



Papers de la Societat Espeleològica Balear

3
2020



ISSN-e 2605-3144

Papers de la Societat Espeleològica Balear

Volum 3 (2020)

Papers de la Societat Espeleològica Balear és una publicació de caràcter anual, editada per la:

Societat Espeleològica Balear
C/ Margarida Xirgu, 16
07011 Palma (Mallorca)
email: socespbal@gmail.com

Els articles dels diferents números de la publicació i les instruccions per als autors, es troben accessibles a la següent adreça electrònica:

<http://socespbal.blogspot.com/>

Els treballs per a la seva publicació han de ser enviats a la següent adreça:

publicacions.seb@gmail.com

ISSN-e: 2605-3144

DL: PM 1055-2020

Junta Directiva de la *Societat Espeleològica Balear*

President: Francesc Gràcia Lladó
Vicepresident: Antoni Rafel Valero Flores
Secretari: Vicenç Pla Martínez
Tresorer: Damià Vicens Xamena
Vocal: Juan José Enseñat Pons

Junta de Publicacions dels *Papers de la Societat Espeleològica Balear*

Joaquín Ginés
Joan J. Fornós
Miquel Àngel Gual
Juan José Enseñat

Foto de la coberta: Passatge subaquàtic del sistema Gleda – Camp des Pou (Manacor, Mallorca).
(Foto: A. Cirer).

Foto de la contraportada: Creixement experimental de cristallitzacions freàtiques d'aragonita i de calcita, desenvolupades sobre plaques de vidre als llacs de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca).
(Imatges de microscopi electrònic: Serveis Científicotècnics de la Universitat de les Illes Balears).

Sumari

Sistema Gleda–Camp des Pou (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió <i>per Francesc Gràcia, Antoni Cirer, Juan C. Lázaro, John F. Fernández, Bernat Clamor, Guillem Mascaró, Joan Pérez, Joan J. Fornós, Davide Ansaldo, Dirk Bornemann, Nick Franglen, Álvaro Granell, Pere Gamundi i Juan J. Enseñat</i>	1
Algunes obres d'É.A. Martel publicades el primer quart del segle XX: referències al carst i les coves de Mallorca <i>per Joaquín Ginés i Angel Ginés</i>	33
Els Avencs de s'Esquena dets Ases (Galatzó, Calvià) <i>per Antoni R. Valero</i>	47
El Cruï de ses Moletes (Puigpunyent, Mallorca) <i>per Vicenç Pla i Juan J. Enseñat</i>	55
Sobrecrecimientos freáticos en espeleotemas (POS): una experimentación con placas de vidrio (resultados preliminares) <i>por Ana Entrena, Joan J. Fornós, Lluís Gómez-Pujol y Luis F. Auqué</i>	65
Les “Rundayes de Mallorca” de l'Arxiduc Lluís Salvador: una aproximació espeleològica <i>per Joaquín Ginés i Angel Ginés</i>	83
Les cavitats litorals de sa Punta –Portocolom– (Felanitx, Mallorca), 1 ^a part. Descripció, topografia i aspectes geomorfològics <i>per Gabriel Santandreu, Juan J. Enseñat i Bernat Gaviño</i>	93
El nivell marí a Mallorca durant el darrer interglacial (MIS-5): estat de la qüestió basat en les datacions d'espeleotemes freàtics <i>per Joaquín Ginés, Angel Ginés, Joan J. Fornós, Francesc Gràcia, Paola Tuccimei, Michele Soligo, Bogdan P. Onac i Victor J. Polyak</i>	115



Sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió

Francesc GRÀCIA ^{1,2}, Antoni CIRER ¹, Juan Carlos LÁZARO ¹, John Freddy FERNÁNDEZ ¹, Bernat CLAMOR ¹, Guillem MASCARÓ ¹, Joan PÉREZ ¹, Joan J. FORNÓS ^{1,2}, Davide ANSALDI ¹, Dirk BORNEMANN ¹, Nick FRANGLÉN ¹, Álvaro GRANELL ¹, Pere GAMUNDÍ ¹ i Juan José ENSEÑAT ¹

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: xescgracia@yahoo.es

² Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Abstract

The *Gleda-Camp des Pou* is a cave system that connects to the open air through two collapse entrances found at its extremities. Currently the cave has an approximate development of 14,620 m, of which 13,720 m are underwater and 900 m above the water table. The total area of the cave system is 142,350 m². The predominant direction of the cave is NE-SW, although many of the galleries extend in different directions. The system contains large volume areas that make it stand out among the group of caves on the Mallorcan coast, with a great wealth and variety of corrosion morphologies and speleothems.

The temperature, salinity and depth of the water column have been measured by means of a CTD oceanographic probe. The temperature is close to 19.6°C and the salinity has a stratified profile, with 3 layers separated by pycnoclines. CO₂ and O₂ have also been measured in 7 air chambers spread over different sectors. These chambers have no atmospheric relationship between them as they are separated by underwater galleries, and can be classified into two groups: the rooms that have a more or less direct connection with the surface and those that are more sealed from the outside atmosphere. In the first group, rooms containing air that allows normal respiration, CO₂ values range from 1,100 to 6,230 ppm. The other group of rooms have values that range between 15,000 and 28,000 ppm.

The *Gleda-Camp des Pou System* and the nearby *Pirata-Pont-Piqueta System* are related from a speleogenetic point of view, being respectively the second and third longest caves in the Balearic Islands.

Resum

El sistema *Gleda-Camp des Pou* correspon a una cavitat que s'obre a l'exterior mitjançant dos esfondraments situats a extrems oposats. Actualment la cova presenta un desenvolupament aproximat de 14.620 m, dels quals 13.720 són subaquàtics i 900 m són aeris. La superfície total de la cavitat ocupa 142.350 m². La direcció predominant de la cova és de NE-SW, encara que moltes de les galeries es prolonguen en direccions diferents. El sistema posseeix zones de gran volum que el fan destacar entre el conjunt de coves del litoral mallorquí, amb una gran riquesa i varietat de morfologies de corrosió i també d'espeleotemes.

S'han mesurat mitjançant una sonda oceanogràfica CTD la temperatura, salinitat i fondària de la columna d'aigua. La temperatura està propera a valors de 19,6°C i la salinitat presenta un perfil estratificat amb 3 capes separades per pycnoclines. També s'ha mesurat el CO₂ i l'oxigen en 7 sales aèries repartides als diferents sectors. Les sales no tenen relació atmosfèrica entre elles, ja que es troben separades per galeries sotaiguades. Es poden classificar en dos grups: les sales que tenen comunicació més o menys directa amb la superfície i les que es troben més segellades de l'atmosfera exterior. A les de la primera agrupació, sales amb aire molt tolerable a la respiració normal, els valors de CO₂ oscil·len entre 1.100 i 6.230 ppm. L'altre grup de sales tenen valors que oscil·len entre els 15.000 i 28.000 ppm.

El sistema *Gleda-Camp des Pou* i el proper sistema *Pirata-Pont-Piqueta*, espeleogenèticament relacionats, constitueixen respectivament la segona i tercera cavitats de més recorregut de les Balears.

Gràcia, F. et al. (2020): Sistema Gleda-Camp des Pou (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 1-32. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear. **Rebut:** 30 novembre 2020; **Revisat:** 14 desembre 2020; **Acceptat:** 16 desembre 2020. **Publicat online:** 28 desembre 2020.

Introducció

La marina de Manacor dibuixa una franja paral·lela a la línia litoral, interposada entre la costa i els estreps de les serres interiors. Físicament correspon a una àrea de plataforma calcària miocena amb gran desenvolupament del modelat càrstic, tant en superfície com en fondària. Els ullastrars, mates i pins són la vegetació predominant d'un paisatge d'aridesa amb torrents eixuts només actius en períodes de pluges intenses que desemboquen a la mar en forma de cales. La tasca dels roters va transformar part de la garriga de la marina en cultius d'ametlers, figueres, garrovers i cereals i va compartimentar

el terreny en cel·les envoltades de pedra col·locada formant parets seques anomenades a Manacor sementers, cloves o tanques (GRIMALT & RODRÍGUEZ, 2000).

El sistema de cavitats *Gleda-Camp des Pou* consta de dues entrades actualment accessibles, a les quals s'han d'afegir almenys dues boques més, reblertes als darrers segles. Entenem per sistema una cavitat que presenta diverses entrades situades a llocs allunyats entre sí. Els abocaments que han sofert les coves en despedregar els camps de conreu dels voltants han condemnat moltes entrades de coves. Una vegada acabades de construir pels roters les parets seques que limiten els sementers i cloves, els sobrants de pedres obtingudes en llaurar els camps, molt abundants a la contrada, s'acaramullaven i transportaven en carros. Aquests, estirats per bísties es dirigien als abisaments i clots de les pletes més ben comunicats i avinents per buidar-hi el contingut rocós. D'aquesta manera van desaparèixer els accessos a l'endocarsst de molts d'indrets similars (açò ens va ésser comunicat oralment pels antics mitgers de Son Josep Nou a les darreries del segle XX en referència als *clots del Cendrar* i altres situats als terrenys de la possessió).

L'entrada de la *cova de sa Gleda* es troba a 36 m sobre el nivell de la mar, ubicada enmig d'una torrentera que drena les aigües de cap a cala Magraner, a la marina de Manacor (Figura 1). Pertany a la possessió de Son Josep Nou. S'ha de fer constar que malgrat el nom "espeleològic oficial" la propietat fa una personalització del terme i l'anomena com a *na Gleda*, situada a la clova homònima. El topònim Gleda sembla que prové de greda o creta i és un terme dialectal que també hem trobat a qualque barranc del país Valencià (la vall d'Alcalà, Planes, VIVES, 2010), així com a altres topònims valencians i catalans. El significat que aplega el diccionari català-valencià-balear d'Alcover-Moll és d'argila blanquinosa que s'empra principalment per a treure taques i desengreixar draps. La poca consistència de la roca i el color d'alguns trams de l'abisament podria explicar el topònim. Creta és roca calcària d'origen orgànic, terrosa i blanquinosa. A la costa de Lluçmajor i a la de Santanyí hi ha senglers indrets que es diuen sa Creta que poden tenir la mateixa motivació. També hi ha un poble en el Matarranya, la Franja d'Aragó, de parla catalana que es diu Cretes (com. pers. Cosme Aguiló).

L'avenc des *Camp des Pou* es localitza a 45,5 m d'altitud i és conegut també, de forma popular, com a *cova de Can Llunes* (com. pers. Antoni Pasqual).

Les finques on se situen són parts segregades de l'antiga possessió de Son Fortesa, propietat agrària dominada per la casa matriu fortificada en el segle XIII. En el segle XVI Son Fortesa coneix la seva primera parcel·lació, de la qual es desmembraren les possessions de Son Josep i So na Moixa. A partir de la segona meitat del segle XIX la noblesa entra en decadència i engega la parcel·lació de les seves terres, no obstant això, es mantindrà el latifundi en la zona més immediata a la costa (GUIJON & CABRER, 2004).

La *cova de sa Gleda* ha generat fins al dia d'avui diverses publicacions que documenten l'evolució exploratòria i del coneixement disponible de la cavitat (FORNÓS et al., 1989; GRÀCIA & CLAMOR, 2001; GRÀCIA & CLAMOR, 2006; GRÀCIA et al., 2007, 2010; GINÉS et al., 2008; GÓMEZ-PUJOL et al., 2020). L'avenc des *Camp des Pou* és citat per DARDER (1930) a on comenta que al seu fons es troba un curs subterrani d'aigua dolça. També figura amb aquest nom a l'aplec recopilat per ESTELRICH (1897) de les cavitats de la zona; a TRIAS & MIR (1977) es publica i descriu l'avenc, juntament amb les altres cavitats conegudes de Can Frasquet i cala Varques, en un article que esdevé un clàssic de la documentació espeleològica. La connexió efectuada pel Grup Nord de Mallorca (GNM) entre ambdues coves va permetre relacionar el carst de Son Josep Nou amb les coves de la zona de Can Frasquet i cala Varques. Els importants descobriments exploratoris realitzats a la *cova de sa Piqueta* (*sistema Pirata-Pont-Piqueta*, GRÀCIA et al., 2019), conjuntament amb els efectuats al *sistema Gleda-Camp des Pou* han fet que s'apropin molt aquests dos grans sistemes del llevant de Mallorca, de manera que es veu clarament que es tracta d'un

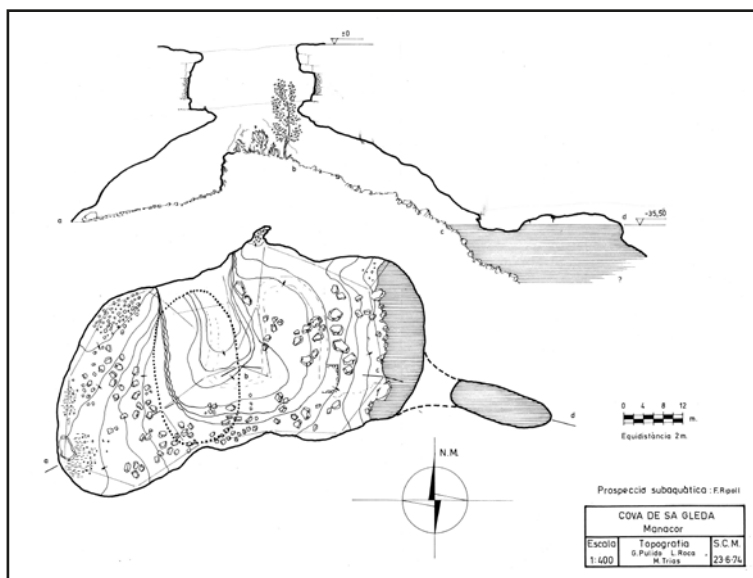


Figura 1: Topografia de la *cova de sa Gleda* de 1974. Apareix un croquis de la cambra d'aire trobada per Francesc Ripoll a la sala homònima.
Figure 1: Survey of *Cova de sa Gleda* (1974), including a sketch of the air chamber named Francesc Ripoll honoring its first explorer.

mateix complex endocàrstic, encara no connectat antròpicament. Amb aquesta publicació actualitzam les darreres exploracions i la topografia de la cavitat i la relacionam amb les coves més properes.

Història de les exploracions al sistema Gleda-Camp des Pou

Els treballs efectuats pel GNM a la *cova de sa Gleda* es varen iniciar l'any 1997 i fins el 2010 van suposar 14 anys de feines i 400 dies d'immersions espeleològiques; amb un temps total de busseig que superava les 2.000 hores. Entre el 2011 i el 2020, amb uns anys d'aturada per haver-se suspès els permisos, el GNM i posteriorment la SEB, han incrementat en 75 dies les recerques a la cova, amb unes 850 hores de feines subaquàtiques.



