, A. & MAYOL, J. (2005): Conservació dels carst i les coves a Mallorca / Conservation of the karst and caves of Mallorca. *Endins*, 20 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 205-216.
- GINÉS, J. i GINÉS, A. 1995. Aspectes espeleocronològics del carst de Mallorca / Speleochronological aspects of karst in Mallorca. *Endins 20/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 99-112.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogènica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- 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.; FORNÓS, J.J. & CLAMOR, B. (2007): Cavitats costaneres de les Balears generades a la zona de mescla, amb importants continuacions subaquàtiques. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 299-352. Palma.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; GAMUNDÍ, P.; CLAMOR, B.; PO-COVÍ, 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.; 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.; GINÉS, J.; CROIX, A. & GINÉS, A. (2008): *Cavitats de les Balears com a Patrimoni Geològic*. Direcció General de Recursos Hídrics. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears. 264 pp.
- HUMPHREYS, W.F., POOLE, A., EBERHARD, S.M. I WARREN, D. (1999): Effects of research diving on the physico-chemical profile of Bundera Sinkhole, an anchialine remiped habitat at Cape Range, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 82: 99-108.
- JAUME, D.; PONS, G.X.; GRÀCIA, F. & VICENS, D. (2001): *Atles de cavitats càrstiques de les Balears elevades a Lloc d'Interès Comunitari (LICs)*. Conselleria de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears. 157 pp
- JUBERTHIE, C. i DECU, V. (Eds). 1994. *Encyclopaedia Biospeologica*, Vols, 1 i 2. Societé de Biospéologie, Moulis (France) i Bucarest, 834 pp.
- JUBERTHIE, C. i DECU, V. (Eds) 1998. *Enciclopaedia Biospeologica*, Vol, 2. Societé de Biospéologie, Moulis (France) i Bucarest, 835 pp.
- 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.
- PONS, G.X. 1991. *Llista vermella de la fauna cavernícola de les Balears*. Doc. Tèc. Cons., 10 Conselleria d'Agricultura i Pesca. 150 pp. Palma de Mallorca.
- PONS, G.X., JAUME, D., GRÀCIA, F. i VICENS, D. (2001). Cavitats càrstiques de les Illes Balears Lloc d'Interès Comunitari (LICs). In: Pons, G.X. (edit.). III Jornades del Medi Ambient de les Illes Balears. Societat d'Història Natural de les Balears. Palma de Mallorca 310-312.
- PONS, G.X. i PALMER, M. 1996. *Fauna endèmica de les Illes Balears*. Inst. Est. Baleàrics -Conselleria d'Obres Públiques, Ordenació del territori i Medi Ambient - Soc. Hist. Nat. Balears. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 5. 307 pp. Palma de Mallorca.
- PONS, G.X., JAUME, D. i DAMIANS, J. 1995. Fauna cavernícola de Mallorca/ Cavernicolous fauna of Mallorca. *Endins 20/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 125-143.
- SERRA-COBO, J., AMENGUAL, B., LÓPEZ-ROIG, M., MÁRQUEZ, J., TORRES, M., RIPOLL A., SÁNCHEZ, A. & OLIVER, J.A. (2006): Catorze anys d'estudis quiropterològics a les Illes Balears (1993-2006). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 49: 89-107.
- RACOVITZA, E.G. 1905. *Typhlocirolana moraguesi* n. g. n. sp. isopode aquatique cavernicole des grottes du Drach (Balears). *Bull. Soc. Zool. de France*, 30: 72-80.
- SONDAAR, P.Y., MCMINN, M., SEGUÍ, B. i ALCOVER, J.A. 1995. Interès paleontològic dels jaciments càrstics de les Gimnèsies i les Pitiüses / Paleontological interest of karstic deposits from the Gymnesic and Pityusic Islands. *Endins 20/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 155-170.
- TRIAS, M. 1995. Arqueologia de les caveres de Mallorca / Archaeology of the caverns of Mallorca. *Endins 20/Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 171-190.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J. & TADDEUCCI, A. (2006): Last interglacial sea level changes in Mallorca island (Western Mediterranean). High precision U-series data from phreatic overgrowths on speleothems. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 50 (1): 1-21.