Figura 2: Francesc Ripoll al llac de la *cova de sa Gleda* l'any 2011 recordant per a televisió les seves immersions de l'any 1974. Filmacions per al programa de *Desafío Extremo* de Cuatro "Inmersión Radical". D'esquerra a dreta: Pere Gamundi, Jesús Calleja, Francesc Ripoll, Francesc Gràcia i en segon terme Miquel Àngel Vives (Foto: M.A. Perelló).

Figure 2: Francesc Ripoll at the pool of *Cova de sa Gleda* (2011) remembering for television his dives during 1974. Filmed for the broadcast titled "Inmersión Radical" within the series *Desafío Extremo* of the TV channel Cuatro. From left to right: Pere Gamundi, Jesús Calleja, Francesc Ripoll, Francesc Gràcia and, in the background, Miquel Àngel Vives (Photo: M.A. Perelló).

Anys 1974 i 1976: l'Speleo Club Mallorca (SCM)

Aquest lapse de temps entra dins la quarta etapa de la història de l'espeleologia de les Balears, l'espeleologia mallorquina convencional. Aquesta s'inicia l'any 1966 i finalitza l'any 1993, i representa l'explosió de l'espeleologia balear; es caracteritza per una immensa producció topogràfica (GINARD et al., 2011). Aquest període es defineix en ambdues coves per les exploracions terrestres i topografia realitzades per l'Speleo Club Mallorca (SCM). La *cova de sa Gleda*, tot i ser feta la topografia l'any 1974 no es publica fins el 1989, aprofitant un estudi geològic de la sala d'entrada, així com de la fauna trobada al llac (FORNÓS et al., 1989). L'*avenc des Camp des Pou*, topografiat el 1976 es dona a conèixer al treball de referència de TRIAS & MIR (1977) de les cavitats de la zona de Can Frasquet-cala Varques.

1974 - Es realitza la topografia de l'espionament que forma la *sala d'Entrada* de la *cova de sa Gleda* per part d'espeleòlegs de l'SCM: Guadalupe Pulido, Lluís Roca i Miquel Trias, l'any 1974 (FORNÓS et al., 1989). En aquesta fase inicial, el mallorquí Francesc Ripoll, també de l'SCM, realitza la primera immersió al llac d'entrada (Figures 1 i 2). Fa servir només un tanc i un regulador que funciona amb dificultat. Únicament s'endinsa una seixantena de metres, arribant al límit de la corda que li van amollant des de la vorera del llac. El principal objectiu era trobar continuacions terrestres més enllà del llac, descobrint part de la sala que porta el seu nom amb la cambra d'aire central en forma de gran cúpula. Es tracta d'una de les primeres immersions pioneres a les coves de Mallorca.

1976 - L'*avenc des Camp des Pou*, situat a Can Llunes és explorat i topografiat per l'SCM (Figura 3). Els espeleotopògrafs són Francesc Mir, Tomàs Fortuny i Miquel Trias (TRIAS & MIR, 1977).

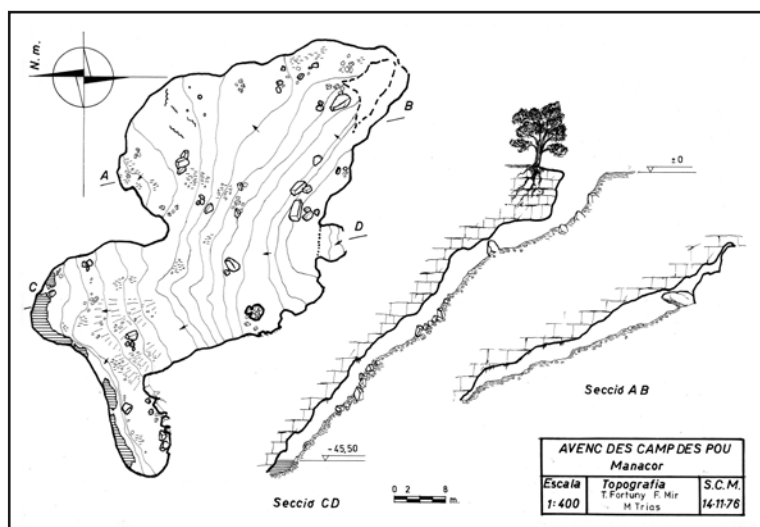


Figura 3: Topografia de l'*avenc des Camp des Pou* de 1976. Al segon llac situat a l'O és on comunica amb el sector de *Gregal* de la *cova de sa Gleda*. A la paret on apareix la lletra "A" és el llac que Ramón Martínez va desobstruir l'any 2012 (*pas d'en Ramón*) i va permetre accedir a la *Zona Terrestre Nova*.

Figure 3: Survey of *Avenc des Camp des Pou* (1976). The connection with the *Sector de Gregal* of the *Cova de sa Gleda* is located in the second pool of the western part. Notice the letter "A" at the wall, that corresponds to the place where Ramón Martínez opened in 2012 the access (*Pas d'en Ramón*) to the *Zona Terrestre Nova*.

Anys 1990, 1996 i 1997: exploracions dels britànics

La cova de sa Gleda i l'avenc des Camp des Pou són explorades per l'equip d'espeleobussejadors gal·lesos del *Cwmbran Caving Club* (CCC), capitanejats per Owen Clarke (OC) les dues primeres campanyes. Al llarg de 8 dies en 3 expedicions diferents es fan immersions en aquestes cavitats, a més a més d'altres dies de busseig espeleològic en diferents coves de Mallorca. Els resultats són l'exploració completa de la primera sala subaquàtica de la cova de sa Gleda: sala Francesc Ripoll (CLARKE, 1991-92). El llegendari espeleobussejador Martyn Farr (MF) (Figura 4) realitza un croquis del que es coneix de la cova (Figura 5), uns 250 m de recorregut subaquàtic (FARR, 1997-98). En una tercera campanya prossegueixen la zona marcada amb una incògnita per MF i exploren gran part del *circuit dels Pirates*. També al llarg d'aquestes recerques s'efectua una immersió a l'avenc des Camp des Pou. S'explora el llac més avinent de la cavitat, al fons del rost més directe des de la boca. Aquest es troba completament clos per blocs i pedres, sense poder davallar més que uns pocs metres.

1990 - Campanya del 6 al 26 d'octubre. Els membres de l'expedició són: OC, Ian Williams i Dave Blenkinsop (CLARKE, 1991-92). Visiten la cova de sa Gleda els dies 10, 11, 16, 19, 23. Les tempestes d'aquests jorns han fet que les torrenteres que conflueixen a la cova s'activen i l'aigua amb fang arriba al llac d'entrada, que no es fa net en totes les jornades de la seva estada a Mallorca. Segons paraules textuais, la visibilitat és zero al llarg dels primers 40 m, però d'ençà dels 80 m, ja es veu perfectament enmig d'una cambra gegant, arribant al final de la línia de 100 m sense veure ni parets ni terra ni sostre, pel gran volum de la sala. S'ha de contextualitzar que els focus d'exploració encara no existien i únicament es disposava de llanternes de poca potència que no deixaven veure molt més enllà d'una desena de metres.

1996 - Campanya del 19 al 27 d'abril. Els membres de l'expedició són: MF, OC, Patrick Cronin (PC) i Gareth Hardman. El 24 d'abril visiten la cova de sa Gleda, acompanyats de Xisco Gràcia i Peter Watkinson de recolzament logístic terrestre. MF s'endinsa en un túnel que descriu com a monstruosament gran i agorafòbic amb grans columnes que destaquen de forma notòria. Veu que hi ha possibilitats cap a l'oest. PC intenta bussejar darrera MF, però la visibilitat és molt dolenta i avorta la immersió. El 26 d'abril, l'objectiu és prospectar el llac de l'avenc des Camp des Pou. Es va examinar exhaustivament el llac ubicat al peu del rost de blocs i pedres que conforma la major part de la cavitat. Tot i assolir una fondària màxima de 6 m, es va trobar totalment bloquejat per blocs per tot arreu. Es va donar per totalment tancat i sense possibilitats (FARR, 1997-98).

1997 - Escafandristes gal·lesos del CCC dels quals no tenim informació de qui eren, exploren 250 m per una galeria que, fent un gran rodeig (*circuit dels Pirates*, Figura 6), es dirigeix de tornada de cap a la sala Francesc Ripoll.



Figura 4: Martyn Farr, llegendari i capdavanter de l'espeleobusseig britànic i referent mundial. Autor del reconegut llibre *The Darkness Beckons* va explorar amb el *Cwmbran Caving Club*, part del sector Clàssic l'any 1996 (Foto: Helen Farr).
 Figure 4: Martyn Farr, legend and leader of the British and worldwide cave-diving. Author of the famous book *The Darkness Beckons* explored with the *Cwmbran Caving Club*, part of the Sector Classic in 1996 (Photo: Helen Farr).

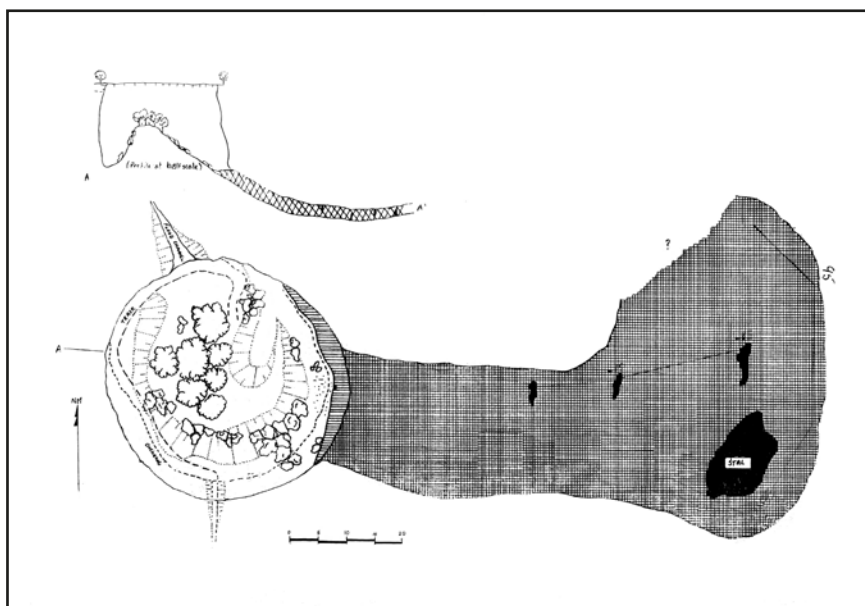


Figura 5: Croquis de la cova de sa Gleda realitzat per Martyn Farr l'any 1996 (FARR, 1997-98). Únicament es coneixia la sala Francesc Ripoll i una part del *Circuit dels Pirates*.
 Figure 5: Sketch of Cova de sa Gleda made by Martyn Farr in 1996 (FARR, 1997-98). Only the Sala Francesc Ripoll and part of the *Circuit dels Pirates* were known at that time.



Figura 6: *Circuit dels Pirates* (sector Clàssic) (Foto: M.A. Perelló).
Figure 6: *Circuit dels Pirates* (sector Clàssic) (Photo: M.A. Perelló).



Figura 7: Intercanvi d'impressions al safareig que es troba prop de la *cova de sa Gleda*, a l'any 1999. Aquesta època va suposar un gran avanç en les exploracions efectuades a la cavitat. D'esquerra a dreta: Bernat Clamor, Juan José Lavergne i Francesc Gràcia, únics exploradors de la cova en aquella època (Foto: R. Landreth).
Figure 7: Exchange of impressions in the irrigation pool near the entrance of *Cova of Sa Gleda*, in 1999. This period represents a great advance in the explorations carried out in the cave. From left to right: Bernat Clamor, Juan José Lavergne and Francesc Gràcia, the only explorers of the cave at that time (Photo: R. Landreth).



Figura 8: *Pas d'en Judes*, forma part de l'esfondrament que ha format la *sala dels Moros* i que per poc no tanca el pas des del sector Clàssic al sector Cinc-Cents (Foto: M.A. Perelló).
Figure 8: *Pas d'en Judes* is part of the breakdown that formed the *Sala dels Moros*, which almost close the passage from the Sector Clàssic to the Sector Cinc-Cents (Photo: M.A. Perelló).

Primeres exploracions del Grup Nord de Mallorca (GNM): 1997 i 1998

El GNM, pren esment de la *cova de sa Gleda* per iniciar la topografia i completar les exploracions. Els espeleobussejadors són: Bernat Clamor (BC) i Francesc Gràcia (FG). Al llarg d'aquests anys es realitzen 11 dies d'immersions. Es tracta d'un primer contacte amb la cova. Se completa el sector Clàssic i s'avança de cap el sector de Ponent.

1997 - El Grup Nord de Mallorca (GNM), a les darreries de 1997 inicia els treballs d'exploració i topografia de les zones submergides de la *cova de sa Gleda*. Es descobreix un pas (*el Portell*), que s'instal·la parcialment, deixant-lo per comeses posteriors. Mentre es prepara l'atac a la zona, la cova es visitada per escafandristes britànics, abans mencionats, que prossegueixen a partir de les guies mallorquines i continuen pel *circuit dels Pirates*.

1998 - El GNM explora algunes galeries laterals del *circuit dels Pirates* (com ara la *sala del Cendrar*); també es descobreixen les *galeries dels Gemecs* i s'aconsegueix forçar el *pas de la Corrosió*. S'incorpora al grup de recerca Juan José Lavergne (J JL).

L'eclosió de la cova de sa Gleda: 1999, 2000 i 2001

Aquest període suposa situar la cavitat en un altre nivell espeleomètric superior, a causa del gran recorregut de les galeries descobertes i del volum de moltes galeries i sales, així com la considerable distància que cal recórrer per arribar a les puntes d'exploració. Es completa l'exploració del sector de Ponent, el sector Cinc-Cents, el sector de la Unió i part del sector de Gregal. Els espeleobussejadors han estat BC, FG i J JL (Figura 7).

1999 - Aquest any les exploracions i noves descobertes a la *cova de sa Gleda* s'incrementen de forma exponencial. Es descobreix la *sala dels Dos Llacs*, la *galeria dels Degotissos*, les *galeries de les Haloclines* (sector de Ponent) i la *sala dels Paleonivells* (sector de la Unió). La troballa i superació del *pas d'en Judes* (Figura 8), permet penetrar en el sector Cinc-Cents; exploració de la *galeria Cinc-Cents* i de la *galeria de les Còniques*. Superació del *pas de l'Apocalipsi*, que possibilita accedir al sector de la Unió des del sector de Ponent. Exploració del sector de la Unió des del sector Cinc-Cents.

2000 - Troballa del sector de Gregal, a partir del descobriment de la *galeria de les Plomes*. Connexió de galeries en el sector

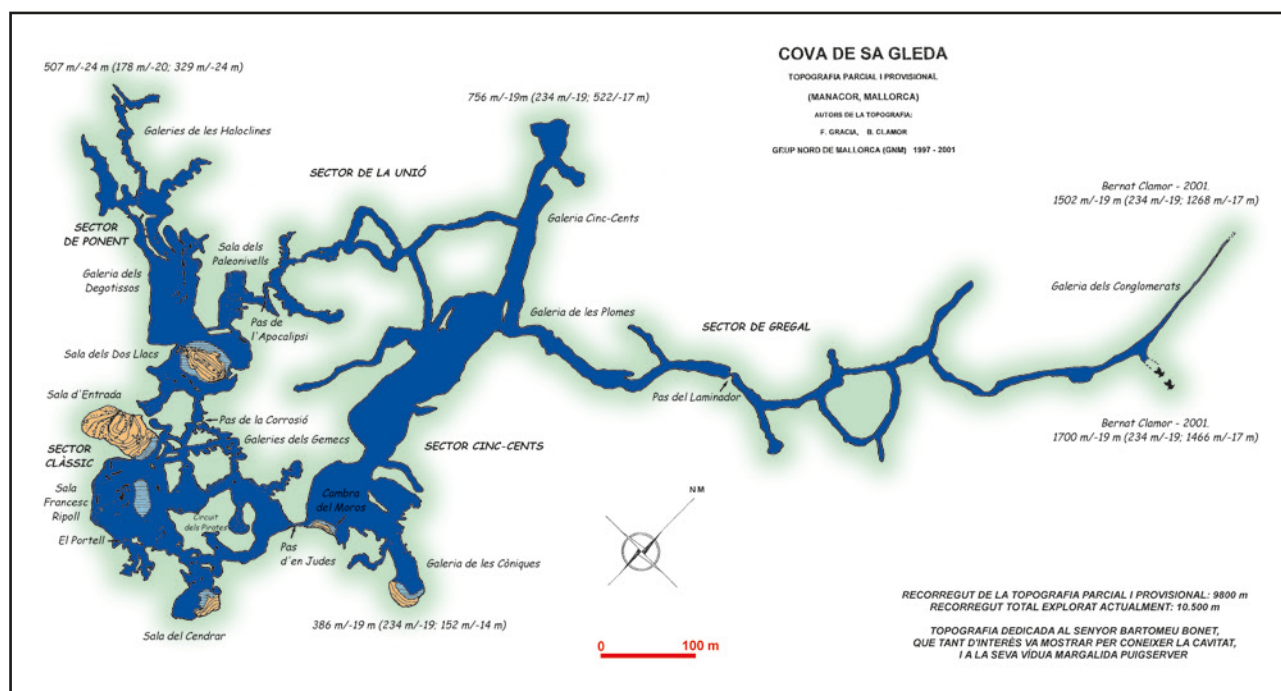


Figura 9: Topografia de la cova de sa Gleda de l'any 2001, on en color blau marí apareixen les zones subaquàtiques, en blau cel els llacs i cambres aquàtiques amb aire i en marró les àrees emergides.
 Figure 9: Survey of Cova de Sa Gleda (2001). Underwater areas appear in navy blue, the pools and air chambers in sky blue and the emerged areas in brown color.

de la Unió. Realització de multitud d'exploracions en aquest sector. El GNM es planteja un canvi d'estratègia, ja que les grans distàncies a recórrer per realitzar les tasques a la cova i la major fondària d'algunes zones fa que es comenci a emprar nítrix com a gas per reduir els temps de descompressió, que en alguns casos supera els 35 minuts.

2001 - Al sector de Gregal s'assoleix, la punta més extrema d'exploració (distància màxima lineal, Figura 9).

Període d'estudis complementaris de la cova: 2003-2008

Al llarg d'aquest període es realitzen 84 dies d'immersions i es fa l'estudi del perfil hídric, morfològic, sedimentari, topogràfic, de fauna aquàtica i terrestre, recollida de paleonivells freàtics (POS) i realització de fotos al llarg d'una primera fase de recerca, gràcies al projecte d'investigació

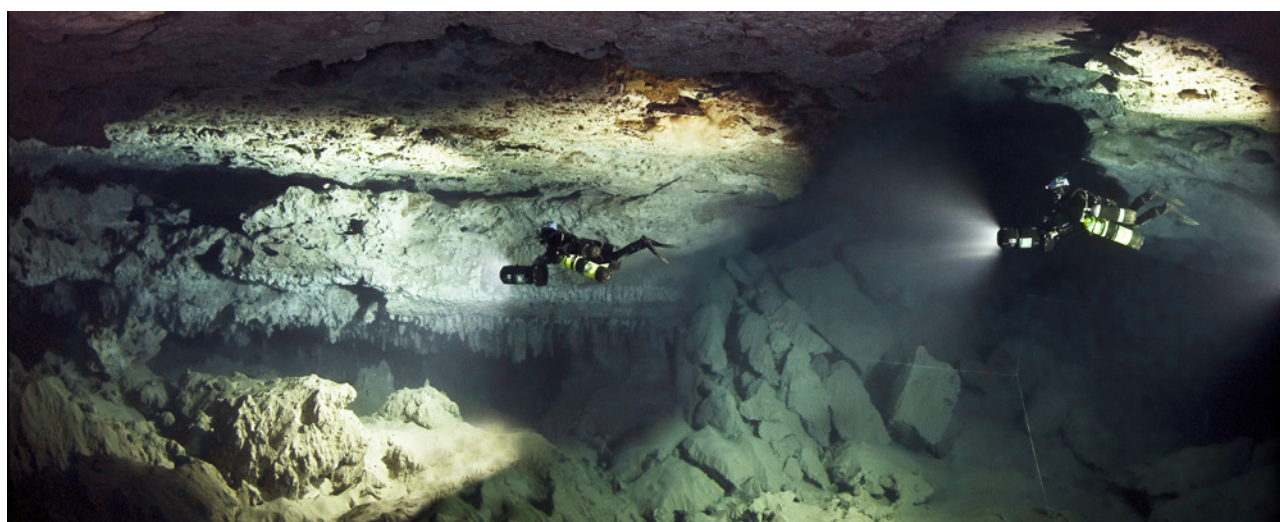


Figura 10: A partir de l'any 2008 es fan servir de forma habitual els propulsors per poder arribar als sectors més allunyats (galeria Cinc-Cents) (Foto: A. Cirer).
 Figure 10: From 2008 onwards, propellers were commonly used to reach the most remote sectors (Galeria Cinc-Cents) (Photo: A. Cirer).

de Conservació de la Biodiversitat 2007 (GRÀCIA et al., 2007). El 2006 s'efectua la filmació amb membres del GNM de dos capítols per a *Televisión Española* del programa *Al Filo de lo Imposible*, nomenats *La Isla de las Maravillas*. En aquests capítols una de les coves principals és la *cova de sa Gleda*. La duració de les filmacions es va perllongar unes 5 setmanes. Es va emetre per primera vegada per TV l'any 2007. També es realitza l'any 2007, i s'emet l'any 2008, un documental de la *BBC de "Oceans Five"* sobre les cavitats subaquàtiques de Mallorca, dins un capítol dedicat al Mediterrani. El recorregut de la cavitat és de 10.500 m. Al llarg d'aquests anys s'incorporen Mateu Febrer (MF) (el 2004) i Pere Gamundí (PG) (el 2006). D'ençà del 2008 es fan servir habitualment propulsors per poder arribar a les puntes d'exploració i realitzar tasques topogràfiques a les zones allunyades de l'entrada i tenir més temps disponible (Figura 10).

Sistema Gleda-Camp des Pou: 2009-2011

Aquests tres anys són també molt fructífers i es fan activitats de busseig espeleològic al llarg de 44 dies. Destaquen el descobriment del *sector del Fènix*, la troballa de continuacions subaquàtiques a un



Figura 11: Quedada d'espeleobussejadors a l'entrada de la cova. D'esquerra a dreta: Juan Carlos Lázaro, Antoni Cirer, Pere Gamundí, Miquel Àngel Perelló, Miquel Àngel Vives i Anders Kristofersson. La incorporació dels tres primers van avançar molt les feines d'exploració i topografia a la cavitat (Foto: M.A. Perelló).

Figure 11: Speleo-divers at the entrance to the cave. From left to right: Juan Carlos Lázaro, Antoni Cirer, Pere Gamundí, Miquel Àngel Perelló, Miquel Àngel Vives and Anders Kristofersson. The incorporation of the first three divers greatly advanced the tasks of exploration and survey of the cave (Photo M. A. Perelló).



Figura 12: Sector de Gregal (Foto: A. Cirer).
Figure 12: Sector de Gregal (Foto: A. Cirer).

petit llac marginal de l'*avenc des Camp des Pou* que permet connectar amb la *cova de sa Gleda*. També es localitza el *sector Llunyà*. Els espeleobussejadors són BC, FG, MF, PG, Joan Pérez (JP) i Antoni Cirer (AC) (s'incorporà el 2009, Figura 11).

2009 - Es descobreix al *sector de Gregal* (Figura 12), poc després de passar *el Laminador* i a uns 855 m de l'entrada de la cavitat, el pas al *sector del Fènix*. Al *sector de la Unió*, també s'afegeixen algunes galeries que avancen en direcció N. Al *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 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* (Figura 13) i la topografia assoleix els 13.500 m (GRÀCIA et al., 2010). La distància subaquàtica entre les dues cavitats és de 1.589 m.

2011 - Es revisa la *galeria Això No És Vallgornera*. Els dies 23 al 28 de maig, té lloc la filmació a la cova per l'equip de *Desafio Extremo* de Jesús Calleja. Programa especial a *Cuatro*, dintre de la sèrie *Desafio Extremo: Inmersión Radical, la Increíble aventura de sa Gleda* (Figura 2). La base d'operacions logístiques i allotjament es va establir a l'agroturisme de Son Josep.

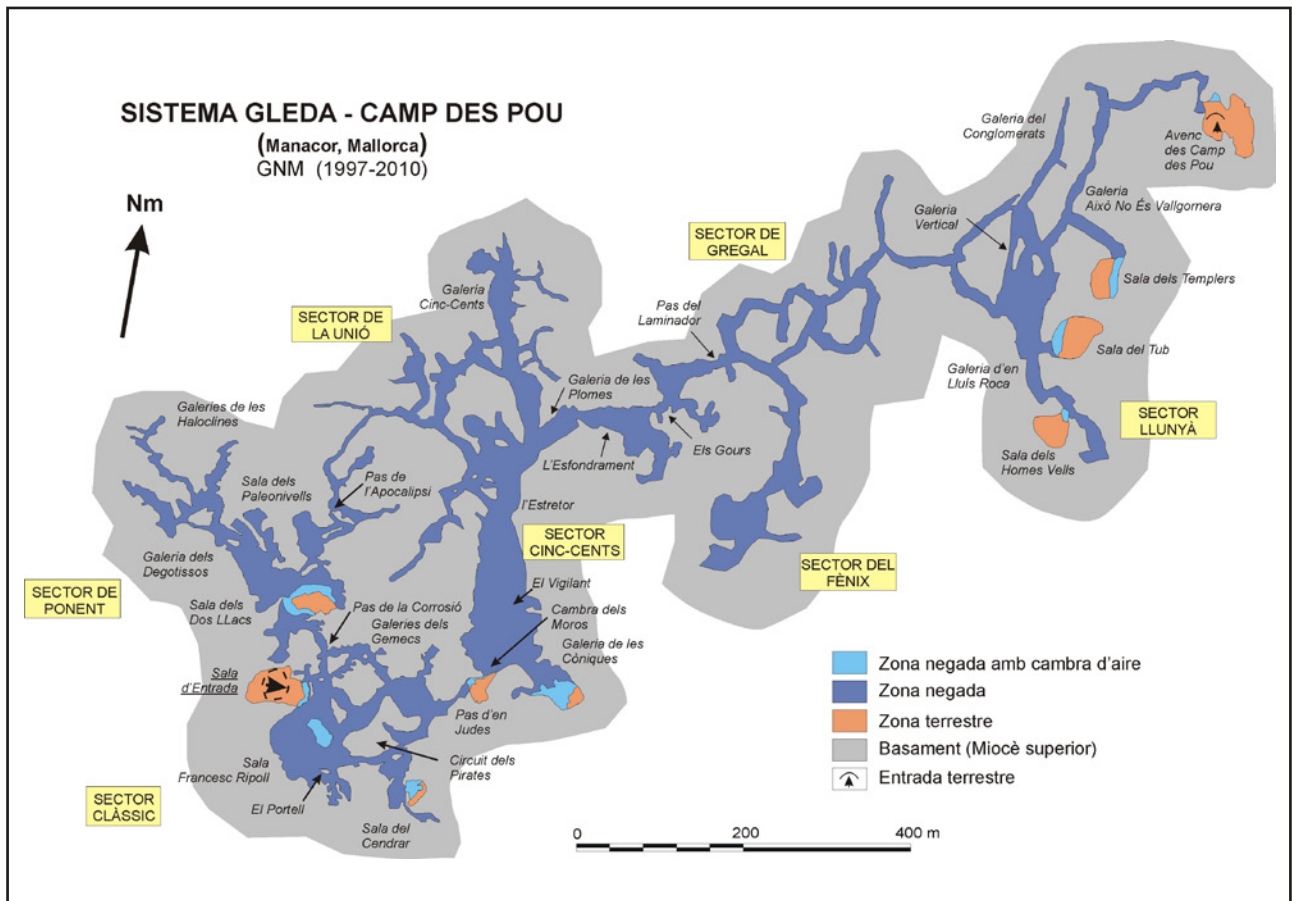


Figura 13: Topografia de la cova amb els resultats obtinguts fins el 2010, ja s'ha connectat la cova de sa Gleda amb l'avenc des Camp des Pou i s'ha avançat molt al sector de Gregal, trobat el sector del Fènix i el sector Llunyà (GRÀCIA et al., 2010).

Figure 13: Survey of the cave system with the results obtained until 2010. Those days the connection of Cova de sa Gleda with the Avenc des Camp des Pou was achieved and much progress had also been made in the Sector de Gregal; the Sector del Fènix and Sector Llunyà were found as well (GRÀCIA et al., 2010).

Exploració de galeries terrestres i subaquàtiques de la zona sud-est de l'avenc des Camp des Pou: 2012-2015

2012 - El mes de març del 2012, Ramón Martínez (RM) localitza i desobstrueix un pas angost a mitja davallada i al costat sud-est de la cavitat, on li sembla que pot haver possibilitats (MARTÍNEZ & MULET, 2013). Regressa en solitari diversos dies i va llevant terra i pedres per un forat insignificant al terra, al costat de la paret-sostre de roca mare de la gruta. A mesura que retira pedres i terra acumulada forma una vertical del tot inestable i molt estreta que s'obri pas entre les roques (Figura 14). Unes setmanes més endavant, Guillem Mulet (GMT) s'incorpora a les tasques. Han aconseguit accedir a un nou sector desconegut i inexplorat del sistema, a on s'ha d'avançar horitzontalment, amb petites ascensions i descensos, superant blocs, lloses inestables i pedres soltes, fent també progressions en oposició. A la part més allunyada de l'entrada, després d'una davallada final assoleixen uns petits



Figura 14: Pas d'en Ramón al sector de l'Avenc des Camp des Pou. La seva desobstrucció va permetre accedir a la Zona Terrestre Nova i a les galeries sotaiguades inèdites (Foto: J.J. Enseñat).