Joaquim Montoriol i Pous (1924-2011)



Fotografia recent d'en Joaquim Montoriol, presa el 2006 durant una xerrada al Centre Excursionista de Terrassa (Foto: Salvador Vives).

La persona i la seva obra

Sense cap mena de dubte, en Joaquim Montoriol i Pous és una figura cabdal dins la geoespeleologia espanyola de mitjans del segle XX. Nascut a Barcelona el 30 de maig de 1924, desenvolupà la seva carrera acadèmica dins del camp de la geologia a la Universitat de Barcelona, on fou catedràtic del Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals (des de 1989 fins a la seva jubilació) així com vicerector d'Extensió Universitària entre els anys 1978 i 1985. Encara que es tracta d'un aspecte poc documentat, era nebot rebesnet d'en Narcís Monturiol, intel·lectual empordanès d'ideologia republicana qui entre 1858 i 1865 va dissenyar i construir els dos prototips de submarins anomenats *Ictíneo*.

Dins de l'àmbit de l'espeleologia, juntament amb altres pioners com Francesc Vicens, Ferran Termes i Josep M. Thomas, impulsà el 1948 la creació del *Grup d'Exploracions Subterrànies* (GES) del *Club Muntanyenc Barcelonès*, un dels primers grups d'espeleologia de Catalunya i de l'Estat Espanyol. A banda de nombroses activitats espeleològiques al massís de Garraf i

altres territoris calcaris del Principat, efectuà campanyes d'exploració subterrània en punts ben diversos de la geografia peninsular, com Aragó, Cantàbria o Andalusia. Les seves publicacions sobre geoespeleologia són molt nombroses, sobretot a revistes científiques com *Speleon* (editada a Oviedo i posteriorment a Barcelona) i *Rassegna Speleologica Italiana* (Como, Itàlia), o revistes d'espeleologia com *Geo y Bio Karst* (Barcelona).

Pel que fa a les Balears, Montoriol i altres col·legues del GES del CMB participà al manco en un total de 9 campanyes espeleològiques a les illes, en certa manera prenent el relleu de personatges importants de l'espeleologia i les ciències naturals catalanes –com són Noel Llopis Lladó, Josep M. Thomas, Francesc Español o Josep Fernández de Villalta– que ja havien visitat l'illa de Mallorca a finals de la dècada dels 40 del passat segle. Les campanyes efectuades tingueren com a escenari gairebé totes les illes: Mallorca (1951, 1960), Menorca (1948, 1954, 1975), Eivissa (1952), Cabrera (1959, 1968) i Formentera (1963), donant lloc a nombro-