Figure 14: Pas d'en Ramón in the Sector de l'Avenc des Camp des Pou. Unclogging this connection allowed the access to Zona Terrestre Nova reaching unknown underwater conduits (Photo: J.J. Enseñat).



Figura 15: Eduard Admetlla el 2012, amb 88 anys, llegenda i pioner del busseig i de l'espeleobusseig a Espanya, acudeix a Mallorca per fer una immersió a la cavitat. D'esquerra a dreta: Miquel Àngel Perelló, Eduard Admetlla, Josep Maria Castellví, Carmen Portilla, Francesc Gràcia i Pere Gamundí. Les imatges es fan servir per fer-li un documental de 20 minuts d'aquesta immersió "De la bellesa i el temps", a càrrec de Josep Maria Castellví, que va esser mereixedor de diversos guardons, entre ells Premi d'Honor del BCN Sports Film 2013 (Foto: M. A. Perelló).

Figure 15: Eduard Admetlla in 2012, aging 88, a legend and pioneer of open water and cave diving in Spain. He came to Mallorca to dive into the cavity. From left to right: Miquel Àngel Perelló, Eduard Admetlla, Josep Maria Castellví, Carmen Portilla, Francesc Gràcia and Pere Gamundí. The images were used to perform a 20-minute documentary film about this dive titled "De la bellesa i el temps", by Josep Maria Castellví, awarded with several prizes including the Premi d'Honor del BCN Sports Film 2013 (Photo: MA Perelló).



Figura 16: Noves incorporacions a les recerques de les coves litorals mallorquines. D'esquerra a dreta: John Freddy Fernández, Francesc Gràcia, Juan Carlos Lázaro i Davide Ansaldo.

Figure 16: New incorporations to the research on Mallorcan coastal caves. From left to right: John Freddy Fernández, Francesc Gràcia, Juan Carlos Lázaro and Davide Ansaldo.

atacar de bell nou el *sector de l'Avenç des Camp des Pou*. GMT es dirigeix al final del fil-guia instal·lat l'any anterior i arriba a una zona més voluminosa amb diverses possibilitats de continuacions. Elegeix la galeria rectilínia amb poques formacions al llarg d'uns 150 m de fil-guia de la qual desconeix la direcció per no disposar de brúixola.

2014 - 22 dies d'immersions, amb una mitjana de dos bussejadors per dia. Els espeleobussejadors han estat per ordre de dies de feina: JFF (16), Juan Carlos Lázaro (JCL) (8), AC (5), Nicolás Betton (NB) (4), FG (3), Guillem Mascaró (GM) (3), BC (1) i Davide Ansaldo (DA) (1). Les principals tasques efectuades a la cavitat han estat la presa de dades d'amplàries del *sector de Gregal* i del *sector Llunyà*. Exploració d'una galeria de 50 m al nord del *sector de Gregal*. Canvi de fil-guia del *sector de*

llacs. En una altra jornada GMT efectua una immersió i comprova que la sala d'esfondrament es perllonga sota l'aigua i que al final, darrera un gran bloc s'obri una galeria horitzontal.

Els dies 12 i 19 de maig s'efectuen arranjaments per part de membres del GNM a l'obertura precària per facilitar i assegurar l'accés al nou *sector de l'avenç des Camp des Pou*; BC, PG, AC, Antoni Cifre, Moisés Bonnín (MB), Rafel Pons i Tomeu Plomer.

El 6 d'octubre AC, BC, PG van al *sector del Fènix* a fer la topografia de la zona descoberta per BC i van explorar 50 m més per un lateral encara amb possibilitats al llarg de 3 hores de busseig.

El 13 d'octubre Eduard Admetlla amb 88 anys, llegenda i pioner del busseig i de l'espeleobusseig a Espanya, acudeix a Mallorca de la mà de na Carmen Portilla de TV Española i de Josep Maria Castellví (JMC). Es posen en contacte amb membres del GNM, que ja coneixien de realitzar episodis de *Al Filo de lo Impossible* (TVE) l'any 2006 (Figura 15). Es registren imatges per part de Miquel Àngel Perelló (MAP) i també de Josep Maria Castellví (JMC). S'allotgen a l'agroturisme de Son Josep Nou, finca a la qual pertany la propietat de la cova. Part de les imatges, altrament de sortir als medis locals d'IB3 es fan servir per fer un documental de 20 minuts d'aquesta immersió "De la bellesa i el temps", a càrrec de JMC, que va esser mereixedor de diversos guardons, entre ells Premi d'Honor del BCN Sports Film 2013.

Al llarg de cinc dies dels darrers mesos de l'any, participen els espeleobussejadors PG, BC, AC i els espeleòlegs de suport Toni Cifre, Francesc Ruíz i José Cordón. Efectuen tasques exploratòries i topogràfiques a l'*avenç des Camp des Pou* en direcció a la *cova de sa Gleda* i al *sector del Fènix*. S'incorpora a l'equip de treball en John Freddy Fernández (JFF) (Figura 16).

2013 - El divendres 27 de juny de 2013, després de més d'un any del descobriment i sense tenir notícies d'exploracions efectuades per altres grups, RM i GMT decideixen

Gregal uns 800 m, numerat des de 600 fins el 1400 i del *circuit dels Pirates*. Hi ha uns 35 minuts de propulsor per arribar a les zones de feina. FG i BC prenen les amplàries a la zona de la *sala dels Templers*. A mitjans setembre denúncies i paralització dels treballs a sa Gleda.

2015 - 3 dies d'immersions. JCL i AC prenen dades d'amplàries i poligonals del *sector Llunyà*. A finals d'any es denega el permís per continuar les tasques a la cova per part de la Conselleria, per denúncies i conflictes entre diverses entitats i persones, fet que suposa un parèntesi de més de 3 anys (fins al 25-5-2019) sense poder anar a la cavitat.

Represa de les tasques a la cavitat per part de la Societat Espeleològica Balear (SEB): 2019-2020

Aquests anys han suposat reprendre les tasques després de pràcticament 4 anys sense poder accedir a la cova. Han estat especialment profitosos els descobriments efectuats al N del *sector de Gregal* i les exploracions al *sector de l'Avenc des Camp des Pou*, on s'ha incrementat de forma significativa el recorregut de les galeries sotaiguades. En aquests anys s'han afegit a l'equip en Nick Franglen (NF), Àlvaro Granell (AG), Sebastián Ventura (SV), Dirk Bornemann (DB) i Tim Bornemann (TB). L'avanç del coneixement de la gruta al llarg dels anys ha estat notori (Figura 17).

2019 - Nova temporada després de molt de temps aturats per mor de conflictes i denúncies. DB i JP substitueixen 400 m de fil-guia vell per altre de nou a la *galeria Cinc-Cents* i AG i FG van darrera topografiant les noves poligonals. Es mesuren amplàries de part del *circuit dels Pirates* i d'una zona de la *galeria Cinc-Cents*. Topografia a la zona N del *sector de Gregal*.

Primera campanya del projecte arqueològic *Investigación Arqueológica Subacuática en las Cuevas de Mallorca* (IASCM) dirigit per Manel Fumàs i ajudats logísticament pels GEAS, a on la cavitat és un dels objectius del projecte.

A les darreries de 2019, després d'anys d'impàs, s'efectua un reconeixement i topografia de la *zona Terrestre Nova* del *sector de l'Avenc des Camp des Pou* per part de Juanjo Enseñat (JE), JP, FG, Antoni Rafel Valero i Colau Cerdà. Més endavant, JP (bussejador principal), FG i JFF transporten l'equip d'immersió i es posen 200 m de fil-guia i la cova segueix (Figura 18).

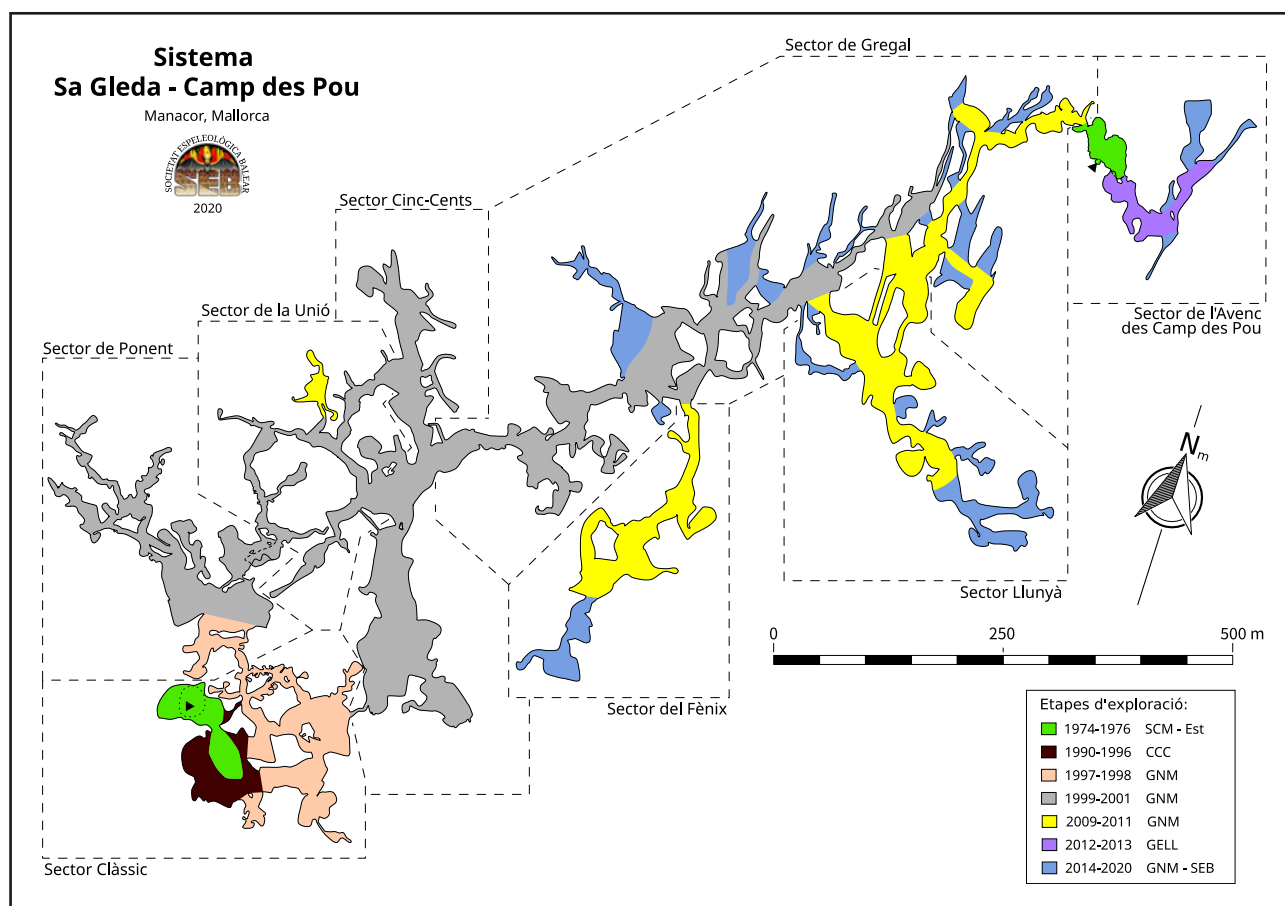


Figura 17: Principals etapes de les exploracions dutes a terme a la cova.
Figure 17: Main phases of the explorations carried out in the cave system.



Figura 18: Preparatius per explorar al llac de la Zona Terrestre Nova del sector de l'Avenc des Camp des Pou. D'esquerra a dreta: John Freddy Fernández i Joan Pérez (Foto: F. Gràcia).

Figure 18: Preparations for exploring the pool of the Zona Terrestre Nova, located at Sector de l'Avenc des Camp des Pou. From left to right: John Freddy Fernández and Joan Pérez (Photo: F. Gràcia).

En total aquest any s'ha anat 10 dies de busseig per part de 8 espeleobussejadors: NF (5), DB (4), JP (4), AG (4), FG (3), DA (3), JFF (2) i GM (1).

2020 - *Avenc des Camp des Pou*. JFF, FG, JP, GM, JE i Armando Lobo. JFF com a bussejador principal instal·la uns 200 m més de fil-guia.

Al sector de *Gregal* s'exploren les puntes del NE. Es mesuren les dades atmosfèriques de les sales amb aire. GM i FG topografien la *sala del Tub* i JFF explora uns 40 m d'una galeria no coneguda i topografia uns 30 m al nord de la *sala dels Templers*. NF amb 4 tancs, a la *sala Baixa*, al nord del sector de *Gregal*, mentre revisa la part terminal de diverses galeries amb anotacions de feines pendents troba oberta una de les puntes i explora la *galeria dels Dos Ulls*. Miquel Àngel Perelló, GM, JP i FG fan una sessió de fotografia de volum.

En total 12 dies de feines i 9 espeleobussejadors implicats: GM (4), JFF (3), NF (2), FG (2), JP (2), AG (2), DB (19), SV (1), MAP (1).

Descripció general del sistema Gleda-Camp des Pou

Amb les darreres exploracions, podem considerar la cova com una successió de sales i galeries d'un desenvolupament aproximat de 14.620 m, dels quals 13.720 són subaquàtics i 900 m són aeris. La superfície total és de 142.350 m² (Taula 1). La fondària màxima és de 24,5 m sota les aigües. La direcció predominant de la cova és de NE-SW, encara que moltes de les galeries es prolonguen en direccions diferents. La cavitat s'obre a l'exterior, a uns 36 m i 45 m sobre el nivell de la mar, per dos esfondraments. Una de les entrades, la boca de la *cova de sa Gleda*, és un espectacular abisament que comunica amb una sala amb la zona E ocupada per un llac (Figura 1). *L'avenc des Camp des Pou* forma una entrada més modesta, però que forma part també d'un procés de col·lapse de grans dimensions (Figura 3).

La cavitat s'ha subdividit en vuit sectors (Figura 19) per facilitar la ubicació dels diferents àmbits: *sector Clàssic*, *sector de Ponent*, *sector Cinc-Cents*, *sector de la Unió*, *sector de Gregal*, *sector del Fènix*, *sector Llunyà* i el *sector de l'avenc des Camp des Pou*. Dels 8 sectors, 7 tenen connexió subaquàtica entre sí i formarien una unitat, a nivell pràctic, respecte de la resta de la gruta. El *sector de l'avenc des Camp des Pou* queda separat de la resta per l'esfondrament que ha format l'entrada i les zones terrestres de *l'avenc des Camp des Pou*. La part subaquàtica d'aquest sector es localitza a l'E de la cavitat, molt a prop del sistema *Pirata-Pont-Piqueta*.

Tenint en compte la totalitat de la cova, el *sector Clàssic* està situat al S, el *sector de Ponent* al NW, el *sector Cinc-Cents* parteix des del costat oriental del *sector Clàssic* i es desenvolupa gairebé en direcció general N, el *sector de la Unió* enllaça el *sector Cinc-Cents* per diferents indrets amb el *sector de Ponent*, el *sector de Gregal* avança en clara direcció NE i és el que configura la direcció predominant de la cova. Del *sector de Gregal* parteix cap al SW el *sector del Fènix* i també el *sector Llunyà* en direcció SE, mentre que al seu extrem NE enllaça amb el *sector de l'Avenc des Camp des Pou*.

Sector Clàssic

El sector Clàssic, està integrat per tres sales importants (*sala d'Entrada*, *sala Francesc Ripoll* i *sala del Cendrar*) i diverses galeries (*circuit dels Pirates* i *galeries dels Gemecs*) que les comuniquen entre sí i amb altres sectors. El recorregut és de 1.710 m, dels quals són subaquàtics 1.540 m, 230 m terrestres i l'àrea total del sector representa 15.697 m² (Taula 1).

La *sala d'Entrada*, dolina d'esfondrament ombrívola pel desnivell i per l'efecte afegit de les figueres, prossegueix de forma ampla i espaiosa amb la *sala Francesc Ripoll*, a mode de rebedor grandios ja

Espeleometria	Recorregut total (m)	Recorregut subaquàtic (m)	Recorregut terrestre (m)	Superfície total (m ²)	Superfície subaquàtica (m ²)	Superfície terrestre (m ²)	Superfície llacs (m ²)
Sector Clàssic	1.710	1.540	230	15.697	12.303	2.465	929
Sector de Ponent	1.670	1.550	120	15.663	14.196	811	656
Sector de la Unió	1.240	1.240	0	10.561	10.561	0	0
Sector Cinc-Cents	2.080	1.980	100	22.143	20.789	572	782
Sector de Gregal	4.730	4.680	50	43.608	42.745	343	520
Sector del Fènix	840	840	0	10.701	10.701	0	0
Sector Llunyà	1.560	1.470	90	16.635	15.376	1.138	121
S. del Camp des Pou	730	420	310	7.342	3.801	3.412	129
Total sistema	14.620	13.720	900	142.350	130.472	8.741	3.137

Taula 1: Dades espeleomètriques de recorregut i superfície per sectors.
Table 1: Speleometric data (length and area) by sectors.

sota les aigües, de gran majestuositat i bellesa. D'aquí s'inicia el *circuit dels Pirates* el qual, fent un gran revolt de 460 m enllaça amb les *galeries dels Gemecs* al N, el *Pas d'en Judes* a l'E i amb la *sala del Cendrar* al S.

Sala d'Entrada

És un gran esfondrament de 72 x 44 m de dimensions màximes, presidit pel forat zenital central de 30 x 18 m que el comunica amb l'exterior i a la vegada el subdivideix en dues zones (Figura 1). Els anys 80, devora el safareig que es troba a l'exterior (Figura 7), al costat de l'explanada fins on es pot arribar amb cotxe i prop del pou, s'ubicava un hort de tarongers que es regava amb l'aigua de la cova. Un portell de marès, que antigament es tancava per una gran porta de fusta i actualment per una de metàl·lica, separa la caverna de l'exterior. Es prossegueix per un camí còmode, que permetia davallar una bístia que fes rodar la sínia de sang que es troba enmig d'un espaiós replà artificial, des d'on es domina la vista del llac. Part del camí s'ha fet malbé per la caiguda de pedres del sostre i per les torrentades que es precipiten dins la cavitat en moments de pluges intenses. Dues torrenteres desemboquen a l'interior de l'abisament; una d'elles prop del portell d'accés i l'altra a la part oposada a l'entrada. Al llarg dels 24 anys de tasques a la cova les hem vist actives en diverses ocasions, formant cascades que salven el desnivell. Són responsables de la gran quantitat de sediment que s'introdueix dins l'aigua en pluges intenses. Un bosquet de figueres caracteritza la sala, amb algunes espècies interessants, com és la presència de diversos peus de la falguera llengua de cero (*Asplenium sagittatum*) sota l'ombra dels arbres i algunes espècies nitròfiles. Molts briòfits entapissen les pedres. Els coloms i les acumulacions dels seus excrements formen també part del paisatge. La zona E del llac presenta diferents modificacions antròpiques i estructures realitzades per facilitar l'aprofitament de l'aigua. Encara es conserva un motor i canalitzacions d'una fase més recent. L'altre extrem de la sala d'entrada, situada en direcció oposada, al vessant W del con de materials, està recoberta d'una colada estalagmítica, revestida a la vegada per abundants cianobacteris que la tenyeixen amb un color blau-verdós, el mateix que succeeix amb les parets i sostres de gairebé tota la *sala d'Entrada*. Al terra són visibles solcs profunds que evidencien que esporàdicament l'aigua corre amb força i erosiona en alguns llocs i sedimenta en altres.

Sala Francesc Ripoll

Forma la prolongació submergida de la *sala d'Entrada*. Per accedir se salva un rost submergit recobert de pedres i fang. L'element més definitori és el seu gran volum (100 x 80 m) i decoració, ja que són abundants els grans massissos estalagmítics, columnes, estalagmites i estalactites i altres espeleotemes que aporten una gran majestuositat, excepte a la part central, a on es localitza com a lloc culminant i zenital una gran cúpula d'aire, de més d'una quarantena de metres de longitud. L'alçària del sostre oscil·la entre valors positius de 2 m a la cambra central d'aire fins a negatius de 18 m als costats de la sala. Els valors més freqüents de profunditat del sostre estan compresos entre 1,2 i 6 m. El pis de la sala presenta una certa regularitat, ja que la fondària sembla que està entorn dels 12,5 m, llevat dels costats, com ara el S on la fondària assoleix els 20 m. L'acumulació de grans quantitats de sediment vermell és una altra característica. Ens resulta una alçària mitjana de 10 m i màxima de 12,5 m, sense comptar la cúpula d'aire situada en posició gairebé central que representaria 14,5 m d'alçada. La meitat occidental de la sala està tancada per parets o revestiments d'espeleotemes, mentre que just sota el llac d'entrada s'obrin, a peu del rost submergit de pedres i fang, els accessos a les *galeries dels Gemecs*.

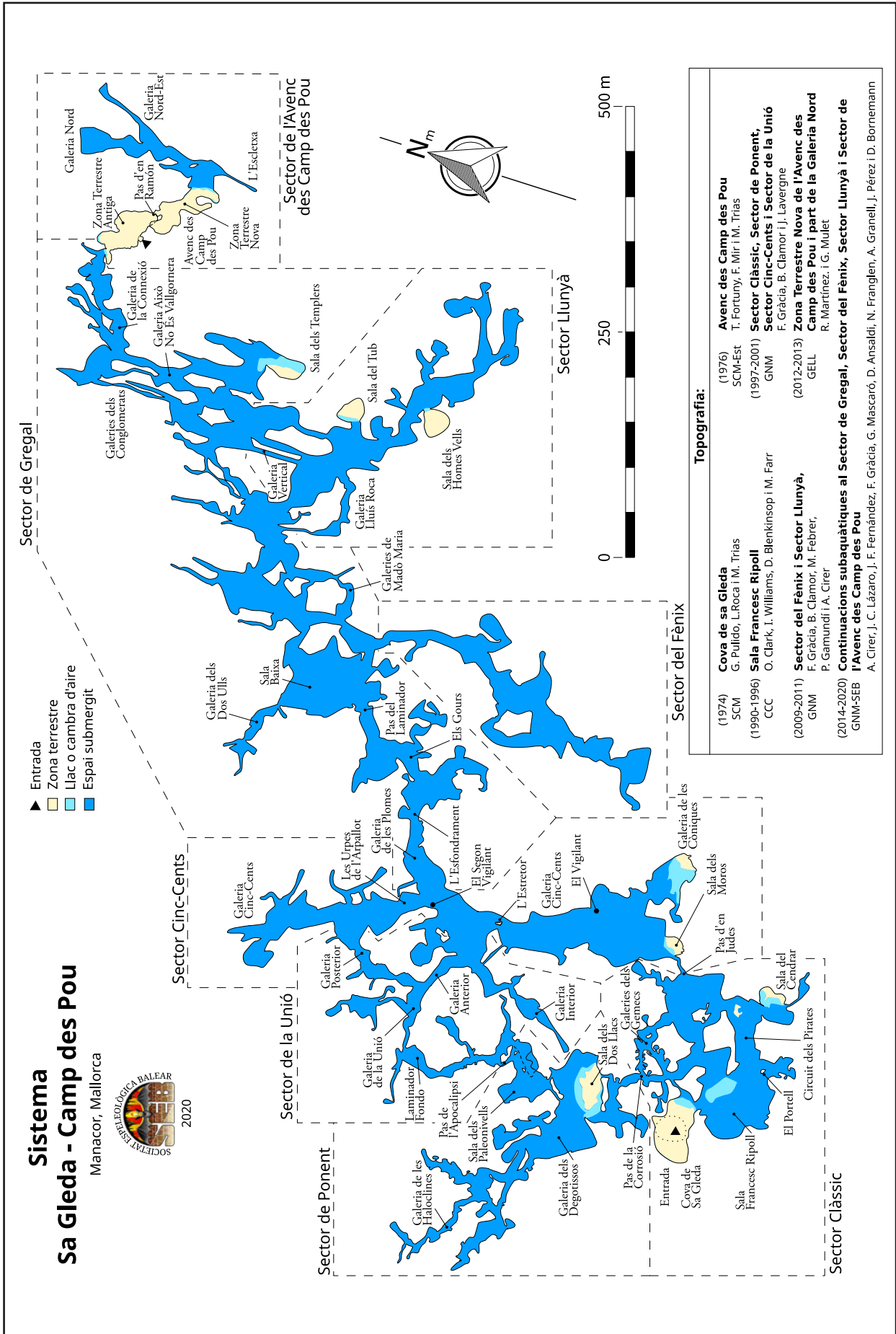


Figura 19: Topografia del sistema Gleda-Camp des Pou a finals del 2020.
Figure 19: Topographic survey of Sistema Gleda-Camp des Pou at the end of 2020.

Circuit dels Pirates

S'inicia al NE de la *sala Francesc Ripoll* i forma una circumval·lació de galeries que fent un gran revolt el·líptic d'uns 460 m, torna a connectar amb la sala pel SE (Figura 20). Diversos massissos estalagmítics i columnes oculten parcialment el circuit de la sala. Al llarg de l'inici del seu recorregut, en direcció NW, connecta per dos llocs, distants entre sí una cinquantena de metres, amb les *galeries dels Gemecs*. Enfront del segon accés a les *galeries dels Gemecs* s'obre una galeria baixa, totalment adornada d'espeleotemes freàtics que porta a una sala molt decorada. Uns trenta



Figura 20: *Circuit dels Pirates* (Foto: M.A. Perelló).
Figure 20: *Circuit dels Pirates* (Photo: M.A. Perelló).

metres després parteix una galeria de 12 m de fondària que en direcció N avança uns 45 m fins que es fa massa baixa per poder progressar més, encara que s'atura a molt poca distància del *sector Cinc-Cents*. Als 192 m de l'entrada del llac arrenca el *pas d'en Judes*, de devers 32 m de longitud, que permet passar al *sector Cinc-Cents* vorejant un gran con d'enderrocs que per molt poc no tanca per complet el pas. Deixant de banda el *pas d'en Judes*, si se segueix 80 m més pel *circuit dels Pirates*, ara en direcció S, trobarem al costat SE l'accés a la *sala del Cendrar*. Uns 85 m més endavant es troben alguns passos angosts, tal com *el Portell*, que indica que s'està a poca distància de tornar a connectar amb la *sala Francesc Ripoll*, una vegada feta la volta sencera.

Sala del Cendrar

Constitueix la tercera sala en importància del sector, als 261 m del llac d'entrada. Parteix del *circuit dels Pirates* en direcció SE i comunica amb ell per dos llocs que disten entre sí menys de 20 m. A la vintena de metres a l'interior s'aprecia que es tracta d'una sala d'esfondrament amb el rost de l'esbaldregall d'E a W. Les seves mides màximes aproximades són 60 m de llargària per 40 m d'amplària. Abunden els espeleotemes de degoteig, especialment estalactites, així com espeleotemes freàtics sota l'aigua. Una tercera part de la sala (el costat E) és aèria, sobresortint per defora de l'aigua, amb la seva part N recoberta de colades estalagmítics, que es perllonga sota les aigües. Un passatge submergit entre blocs caiguts, d'una vintena de metres, permet progressar més enllà de la sala devers seixanta metres en un ambient molt caòtic i irregular.

Galeries dels Gemecs

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

Sector de Ponent

Aquest sector, de direcció NW-SE, malgrat la localització propera a la *sala d'Entrada*, únicament està comunicat amb la resta de la cavitat per dos difícils accessos: el *pas de la Corrosió* amb el *sector Clàssic* i el *pas de l'Apocalipsi* amb el *sector de la Unió*. El recorregut és de 1.670 m, dels quals són subaquàtics 1.550 m, 120 m terrestres i l'àrea total del sector representa 15.663 m² (Taula 1).

Una vegada superat el *pas de la Corrosió*, les galeries continuen i s'eixamplen en direcció W arribant a un indret molt espaiós, on s'assoleix més de 20 m de fondària. Tres columnes majestuosos, de

bona mida, presideixen aquest àmbit, juntament amb espeleotemes associats a gours. Prossegueix en direcció S i es dirigeix amb un fort rost ascendent cap a la *sala d'Entrada*, sense que es pugui passar directament, encara que la presència de branques d'arbres, qualche cartutx de caça i l'observació topogràfica demostren la relació entre ambdues zones. La *sala dels Dos Llacs*, conseqüència d'un pretèrit esfondrament i sense espeleotemes, presideix una part important del sector. L'àmplia i decorada *galeria dels Degotissos* posseeix abundants espeleotemes parietals i presenta al costat oriental un nivell de galeria més profund i profusament decorat d'espeleotemes, arribant a formar un bosc d'estalactites fistuloses. El sector es perllonga en les *galeries de les Haloclínes*, en les quals predominen les morfologies de corrosió. Aquestes es van tancant al N, sense estar obstruïdes per esfondraments que barrin el pas. De la *sala dels Dos Llacs* parteix com a continuació natural la *sala dels Paleonivells*.

Sala dels Dos Llacs

Única part terrestre de tot el sector, es localitza a 162 m del llac d'entrada. Les seves dimensions són 54 m de llargària per 40 m d'amplària. Es tracta d'una sala d'esfondrament, amb la part central relativament recent, ja que no presenta cap tipus d'espeleotema. Únicament s'observen blocs molt blancs caiguts de parets i sostre. És possible superar l'esfondrament pel costat W, mitjançant dos passos situats a cotes de 1,5 i 3,5 m de fondària, entre blocs i lloses caigudes, que per molt poc no barren completament l'accés subaquàtic. Aquests passos angosts connecten els dos llacs de la sala: el que es localitza primer al SW, una vegada passades les *galeries dels Gemecs*, amb el que presenta al N. Des d'aquest darrer es davalla progressivament cap a la *galeria dels Degotissos*, molt decorada per espeleotemes.