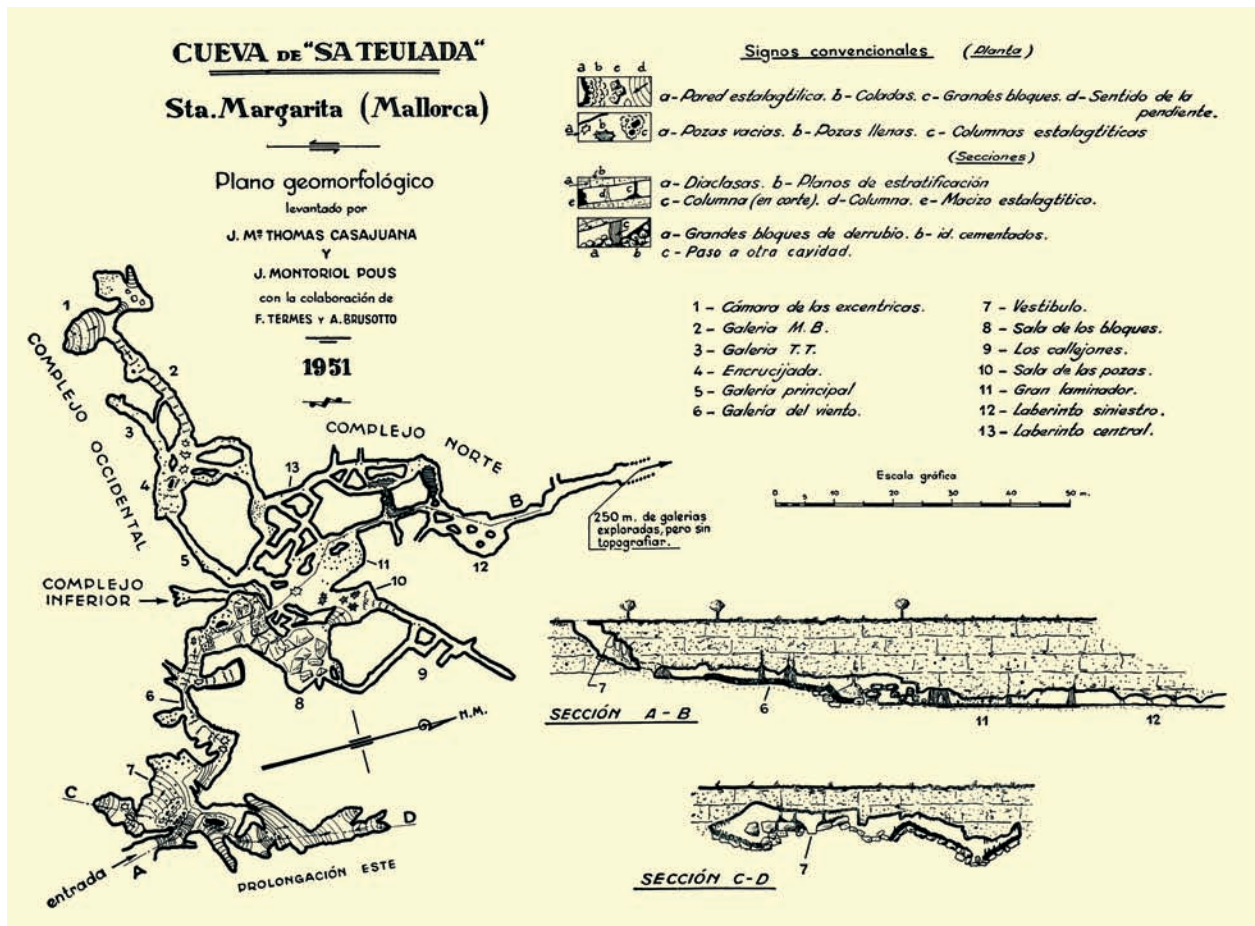


En Joaquim Montoriol l'any 1952, explorant l'avenc del Puig de s'Avenc (Eivissa). Foto: cortesia de la família Montoriol, cedida al "Qui és qui".

ses topografies i a un seguit de publicacions que apareixen recollides al final d'aquestes planes. Aquestes campanyes comptaren amb l'ajut d'alguns naturalistes locals, com per exemple Lluís Gasull, i hi participaren diversos companys habituals del GES com eren: Jaume Assens, Josep M. Armengou, Jordi de Mier, Ferran Termes i Josep M. Thomas, entre d'altres, així com Francesc Monmany qui amb el temps passaria a residir a Mallorca.

A partir dels anys 60 del segle passat, l'interès de Joaquim Montoriol es va anar decantant cap a la vulcanoespeleologia, amb campanyes a les illes Canàries, Islàndia, illes Galàpagos o Rwanda, i molt nombroses publicacions sobre aquesta temàtica espeleològica. La vulcanoespeleologia li permeté desenvolupar àmpliament la seva faceta de viatger infatigable, que gaudia de l'exploració i de la ulterior divulgació naturalística dels territoris que visitava.