Galeria dels Degotissos

Arranca del NW de la *sala dels Dos Llacs* i es pot considerar com a subdividida en dues parts per la diferent fondària i per la presència de massissos estalagmítics. Al primer àmbit, zona de menys fondària i més voluminosa, destaquen els massissos estalagmítics i les impressionants colades parietals que descendeixen fins a les zones més pregones. La seva paret occidental és en realitat un gran esfondrament, format per grans blocs que impedeix anar de cap a l'W. Les colades estan combinades amb estalactites i espeleotemes freàtics que li atorguen una gran bellesa. Algunes morfologies espongiformes de gran mida es troben al pis de la galeria. La distància lineal és d'uns 135 m i 56 m l'amplària màxima. La zona més concrecionada i més fonda, fins a 25 m, està localitzada al costat NE, a on els espeleotemes freàtics són molt abundants, així com altres formes de precipitació, especialment les estalactites fistuloses i les excèntriques. Aquestes arriben a formar boscos de formacions que subdivideixen i compliquen l'espai.

Galeries de les Haloclínes

S'inicien al NW de la *galeria dels Degotissos* en forma de dues galeries gairebé paral·leles situades a diferent cota, que connecten amb tres galeries terminals que li confereixen topogràficament l'aspecte d'una forca. De les dues galeries de partida, la més occidental, d'uns 65 m de llargària és la que presenta menor fondària, entre 10,2 m i 11,5 m i una amplada entre 2 m i 13 m. Les haloclínes actuals l'afecten plenament i sembla que existeixen processos actius de dissolució, ja que la roca està molt descomposta per la corrosió associada a la zona de mescla. Abunden les morfologies espongiformes a nivell de mesoformes, formades especialment per penjants, esperons i pinacles. S'ajunta amb la galeria inferior mitjançant un balcó a on assoleix els 17 m de fondària. La galeria inferior, paral·lela a



Figura 21: *Galeries de les Haloclínes*, al sector de Ponent (Foto: M.A. Perelló).
Figure 21: *Galeries de les Haloclínes*, in the Sector de Ponent (Photo: M.A. Perelló).

aquesta, arrenca de la *galeria dels Degotissos* mitjançant una zona amb abundants formacions que tanquen quasi l'accés. Es troba en un nivell inferior amb el pis a 18,3 m de fondària, i una amplada considerable de fins a 14 m, que després de recórrer 65 m assoleix unes mides de 40 x 25 m. Les colades parietals, massissos estalagmítics, estalactites, estalagmites i els espeleotemes freàtics caracteritzen aquest tram. Des d'aquí parteixen dos ramals importants i 25 m més endavant sorgeix la tercera branca, al lloc on conflueix l'anterior galeria de nivell superior. La galeria situada més a ponent, de 100 m de longitud, entre 14 i 16,5 m de fondària i 19 m d'amplària màxima, s'inicia amb sales freàtiques circulars i amb les morfologies similars a la galeria superior de la qual s'origina. La zona terminal i més fonda canvia totalment d'aspecte, predominant els espeleotemes, entre els quals abunden els freàtics. La galeria central de la forca, la de més llargària de les tres (150 m de longitud), 18,5 m de profunditat del terra i amb valors d'amplària entre 5 i 17 m, és la més interessant per les morfologies de corrosió que presenta (Figura 21). Al llarg de més de 150 m les parets estan marcades per una regata de corrosió a 13,5 m de cota que afecta a la roca mare, a massissos estalagmítics i als recobriments litoquímics parietals. El nivell de corrosió està molt marcat i forma un solc perfecte, associat en alguns llocs a facetes, galeries iniciadores, cambres freàtiques circulars i altres morfologies de corrosió. La roca, de gran duresa, només presenta aquestes formacions primàries i contrasta totalment amb les altres zones de les *galeries de les Haloclins*, de roca descomposta i predomini de morfologies esponjiformes a nivell de mesoformes. La distància lineal màxima des del llac d'entrada és de 491 m, dels quals 329 m corresponen a la distància des de la *sala dels Dos Llacs*. La tercera i més oriental galeria, de 65 m de longitud, fondària del terra d'uns 17,2 m i amplades compreses entre els 5 i els 16 m, se sembla més a la galeria occidental, ja que la roca està molt desfeta pels processos corrosius.

Sala dels Paleonivells

S'inicia amb la continuació, rost avall, de la pròpia *sala dels Dos Llacs*, que també per molt poc no obstrueix totalment l'accés. Una vegada que se superen les dificultats d'aproximació s'assoleix una sala de pis i sostre plans, de dimensions màximes 58 x 26 m, que sembla ha aprofitat un pla d'estratificació per formar-se. El sostre es troba a 13,4 m de fondària i el pis a 15,8 m. El més assenyalat és la presència d'abundants espeleotemes freàtics corresponents a la cota de 15 m, molts d'ells formats al voltant d'estalactites fistuloses que s'han dissolt amb posterioritat a la part superior. A poc més de la meitat de la sala i en direcció NE s'obre un laminador que comunica amb el *sector de la Unió*.

Sector Cinc-Cents

S'inicia a mitjan recorregut del *circuit dels Pirates* (uns 192 m), en aproximar-se a un gran esfondrament sotaiguat que destaca a distància. En aquest punt arranca el *pas d'en Judes* (Figura 8), de devers 32 m de longitud el qual voreja el con de blocs ensorrats i que des del *sector Clàssic* permet l'accés a la impressionant *galeria Cinc-Cents*, de 350° de direcció. La direcció aproximada del sector és N-S. El recorregut és de 2.080 m, dels quals són subaquàtics 1.980 m, 100 m terrestres i l'àrea total del sector representa 22.143 m² (Taula 1).

El pendent d'enderrocs de l'esfondrament ha generat una petita cambra d'aire abans del *pas d'en Judes* i també la *Sala dels Moros*, just passat l'estretor. El perímetre d'aquest gran col·lapse supera el centenar de metres. Un pic passat el pas, el protagonista és el gran volum de buit. Es tracta d'una extraordinària galeria de més de cinc-cents metres de longitud, amb una amplada que assoleix en alguns llocs els 80 m i l'alçària els 12 m. La galeria connecta per l'W per dos llocs amb el *sector de la Unió*, a l'E amb el *sector de Gregal* i al S amb la *galeria de les Còniques*.



Figura 22: Galeria de les Còniques, al sector Cinc-Cents (Foto: M.A. Perelló).
Figure 22: Galeria de les Còniques, in the Sector Cinc-Cents (Photo: M.A. Perelló).



Figura 23: El Vigilant, al sector Cinc-Cents (Foto: M.A. Perelló).
Figure 23: El Vigilant, in the Sector Cinc-Cents (Photo: M.A. Perelló).

Galeria de les Còniques

Es localitza en direcció E, després de recórrer una vintena de metres, des de la sortida del *pas d'en Judes*, flanquejant els blocs de l'esfondrament. El seu recorregut és d'uns 72 m lineals i 14 m de profunditat del terra, que després de superar diverses columnes centrals de gran bellesa (Figura 22), finalitza en una important sala d'aire terminal. En el fons del llac, les estalagmites còniques són les morfologies amb més rellevància i donen nom a la galeria i a la sala. Les dimensions màximes són de 45 x 28 m. Presenta una zona planera de fang i pedres, amb petit pendent, a on són visibles solcs provocats per l'aigua que procedeix de la zona superior i que penetra per l'antic esbucament, actualment incomunicat amb l'exterior. La presència de fragments de ceràmica, ossos de vertebrats i excrements de ratolí recolzen aquesta hipòtesi d'entrada obstruïda. El costat situat més a ponent té un acusat pendent, que ascendeix gairebé una quinzena de metres entre els grans blocs caiguts. La totalitat del col·lapse supera el centenar de metres de perímetre.

Galeria Cinc-Cents

De llargària lleugerament superior al seu nom (520 m), representa una de les galeries de major volum de les que es coneixen actualment a les Balears. Amb 80 m d'amplària en alguns llocs del començament i amb valors mitjans de 45 m d'amplada, disminueix lleugerament les dimensions fins els 20 i 30 m als darrers 200 m. L'alçària de l'espectacular galeria assoleix valors que superen els 12 m, encara que són més freqüents els compresos entre 8 i 10 m. Al començament està bastant concrecionada per estalagmites i algunes zones d'estalactites al sostre; a

on més destaquen els espeleotemes és al costat occidental. Als 125 m de l'inici, una espectacular estalagmita, de 8 m d'alçada destaca entre la foscor del buit immens, és *el Vigilant*, que serveix com a primera fita clara dins la galeria (Figura 23). Als 115 m des del *Vigilant* (240 m del començament del sector), la galeria perd altura i sembla que es tanca; és *l'Estretor*. Aquí, un envà de roca mare, de 7 m de llargària i 3 m d'amplària, juntament amb la reducció de l'alçada de la galeria produeix la sensació d'estretor, sempre en comparació amb el volum de la resta de l'àmbit. Aquesta zona, molt afectada per la corrosió, es pot passar pels dos costats de l'envà. Superat aquest, la galeria torna a adquirir volum, especialment a l'esquerra a on es localitzen accessos al *sector de la Unió*. Als 294 m (518 m de l'inici del llac d'entrada) al costat esquerra de la galeria destaca una estalagmita, és el *segon Vigilant*, de dimensions més modestes i a prop parteix cap al NE, a més fondària, el *sector de Gregal* (Figura 24). Tota aquesta zona, llevat la part del sostre, està molt concrecionada per colades, potents massissos estalagmítics i espeleotemes en general, entre els quals destaquen els freàtics. Si es prossegueix per la *galeria Cinc-Cents*, uns 50 m, es passa per davall d'uns impressionants penjants *les Urpes de l'Arpellot*. Més endavant es veuen a l'W nous accessos al *sector de la Unió* i a l'E uns 130 m de galeries freàtiques d'uns 5 m d'amplària. Gairebé un centenar de metres separen aquest lloc de l'entreforc de galeries que, a distintes fondàries i de forma complexa, s'esbranquen en varies direccions. La situada més al llevant s'inicia com una potent i bella galeria que als 35 m es bifurca de bell nou i després de 25 i 45 m, respectivament, es fan massa estretes per prosseguir. Si tornam a l'entreforc principal, en direcció N és possible prosseguir uns quaranta metres més per una zona delicada per l'estat de la roca i l'estretor d'alguns passos; aquí ens situam als 535 m de la galeria (769 m totals des de l'entrada). En direcció W hi ha una zona complexa i caòtica.

Sector de la Unió

Des de dos llocs al ponent de la *galeria Cinc-Cents* (*galeria Anterior* i *galeria Posterior*) parteixen les continuacions que formen el *sector de la Unió*, les quals de NE a SW comuniquen la *galeria Cinc-Cents* amb el *sector de Ponent* mitjançant el *pas de l'Apocalipsi*. El recorregut total és de 1.240 m, tot subaquàtic, i l'àrea total del sector representa 10.561 m². 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, fet que suposa que sigui el que té més profunditat de tota la cavitat. Si es fa el circuit entrant pel *sector Clàssic*, *galeria Cinc-Cents*, *sector de la Unió*, *sector de Ponent* i sortint per les *galeries dels Gemecs* s'efectua un recorregut de 1.320 m sense repetir cap galeria.

Galeria Anterior

Als 462 m (238 m des de l'inici de la *galeria Cinc-Cents*), a mitjans galeria, s'obrin a l'W dues amplies galeries freàtiques de control estructural estratigràfic que s'entrellacen entre si. La dissolució de les aigües ha aprofitat els plans d'estratificació, i generat seccions horitzontals, en ocasions d'amplades importants i amb abundants columnes i massissos estalagmítics entremig. Aquestes descendeixen de forma acusada des de 8 m de fondària fins a 20 m, a on una galeria transversal a elles les connecta amb la continuació. A l'inici té un volum molt important, plena d'estalagmites curtes recobertes de cristalls freàtics. Més endavant, la paret de la dreta està plena de belles estalactites amb cristallitzacions freàtiques que la decoren. L'amplària va d'uns 6,5 m al començament fins a uns 14 m, per fer-se d'uns 7 m a la zona a on connecta amb la galeria que prové del final de la *galeria Cinc-Cents*. La fondària s'aproxima als 20 m. L'alçària de la galeria és normalment d'uns 1,5 m, amb un sostre totalment pla.

Galeria Posterior

A 582 m (358 m de l'inici de la *galeria Cinc-Cents*), a prop del final d'aquesta i al seu costat W, s'obren dues connexions més amb el *sector de la Unió*. Ambdues localitats disten entre sí uns 30 m. El terra d'aquesta zona es troba entre 16 i 18 m sota el nivell freàtic, i el sostre entre els 12,1 i 14,6 m. L'alçària d'aquest tram és gairebé sempre d'uns 2 m (oscil·lant entre 1,5 i 4,6 m). D'ençà de la coalescència de les dues galeries, tot el conducte (en direcció primer SW i després S) va a una fondària constant d'uns 16 a 17 m i el sostre entre 13,8 i 15,7 m. Aquest primer tram, de sostre extraordinàriament pla, presenta a més a més, abundants espeleotemes freàtics en forma de macrocristalls, que creixen a partir de les estalactites que caracteritzen aquest tram. Més endavant, al terra apareixen de tant en tant espeleotemes subaquàtics vadosos, això és, gours amb columnes i altres formacions envoltades de precipitats. Una capa de sediment groc i prim recobreix el terra. Algunes estalactites grans es troben escampades i com a forma de corrosió, alguns penjants de mida considerable.

Galeria de la Unió

Una vegada passada la zona d'encreuament amb la *galeria Anterior*, que procedeix de mitjans *galeria Cinc-Cents*, la galeria que resulta de la fusió d'ambdues, torna ampla i bellament decorada. Els espeleotemes freàtics són una constant i també les colades pavimentàries amb gours i algunes colades parietals a ambdós costats de la galeria. Els massissos estalagmítics estan en molt bon estat i són de gran bellesa. Finalment, el sector, després del darrer tram W i després N-NW, a uns 17 m de fondària va agafant profunditat al terra d'entre 18,1 m fins a 21,4 m. El sostre està comprès entre 14,7 i 19,6 m. L'alçària és habitualment de prop de 3 m. La galeria presenta una continuació en direcció W, amb colades parietals i espeleotemes de degoteig sovint de bones mides, per prosseguir amb volum considerable fins a uns laminadors de roca descomposta que tanquen la continuació. La galeria prossegueix fins arribar al *Laminador Fondo*, a uns 20 m de profunditat, sense sediment i molt pla, recobert de colada pavimentària. D'aquí es dirigeix elegantment



Figura 24: *Galeria Cinc-Cents* i al fons el *Segon Vigilant*, lloc on s'inicia al NE el *sector de Gregal* (Foto: A. Cirer).
Figure 24: *Galeria Cinc-Cents*. In the background the *Segon Vigilant* can be observed. In this place the *Sector de Gregal* begins in a NE direction (Photo: A. Cirer).



Figura 25: Grans columnes a l'extrem nord de la galeria de la Unió, al sector de la Unió (Foto: A. Ciren).
Figure 25: Large columns at the northern end of the Galeria de la Unió, located in the Sector de la Unió (Photo A. Ciren).

i amb alguns ramals, fins ascendir al *pas de l'Apocalipsi* i connectar amb el *sector de Ponent*. La *galeria de la Unió* presenta un ramal lateral en direcció N amb un cert volum central i fondària (Figura 25).

Galeria Interior

Arranca de la *galeria Anterior* on es pot accedir a la *galeria Interior*, que en direcció clarament SW es manté completament envoltada per quatre sectors diferents. L'extrem més distal es troba localitzat a molt poca distància de la *sala dels Dos Llacs*. Segurament els blocs caiguts de la sala rost avall han bloquejat la comunicació entre ambdós àmbits, encara que se situen a cotes molt diferenciades. La longitud lineal de la galeria és de 210 m, amb una amplària variable i fondàries que van dels 19 als 21 m. Els primers 51 m, la galeria, que

pràcticament està englobada dins la *galeria Cinc-Cents*, s'allunya en direcció ponent fins arribar a una sala molt decorada, a on volta per col·locar-se en direcció 225°, al llarg de 171 m lineals. A 20 m de fondària es localitza una franja de paleonivells freàtics. Algunes zones de la galeria es veuen complicades a la topografia per haver un nivell inferior que es creua per davall sense arribar a connectar. És un àrea que cal revisar i tornar a fer la topografia per aclarir dubtes.

Sector de Gregal

Al costat E del *sector Cinc-Cents*, a gairebé 300 m de l'inici de la *galeria Cinc-Cents* (518,5 m des del *llac d'entrada*), una gran estalagmita (el *segon Vigilant*) aferrada a la paret W (Figura 24), ens indica el lloc on s'inicia el *sector de Gregal*, el qual en direcció NE arriba fins als 1.447 m a on enllaça amb la *galeria de la Connexió* i aquesta amb el *sector de l'Avenc des Camp des Pou*, després d'haver contactat amb altres dos sectors, el *sector del Fènix* i el *sector Llunyà*, més o menys equidistants. El recorregut lineal principal del sector és de 929 m i el recorregut total de 4.730 m, dels quals 4.680 m són subaquàtics; i l'àrea total del sector representa 43.608 m² (Taula 1).

Galeria de les Plomes

El *sector de Gregal* comença amb la *galeria de les Plomes*, bella i voluminosa estança decorada profusament per espeleotemes freàtics que caracteritzen per complet l'àmbit. El nom li és donat per la presència d'estalactites amb recobriment freàtic parcialment descalcificades que li atorguen l'aspecte de grans plomes que pengen del sostre. Tanmateix aquests recobriments es troben per tot arreu, i també en forma de grans estalagmites revestides. Es tracta d'una galeria de control estructural estratigràfic situada a una profunditat que supera els 18 m i uns 80 m de longitud. Assoleix els 30 m d'amplària.

L'Esfondrament

Al final de la galeria anterior, després de sortejar columnes i estalagmites recobertes de precipitats freàtics que per poc no clouen el pas, s'ascendeix per un rost de blocs i pedres, *l'Esfondrament*, que remunta fins a valors propers als 10 m de profunditat per tornar després a davallar.

Els Gours

Des de la baixada de *l'Esfondrament*, la ruta principal segueix per una àmplia galeria que passa successivament per diversos gours de gran mida, no només d'amplària, sinó també amb repeses molt altes (*els Gours*, Figura 26). Aquests espeleotemes caracteritzen la galeria en aquest tram, molt decorada però també amb abundants morfologies de dissolució (Figura 27). El *sector de Gregal* per aquesta zona té uns 15 m de fondària. A uns 100 m de distància s'arriba a *el Laminador*, que constitueix l'única zona estreta, a 14 m de profunditat, localitzada entre l'entrada de la *cova de sa Gleda* i les proximitats de *l'Avenc des Camp des Pou*, llevat del *pas d'en Judes* que és un esfondrament. *El Laminador* és un bon lloc de referència i es troba a uns 773 m des del llac d'entrada. El seu fons pla, recobert de colada pavimentaria i amb poc sediment, facilita el trànsit a través seu.

Sala Baixa

Una vegada passat *el Laminador*, a 825 m del llac d'entrada i 307 m del començament del *sector de Gregal*, aquest canvia considerablement d'aspecte, ja que la decoració disminueix molt i predominen els blocs acumulats per esfondrament i especialment la corrosió de la roca que afecta a tot el que envolta el buit. La zona és molt ampla i relativament baixa i molt irregular, fet que li confereix un aspecte laberíntic. El control estructural estratigràfic d'aquest àmbit és evident. El sostre i el terra presenten aspecte ondulat, juntament amb la presència de grans acumulacions de sediment. L'espai és únic i es troba obert per tot arreu, de manera que vindria a ésser una gran sala, de 100 x 70 m, amb alçàries generalment d'entre 2 i 4 m, però que les irregularitats fan que no sembli un mateix espai connectat. Un conducte d'un centenar de metres, al NW desemboca en la sala, és la *galeria dels Dos Ulls* (Figura 28). És ampla amb el sostre irregular i el terra amb molt de sediment. No posseeix espeleotemes però sí abundants i variades morfologies de corrosió com ponts, arcs i penjants.

Galeries de Madó Maria

Aquest tram del *sector de Gregal*, anomenat així com a homenatge a la madona de la finca de Son Josep Nou, està comprès entre l'inici del *sector del Fènix*, i el començament del *sector Llunyà*. La galeria principal avança a una fondària compresa entre 11 i 14 m, similar a les que formen els circuits laterals. Al sostre són nombrosos els penjants, morfologies de corrosió que penjen del sostre. En alguns trams són visibles capes de bretxes afectades també per la dissolució de les aigües. És una zona molt complexa amb molts de conductes estrets en direcció N. Al S i al final de la *sala Baixa* i començament de les *galeries de Madó Maria*, arranca el *sector del Fènix*, i a uns 273 m d'on parteix el sector abans mencionat s'obri, també al S, el *sector Llunyà*.

Galeria Això No És Vallgornera

Si se segueix més enllà del desviament al *sector Llunyà*, en direcció NE, arranca la *galeria Això No És Vallgornera*, d'uns 400 m lineals i d'uns 9 a 12 m de fondària i també d'altres de paral·leles i més estretes que convergeixen entre si als dos



Figura 26: Els gours, al sector de Gregal (Foto: A. Cirer).
 Figura 26: Els gours, in the Sector de Gregal (Photo: A. Cirer).



Figura 27: Sector de Gregal, amb zones d'espeleotemes i altres on predominen les morfologies de corrosió (Foto: A. Cirer).
 Figure 27: Sector de Gregal, with areas that show speleothems and others where corrosion morphologies predominate (Photo: A. Cirer).



Figura 28: Domini absolut de les morfologies de dissolució a la galeria dels Dos Ulls, al nord de la sala Baixa del sector de Gregal (Foto: N. Franglen).
 Figure 28: Dissolution morphologies predominate in Galeria dels Dos Ulls, in the northern part of Sala Baixa of the Sector de Gregal (Photo N. Franglen).



Figura 29: Penjants a la galeria Vertical, al sector Llunyà (Foto: A. Cirer).
 Figure 29: Rock pendants in the Galeria Vertical, at the Sector Llunyà, (Photo: A. Cirer).

extrem, la més occidental és la *galeria dels Conglomerats*. Un poc abans del final, als 318 m de l'inici del sector Llunyà i a 1.447 m del llac d'entrada, connecta a l'E amb la *galeria de la Connexió*. La galeria prossegueix 82 m més, primer a l'W a on convergeix amb totes les galeries paral·leles a la *galeria dels Conglomerats*, aquesta inclosa, per després seguir al N a on es va fent estreta fins a finalitzar en un conducte impenetrable a 1.529 m del llac d'entrada de la *cova de sa Gleda*.

Galeria Vertical

És una galeria que segueix un control estructural tectònic (Figura 29), amb una clara diàclasi que comunica la *galeria Això No És Vallgornera* amb el sector Llunyà. Realment són tres galeries paral·leles que van de N a S, d'amplària reduïda, però més altes que amples i entre 80 i 100 m de longitud.

Sala dels Templers

Entre el sector Llunyà i el sector de l'Avenc des Camp des Pou es troba al SE la *sala dels Templers*, a 1.417 m del llac d'entrada a la *cova de sa Gleda* i comunicada per dos indrets amb la *galeria Això No És Vallgornera*. Es tracta d'una galeria on el costat més meridional es troba esfondrat i emergeix fora de l'aigua. Abans d'arribar a la part aèria sota l'aigua presenta un bon volum i els blocs caiguts



Figura 30: Sala dels Templers (sector de Gregal) (Foto: A. Cirer).
 Figure 30: Sala dels Templers (Sector de Gregal) (Photo: A. Cirer).

caracteritzen la proximitat a la part vadosa. Sembla esser, amb la continuació subaquàtica al NE, una galeria d'uns 120 m lineals esfondrada als dos extrems. Hi ha fins a 6 galeries paral·leles en aquest tram de la cova. La sala està molt decorada d'espeleotemes i forma un lloc còmode per transitar. Hi ha un nivell freàtic per damunt de l'actual a uns 1,5 m que ha format un revestiment parietal molt marcat (Figura 30).

Galeries dels Conglomerats

Són diverses galeries paral·leles de devers un centenar de metres de longitud i d'amplària entre 1 i 4 m, de secció clarament vertical. Es caracteritzen perquè s'obrin dins roques formades per conglomerats que es desprenen amb la corrosió diferencial. Aquest fet és típic de molts d'indrets propers en aquest tram darrer del *sector de Gregal*.

Galeria de la Connexió

Als 1.447 m, al costat E, i a 10 m de fondària, parteix la galeria subaquàtica de 142 m lineals que connecta amb l'*avenc des Camp des Pou*, on emergeix a un petitíssim llac situat a 1.589 m del llac de la *cova de sa Gleda*. Als 13 m del seu inici es bifurca en direcció NE per formar una galeria principal que es torna a bifurcar cada vintena de metres en galeries de tendència N que acaben fent-se impenetrables. Les profunditats se solen trobar entre els 8 i 10 m. Tornant a la primera bifurcació i prenent sempre la branca S es dirigeix també en direcció NE, on forma una galeria d'amplària més important que també es bifurca al N i acaba en un rost amb molt pendent que constitueix la base de l'esfondrament que ha format l'*avenc des Camp des Pou*. Ascendeix pel pendent inestable de blocs i pedres fins a sortir a un dels petitíssims llacs de l'*avenc*, per un forat de devers 0,80 m d'amplària màxima. En sentit oposat al rost, altrament al N, s'obri una altra curta galeria de 26 m de longitud.

Sector del Fènix

Arranca a uns 90 m passat *el Laminador* del *sector de Gregal*, és a dir, a uns 855 m de l'entrada de la cova. La seva direcció és SE al començament, per després passar a S i finalment acaba lleugerament SW.



Figura 31: Inici del *sector del Fènix*. Destaca l'estat de corrosió de la roca i les acumulacions de sediment (Foto: A. Cirer).
Figure 31: First passages of *Sector del Fènix*. The solutional morphologies of the rock and the sediment accumulations stand out (Photo: A. Cirer).



Figura 32: Acumulacions de blocs al final del sector Llunyà (Foto: A. Cirer).
Figure 32: Blocks accumulate at the end of Sector Llunyà (Photo: A. Cirer).

La distància lineal màxima des del *sector de Gregal*, a on comença, passa dels 400 m, i la distància des del llac d'entrada fins a l'extrem del sector és de 1.255 m. La fondària del terra està compresa entre els 11 i 13,5 m. El recorregut és de 840 m i l'àrea total del sector representa 10.701 m².

L'aspecte dels primers metres és d'una galeria baixa, sense espeleotemes i amb una abundant quantitat de sediment que recobreix per complet el terra de la galeria (Figura 31). L'acumulació de sediments adopta la forma de monticles d'entre 1 i 2 m que ofereixen una aparença caòtica a l'àmbit. Les parets i el sostre estan afectats per la corrosió i l'ascensió de les bombolles provoca la caiguda d'un núvol de partícules. La galeria presenta poques bifurcacions i va

prenent volum a mesura que s'avança, de forma que l'alçària i l'amplària es fan molt importants i superen àmpliament els 30 m. Es tracta de gairebé un únic àmbit que acaba en cul de sac. Tanmateix l'extrem més meridional es troba a menys de 70 m de la *sala de les Còniques*, del *sector Cinc-Cents*. Els espeleotemes estan presents als costats de la galeria, especialment a la banda W. Les picnoclines són molt marcades i afecten en gran mesura la visibilitat de tot el sector.

Sector Llunyà

Parteix del *sector de Gregal*, a 1.128 m del llac d'entrada de la cova, i es troba a 460 m de l'*avenc des Camp des Pou*. El recorregut total és de 1.560 m, dels quals 1.470 m són subaquàtics. L'àrea total del sector representa 16.635 m² (Taula 1).

El sector es pot definir com una àmplia galeria de direcció SE amb dues sales d'esfondrament en sentits oposats que sobresurten del nivell freàtic. Les sales aèries són de N a S, la *sala del Tub* i la *sala dels Homes Vells*. Cinc galeries que arranquen del *sector de Gregal*, incloent la *galeria Lluís Roca* convergeixen a la galeria principal del sector on s'assoleix un gran volum, amb una amplària que supera els 40 m i un aspecte molt laberíntic i caòtic per la presència de blocs de tota mida que recobreixen el terra de tot el sector. La fondària mitjana de la galeria està compresa entre 9 i 14 m. La *galeria Lluís Roca* pontreja el primer quart del sector. La galeria principal del sector, avança en direcció SE per emergir al seu costat E, aproximadament a la meitat de la galeria, a la *sala del Tub*. La sala rep el nom per la perforació per extreure aigua situada a poca distància del llac, que ha afectat fins i tot un bloc al qual ha travessat de dalt a baix. La vorera del llac està recoberta de diferents precipitats i espeleotemes mentre que, a mesura que ens allunyam, l'acumulació de blocs agafa verticalitat i fa difícil l'escalada per la inestabilitat de les pedres, lloses i blocs que formen el pis. El sector prossegueix en direcció SE un centenar de metres per passar al costat de la *sala dels Homes Vells*, a 1.630 m, que és un esfondrament amb un aspecte del tot caòtic. La galeria a la zona final presenta grans acumulacions de blocs (Figura 32) i finalitza forçada a uns 1.583 m des del *llac d'entrada* i a 455 m del desviament del *sector de Gregal*. La fondària de tot el sector està compresa entre els 8 i 10 m generalment, llevat de zones molt puntuals.