Des del punt de vista del panorama espeleològic de les Balears, les exploracions i publicacions de Joaquim Montoriol –i d'altres col·legues seus del GES del CMB– suposaren una revolució dins del migrat coneixement que es tenia aleshores de les coves illenques. En aquells moments les activitats espeleològiques realitzades es limitaven a escasses exploracions estrangeres o d'investigadors catalans, efectuades entre el final del segle XIX i la primera meitat del XX, així com a les tasques primerenques d'un nucli local d'espeleòlegs (l'EME) que



Topografía espeleomorfológica elaborada el 1951, conjuntament amb Josep M. Thomas Casajuana, durant la primera campanya de Montoriol a Mallorca.



En Joaquim Montoriol (a la dreta de la imatge) i Francesc Chavarría fotografiats el 1967 a la Raufarholshellir, important cova volcànica d'Islàndia.

s'estava formant a la Societat d'Història Natural de les Balears. A més de les interessants topografies geomorfològiques elaborades per aquest autor, cal valorar i ressaltar molt especialment l'interès innovador de Montoriol pel que fa a l'estudi de les coves de les illes calcàries, encetant en els seus treballs sobre les Balears l'anàlisi de les interferències entre carstificació litoral i canvis de nivell de la Mediterrània. Els estudis geoespeleològics sobre cavitats o zones geogràfiques concretes, es complementaren amb alguns treballs de caràcter més general, particularment sobre els processos clàstics hipogeus així com sobre les relacions entre litogènesi i climatologia subterrània. Aquests treballs no han comptat posteriorment amb gaire projecció dins la literatura espeleològica espanyola o internacional; en aquest sentit, l'espeleologia física hispana d'aquells moments vivia en un relatiu aïllament respecte de bona part de la producció científica internacional, que marcà la relativa feblesa tant de la seva base doctrinal com de la seva ulterior projecció.

A més de la seva merescuda fama com a conferenciant sobre espeleologia i naturalesa, rebé alguns reconeixements institucionals, com és la Medalla de la Generalitat de Catalunya de 1987 pel seu paper com a forjador de la història espeleològica de Catalunya. Rere una intensa i fructífera existència, va morir el passat 11 de febrer de 2011, als 86 anys. Des d'aquestes planes volem reconèixer el seu paper com a personatge de referència indefugible, així com el mestratge que suposà la seva obra per al conjunt de l'espeleologia balear.

Impressions d'un antic alumne

Vaig ser alumne del professor Joaquim Montoriol al curs 87-88 de l'assignatura de Mineralogia a la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona. Montoriol era d'aquelles persones que vénen precedides per la seva fama. Es pot dir que era àmpliament conegut, i no sols a la universitat o al món de la geologia sinó que també era àmpliament conegut al Col·legi Major on vivia, o a infinitud de centres d'ensenyament, o entitats culturals. Quan feia primer uns alumnes de cursos superiors em deien que gaudiria amb les seves classes, a les que fins i tot hi assistien alumnes d'altres facultats, i que estaven disposats a pagar i tot per anar-hi. La veritat és que les explicacions d'en Joaquim Montoriol no podien ser més divertides. No perdia ocasió per introduir anècdotes, aventures, curiositats i explicacions de tota casta per captar l'atenció de l'alumnat. A mena d'exemple em vénen al cap les explicacions que feia d'un aparell que havien inventat a la facultat per calcular a quina temperatura es formava un mineral, el decrepitòmetre, que il·lustrava amb fotos de l'any tirurany; o quan explicava que les causes per les quals Noruega fos envaïda pels nazis foren geològiques, ja que necessitaven abastir-se dels rics jaciments de ferro de Suècia i la manera més senzilla que tenien d'arribar-hi era a través d'aquell país.

Al Col·legi Major també se'm va parlar d'ell abans d'haver-lo tingut jo com a professor. El Col·legi Major tenia com a tasca impartir conferències, cursos i semi-



El novembre de 2007, durant una conferència a l'Escola el Puig (Esparreguera, Barcelona).

naris. Vaig tenir la sort que en ser un alumne de geologia es feien poques activitats relacionades amb la meua carrera, ja que els alumnes de dret, com que el director era advocat, tenien que assistir a innumbrables conferències. De fet de geologia només se'n feia una conferència anual i era de les poques que s'havia de demanar una sala especial a un col·legi proper, ja que al Col·legi Major no hi havia cap sala per contenir tot l'auditori que venia, i a més era de les poques conferències que la gent assistia per voluntat pròpia, no perquè s'hi sentissin en l'obligació. En aquestes xerrades en Montoriol solia xerrar de les seves aventures. La seva gran afecció era fer viatges. N'havia fet per tot el món, i cada any en tractava d'un diferent. També estaven plenes d'anècdotes, i fins i tot en una ocasió impartí una lliçó introductòria a la llengua russa. Per descomptat no perdia ocasió de parlar de temes de ciències naturals, com els balls nupcials o els cants de les aus, que eren imitats per Montoriol; i tampoc hi faltaven els temes geològics.

En Joaquim Montoriol feia conferències a tot arreu, per escoles, instituts, centres culturals, associacions, etc... Sempre repetia i omplia els seus auditoris. Basta fer una petita recerca a Internet per veure com era d'estimat per les seves conferències.

Anys després, la meua afecció ha estat l'espeleologia, que era també una de les grans afeccions d'en Montoriol, juntament amb els viatges. A Montoriol se li ha de reconèixer el mèrit d'haver estat un dels pioners i

impulsors d'aquesta activitat a Catalunya i també a les Balears on va fer algunes de les seves primeres exploracions. Així vaig poder conèixer també la seva tasca espeleològica.

Com a antic alumne seu li estic en deute. Crec que en Joaquim Montoriol em va ensenyar una cosa que normalment no s'ensenyava a les escoles, ni als instituts, ni a les facultats i és la passió per conèixer i explorar. Potser Montoriol no passarà a la història com a un dels més grans investigadors però la tasca pedagògica que va fer no es pot aprendre ni fent diverses carreres de pedagogia. Ell era sobretot i abans de tot un apassionat i posava passió en tot el que feia, i encara una cosa molt més important, sabia transmetre la passió. Una part del que som li dec a ell, encara que només m'ensenyés una assignatura durant un any; em va transmetre coses que m'agradaria transmetre als meus alumnes, tot i que per dissort jo no som tan bo.

Bibliografia sobre les Balears

- MONTORIOL-POUS, J. (1959): Relaciones entre la quimioliogénesis y la termocirculación. *Speleon*, 10 (1-2): 33-43. Oviedo.
- MONTORIOL-POUS, J. (1961): El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 12 (1-2): 5-34. Oviedo.
- MONTORIOL-POUS, J. (1962): Estudio morfogénico de es Bofador (Santa Maria, Mallorca). *Speleon*, 13 (1-4): 17-30. Oviedo.
- MONTORIOL-POUS, J. (1963): Resultados de una campaña geoespeleológica en los alrededores de la bahía de Palma de Mallorca. *Speleon*, 14 (1-4): 3-32. Oviedo.
- MONTORIOL-POUS, J. (1970): Nota sobre la Cova del Drac de Santanyí (Mallorca). *Speleon*, 17: 41-46. Barcelona.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Nota sobre la génesis de la Foradada (Conejera, Baleares). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19. Barcelona.
- MONTORIOL-POUS, J. (1972): Estudio de una captura kárstica-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91. Barcelona.
- MONTORIOL-POUS, J. & ASSENS-CAPARRÓS, J. (1957): Estudio geomorfológico e hidrogeológico del karst de la península de s'Albufereta (Fornells, Menorca). *Rass. Esp. Italiana*, 9 (1): 3-48. Como, Itàlia.
- MONTORIOL-POUS, J. & ERASO, A. (1961): Étude de quelques cas d'alternance en profondeur des morphologies clastique et lithogénique. *Symposium Internazionale di Speleologia, Varenna 1960*. 2: 101-114. Como, Itàlia.
- MONTORIOL-POUS, J. & TERMES, F. (1965): Les grottes de l'île de Formentera (Baléares) et leurs relations avec les oscillations de la Méditerranée. *Compte Rendu IV Colloque International de Spéléologie, Athènes 1963*. 180-194. Atenes.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1951): Los fenómenos kársticos de Parelleta (Ciudadela, Menorca). *Speleon*, 2 (4): 191-216. Oviedo.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1952): Son Pou (Mallorca). *Speleon*, 3 (3): 109-130. Oviedo.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1952): Estudio geoespeleológico de las formaciones hipogeas de sa Teulada (Santa Margarita, Mallorca). *Speleon*, 3 (4): 159-182. Oviedo.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1953): Resultados de una campaña geoespeleológica en la isla de Ibiza (Baleares). *Speleon*, 4 (3-4): 219-256. Oviedo.

	Cavitat	Municipi	Recorregut
1	Cova des Pas de Vallgornera	Llucmajor	67.873 m
2	Sistema Gleda-Camp des Pou	Manacor	13.500 m
3	Cova des Coll	Felanitx	7.020 m
4	Font de sa Vall o Cova de s'Aigo de Son Boter	Es Migjorn Gran	6.000 m
5	Sistema Pirata-Pont-Piqueta	Manacor	3.091 m
6	Cova Genovesa o d'en Bessó	Manacor	2.415 m
7	Coves del Drac	Manacor	2.359 m
8	Cova de Can Sion	Pollença	1.811 m
9	Cova de sa Campana	Escorca	1.517 m
10	Cova d'en Bassol o d'en Passol	Felanitx	1.491 m
11	Cova des Diners	Manacor	1.096 m
12	Cova de Cala Varques B	Manacor	1.068 m
13	Cova de sa Teulada	St. Margalida	990 m
14	Cova des Drac	Santanyí	973 m
15	Bufador de Son Berenguer	Sta. Maria	964 m
16	Covota de sa Penya Rotja	Alcúdia	917 m
17	Cova Figuera	Manacor	875 m
18	Avenc de l'Infern	Calvià	827 m
19	Cova des Xuetes o Cova de Cala Varques ACD	Manacor	819 m
20	Cova des Drac de Cala Santanyí	Santanyí	803 m
21	Cova Nova de Son Lluís	Porreres	779 m
22	Cova de les Rodes	Pollença	751 m
23	Avenc de Fra Rafel	Escorca	733 m
24	Coves dets Hams	Manacor	719 m
25	Avenc d'en Corbera	Esporles	710 m
26	Cova de na Megaré	Ciutadella	662 m
27	Coves d'Artà	Capdepera	657 m
28	Cova de Cal Pesse	Pollença	649 m
29	Cova dets Ases	Felanitx	626 m
30	Covota des Puig Gros de Bendinat	Calvià	593 m
31	Cova dets Amagatalls o de Can Bordils	Manacor	579 m
32	Cova des Coloms 1	Manacor	575 m
33	Cova de Cornavaques	Pollença	561 m
34	Complex Mamelles	Formentera	559 m
35	Cova dets Estudiants	Sóller	554 m
36	Avenc de Son Pou	Sta. Maria	550 m
37	Cova Polida de Fornells	Es Mercadal	543 m
38	Cova des Reganots	Alcúdia	541 m
39	Coves del Pilar	Palma	531 m
40	Cova de Llenaire	Pollença	515 m
41	Cova des Serral	Manacor	511 m
42	Cova de la Base	Pollença	503 m
43	Cova de sa Bassa Blanca	Alcúdia	484 m
44	Font des Verger	Sóller	469 m
45	Cova d'en Curt	Ferrieres	465 m
46	Cova de Can Millo o de Coanegrina	Sta. Maria	420 m
47	Cova de s'Ònix	Manacor	407 m
48	Es Bufador de Solleric	Alaró	405 m
49	Cova Argentera	Pollença	404 m
50	Coves de Campanet	Campanet	397 m
51	Cova des Màrmol	Ciutadella	387 m
52	Cova de sa Sínia	Manacor	378 m
53	Cova Morella	Pollença	376 m
54	Cova des Mirador o dets Arbrets	Escorca	342 m
55	Cova de ses Llàgrimes	Alcúdia	341 m
56	Cova de Cala Mitjana	Felanitx	340 m
57	Cova des Gurs	Calvià	334 m
58	Cova de ses Meravelles	Bunyola	325 m
59	Crull de ses Termes	Escorca	325 m
60	Cova des Coral-loides	Calvià	324 m
61	Cova del Boc	Pollença	322 m
62	Cova des Coloms	Calvià	321 m
63	Coves de Sant Val-lero	Formentera	318 m
64	Cova de Mina Petit	Pollença	310 m
65	Coves des Màrmol	Calvià	310 m
66	Cova de Canet	Esporles	307 m
67	Font de l'Algaret	Pollença	305 m
68	Avenc des Puig Caragoler	Escorca	304 m
69	Cova de ses Abelles	Ferrieres	301 m

Llistat de les cavitats de les Balears de més de 300 metres de recorregut (actualitzat de GRÀCIA et al., 2009).

List of the caves of the Balearic Islands whose development is longer than 300 m (updated of GRÀCIA et al., 2009).

	Cavitat	Municipi	Recorregut
1	Avenc des Puig Caragoler	Escorca	318 m
2	Cova de sa Campana	Escorca	304 m
3	Avenc des Silenci	Escorca	232 m
4	Crull de ses Termes	Escorca	226 m
5	Avenc d'en Xim	Pollença	204 m
6	Forat dets Amics	Escorca	180 m
7	Avenc des Gorg Blau	Escorca	172 m
8	Avenc de ses Cases Noves	Mancor de la Vall	172 m
9	Avenc Fonda	Pollença	168 m
10	Avenc de Fangar	Campanet	163 m
11	Cova de Can Sion	Pollença	154 m
12	Avenc des Gel	Escorca	147 m
13	Avenc des Travessets	Artà	145 m
14	Avenc de Fra Rafel	Escorca	145 m
15	Avenc de ses Papallones	Bunyola	142 m
16	Avenc d'Escorca	Escorca	139 m
17	Covota de sa Penya Rotja	Alcúdia	139 m
18	Avenc de na Boira	Esporles	134 m
19	Avenc de s'Aigo	Escorca	133 m
20	Avenc de l'Infern	Calvià	132 m
21	Avenc d'en Patrona	Pollença	129 m
22	Avenc de sa Pedra	Esporles	126 m
23	Avenc del Pla de les Basses	Pollença	125 m
24	Avenc de Femenia	Escorca	120 m
25	Avenc de l'Acampada o d'en Navarro	Pollença	114 m
26	Avenc de sa Coma Geneta	Artà	114 m
27	Avenc de na Blanca	Pollença	114 m
28	Avenc des Mamuts	Escorca	105 m
29	Avenc des Cocons	Fornalutx	104 m
30	Cova Argentera	Pollença	103 m
31	Avenc de sa Soca	Calvià	103 m
32	Avenc de sa Mitjania	Escorca	102 m
33	Avenc d'en Lloaxim	Escorca	102 m
34	Avenc des Vi	Andratx	101 m

Cavitats de les Balears amb desnivell superior als 100 metres
(actualitzat de GRÀCIA et al., 2009).

List of the caves and shafts of the Balearic Islands deeper than 100 m
(updated of GRÀCIA et al., 2009).