Sector de l'Avenc des Camp des Pou

Per no crear confusió descriptiva hem separat aquest sector de la zona subaquàtica que parteix d'ell en direcció a la *cova de sa Gleda*. D'aquesta manera incloem tota la part terrestre de l'avenc i les zones subaquàtiques orientals dins d'aquest sector. El recorregut total és de 730 m, dels quals 420 m són subaquàtics, amb una àrea global de 7.342 m² (Taula 1). La part terrestre (*zona Terrestre Antiga* i *zona Terrestre Nova*) es tracta realment d'un gran esfondrament d'uns 140 m lineals aeris que es perllonga sota l'aigua als extrems oposats assolint uns 180 m d'eix màxim. Les zones subaquàtiques (*galeria Nord-Est*, *galeria Nord* i *l'Esclotxa*), llevat dels primers metres del rost d'esfondrament prop del llac, són galeries freàtiques.

Zona Terrestre Antiga

La boca de la cavitat té uns 7 m d'amplària. A uns 10 m de l'entrada, en direcció E es localitza una altra depressió coberta de vegetació, especialment ullastrs i mates, de diàmetre major que el que forma la pròpia entrada de l'avenc, que per molt poc no comunica directament amb la *zona Terrestre Nova*. La *zona Terrestre Antiga* de l'*avenc des Camp des Pou* és un rost de blocs, pedres i sediments, de 52 x 72 m, amb una alçària d'entre 1,3 i 4 m, encara que hi ha zones amb alçàries molt reduïdes, a on l'esfondrament està poc separat del sostre (TRIAS & MIR, 1977). El pis presenta un fort pendent, entre un 20° i 45°, encara que la zona més de cap a l'W, el pendent supera en alguns llocs els 70°. El costat E, per contra, és de menys inclinació. S'assoleix el nivell freàtic als 45,5 m de fondària, en forma d'un petit llac, d'uns 12 m de longitud i 2 a 3 m d'amplària, a on es veu molt bé els blocs que es localitzen sota les aigües i que a pocs metres de fondària tanquen el pas. El llac més interessants, són els que s'ubiquen a la part W, amagats pel mateix rost de blocs i terra. Per arribar-hi s'ha d'anar vorejant el costat del primer llac, uns metres per damunt de l'aigua, primer uns 15 m en ascensió, per després d'un pas estret, recórrer uns 11 m més en travessia. En el primer llac, entre les làmines de calcita flotant, es veu una negror que es perllonga més enllà dels blocs que l'envolten. És a on l'*avenc des Camp des Pou* connecta amb les galeries horitzontals subaquàtiques de la *cova de sa Gleda* del sector de *Gregal*. Està envoltat per una franja de cristal·lització freàtica de color clar. Pareix increïble el poc que ha faltat perquè qualche bloc no hagi tancat per complet l'accés al segon llac. Aquest, d'uns 1,5 m d'amplària, presenta una part vertical a on s'assoleix la zona no afectada per esfondraments a uns 10 m de fondària, entre blocs extremadament inestables. Per raons òbvies, tot el pis són sediments, o bé grans blocs i pedres, o bé terra que entra per la boca arrossegada pel fort pendent. La zona W està gairebé desproveïda de recobriments litoquímics, llevats d'algunes petites estalactites al sostre molt localitzades. Els espeleotemes únicament es troben al sector E, a on el pendent és poc acusat; es tracta de colades pavimentàries i estalagmites. Alguns espeleotemes es troben xapats i desplaçats per processos de solifluxió, el que demostra que l'esfondrament ha sofert reajustaments gravitatoris (TRIAS & MIR, 1977).

Zona Terrestre Nova

A la part nova terrestre, descoberta després de desobstruccions, s'accedeix mitjançant un perillós i incòmode pas vertical entre blocs i pedres localitzat al SE (*pas d'en Ramón*, Figura 14). Aquest pas, que va necessitar ser ampliat, es troba en línia recta a uns 60 m del petit llac que comunica amb la *cova de sa Gleda*. La inestabilitat dels blocs del pas el fan molt delicat, especialment transportant el pesat i voluminós equip d'immersió. L'esfondrament prossegueix en la mateixa direcció SE, de forma que s'allarga més de 78 m en línia recta a partir del *pas d'en Ramón*. El rost sempre es presenta inclinat de SW a NE. La progressió és molt complexa, ja que s'ha d'avançar desgrimant, escalant o fent travessia en oposició entre lloses o blocs inestables (Figura 33). Tot l'àmbit és un gran esfondrament amb zones de més volum presidides sempre per blocs caiguts (Figura 34). Al final s'accedeix al nivell freàtic en forma de petits llacs marginals situats a l'extrem SE (Figura 18).



Figura 33: Progressió de cap als llacs de la Zona Terrestre Nova, al sector de l'*avenc des Camp des Pou* (Foto: J.J. Enseñat).

Figure 33: Progression towards the pools of Zona Terrestre Nova, at Sector de l'*Avenc des Camp des Pou* (Photo: J.J. Enseñat).



Figura 34: Grans blocs caiguts prop dels llacs terminals de la Zona Terrestre Nova al sector de l'*avenc des Camp des Pou* (Foto: J.J. Enseñat).

Figure 34: Big blocks fallen near the pools located at the end Zona Terrestre Nova, in Sector de l'*Avenc des Camp des Pou* (Photo: J.J. Enseñat).



Figura 35: Galeria Nord-Est, al sector de l'avenc des Camp des Pou (Foto: J.F. Fernández).
Figure 35: Galeria Nord-Est, at the Sector de l'avenc des Camp des Pou (Photo: J.F. Fernández).

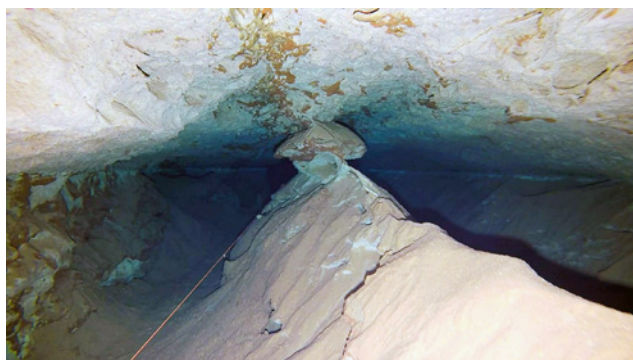


Figura 36: Restes d'envans a la Galeria Nord, al sector de l'avenc des Camp des Pou (Foto: J. F. Fernández).
Figure 36: Partition remains at Galeria Nord, in the Sector de l'avenc des Camp des Pou (Photo: J.F. Fernández).

Galeria Nord-Est

La part subaquàtica aconsegueix superar el rost de l'esfondrament i prendre volum en forma de sala amb el terra ple de sediment, que assoleix els 30 m de diàmetre i uns 6 m d'alçària, per després continuar en forma de diverses galeries.

La *galeria Nord-Est* és una galeria freàtica molt rectilínia d'uns 2 a 3 m d'alçària, a on el component tectònic també hi és present, en forma de diàclasi ben visible (Figura 35). En alguns trams hi ha galeries paral·leles separades per envans estrets. Les regates de corrosió i les facetes són un dels trets més definitoris. La galeria supera els 140 m lineals amb fondàries d'entre 8 i 9,3 m i amplàries d'entre 3 i 17 m. Als darrers metres s'eixampla i es troben conductes que es tanquen de seguida. Presenta alguns espeleotemes. L'acumulació de sediment al final és important.

Galeria Nord

Arranca de la *galeria Nord-Est*, d'un centenar de metres, és molt ampla amb valors que van dels 9 fins els 28 m i alçàries d'entre 3 i 5 m i es va tancant en altura. Sembla que segueix plans d'estratificació, per la qual cosa seria una galeria freàtica de control estructural estratigràfic. S'observen algunes facetes i regates de corrosió, així com envans parcialment dissolts que han incrementat el volum en afegir espais propers (Figura 36). El terra es troba recobert d'abundant sediment. La part final és molt ampla i baixa. Al seu costat W, a la sala inicial subaquàtica, parteix una altra galeria curta, d'uns 40 m, que sembla que podria connectar amb la *galeria Nord*. Posseeix moltes acumulacions de sediment al sostre i al terra.

L'Esclètxa

Galeria freàtica de control estructural tectònic que va en direcció S, d'uns 57 m de longitud i amplàries d'entre 1,2 i 3,7 m i que assoleix fondàries generalment entre 8 i 10 m, amb una alçada que supera els 12 m. Queden restes d'envans que subdivideixen l'espai.

Hidrologia

Les dades de temperatura, salinitat i fondària s'han mesurat mitjançant una sonda oceanogràfica XR-420 CTD i anys enrere es va fer amb una sonda AANDERAA, ambdues de l'IMEDEA (GRÀCIA et al., 2007). La porta un bussejador que avança en vertical molt lentament per poder tenir un registre complet i fiable.

La temperatura de l'aigua superficial en el llac de la *sala d'Entrada* el mes d'octubre de l'any 2020 (Figura 37) ha estat mesurada en 17°C. A l'hivern, al mes de gener assoleix els 12°C i en una termoclina espectacular als 2 m de profunditat puja als 19°C. Els valors tèrmics entre els 3 i 4 m de fondària puguen a 20°C, i es mantenen constants fins als 7 m per després davallar lleugerament fins als 24 m amb valors de 19°C. La raó de la temperatura tan baixa als primers metres de la columna hídrica està relacionada amb la temperatura exterior, ja que l'àmplia entrada de l'esfondrament es veu afectada per les oscil·lacions tèrmiques de la superfície. Així, en el llac de la *sala d'Entrada*, amb una àmplia connexió amb l'exterior, l'amplitud tèrmica a l'hivern ha estat mesurada en 7,6°C en tot el perfil hídric i a començament de la tardor l'amplitud tèrmica ha estat de 3°C.

En un altre perfil, a la mateixa data, dins la *sala dels Dos Llacs*, (Figura 38), la temperatura en superfície ha estat mesurada en 19,6°C. En aquesta sala interior, sense connexió amb l'exterior, únicament es donen oscil·lacions de temperatura de devers 0,4°C en tot el perfil hídic.

La *cova de sa Gleda* presenta un perfil estratificat en funció del gradient de salinitat, a causa de la diferent densitat. Posseeix 3 capes molt clares i diferenciades separades per picnoclines. A l'hora d'interpretar el perfil de salinitat és important tenir present la considerable distància que separa la cova de la costa, que arriba als 1,7 km. La salinitat, a començament de la tardor del 2020, al llac d'entrada, era inferior al 2‰ per pujar fins el 10‰ fins als 7 m i 16‰ a prop dels 11 m, i a partir d'aquí s'incrementa bruscament al 30‰ i després lentament fins devers 37‰ a les cotes més fondes (Figura 37). Contrasten molt els valors als primers metres amb el perfil de la *sala dels Dos Llacs* (Figura 38), mentre que a partir dels 6 m les diferències són minses, encara que sembla que hi ha petites desviacions en la localització vertical de les picnoclines. El valor de salinitat d'aquests primers metres és cinc vegades més alt al llac d'entrada respecte de la *sala dels Dos Llacs*. S'ha de pensar que ambdues sales disten només un centenar de metres en línia recta i que la *sala dels Dos Llacs* es troba més a l'interior que la *sala d'Entrada*.

Uns valors de salinitat i cotes de fondària molt semblants es van obtenir amb el registre d'aquesta variable el desembre de 2003. Com és de preveure es produeixen petites oscil·lacions de les franges de picnoclines en funció de les estacions; així s'han mesurat diferències de 0,8 m a la cota de picnoclines entre l'estiu i l'hivern.

Degut a la ubicació de la cova enmig d'una petita torrentera, la *sala d'Entrada* es veu afectada per les aigües que conflueixen i es precipiten per la boca en cas de fortes precipitacions. Aquest fenomen ocorregué l'any 1990 i va ésser descrit per espeleobussejadors britànics (CLARKE, 1991-92), fenomen que va tornar a ésser observat l'any 2001, en el qual les fortes pluges van provocar l'entrada de grans quantitats de sediment que van afectar especialment la *sala Francesc Ripoll* (GRÀCIA & CLAMOR, 2001).

Mesures de CO₂, O₂, humitat relativa i temperatura de les sales aèries

L'estudi dels valors atmosfèrics de les sales aïllades per galeries sotaiguades són molt interessants científicament, vista la gran heterogeneïtat horitzontal que posseeixen a la mateixa cova, endemés de presentar interès per si poden servir de sala de descans logístic o refugi provisional en cas d'emergència. S'ha procedit a mesurar una part important de totes les sales aèries repartides als diferents sectors. La *sala dels Dos Llacs* al sector de Ponent; la *sala del Cendrar* al sector Clàssic (Figura 39); la *sala dels*

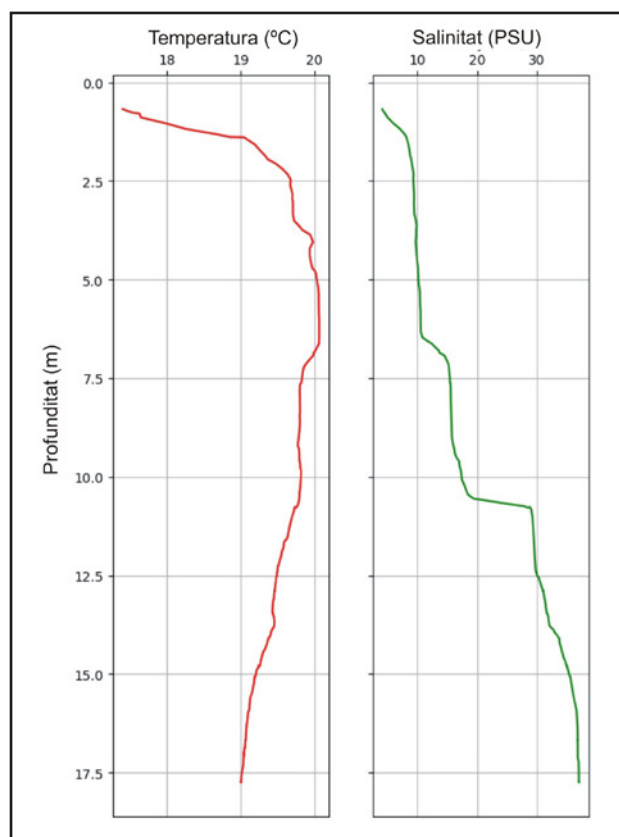


Figura 37: Perfil hídic de temperatura i salinitat del llac d'entrada (sector Clàssic) el mes d'octubre de l'any 2020 .
Figure 37: Hydrologic profile showing temperature and salinity in the entrance pool (Sector Clàssic) in October-2020.

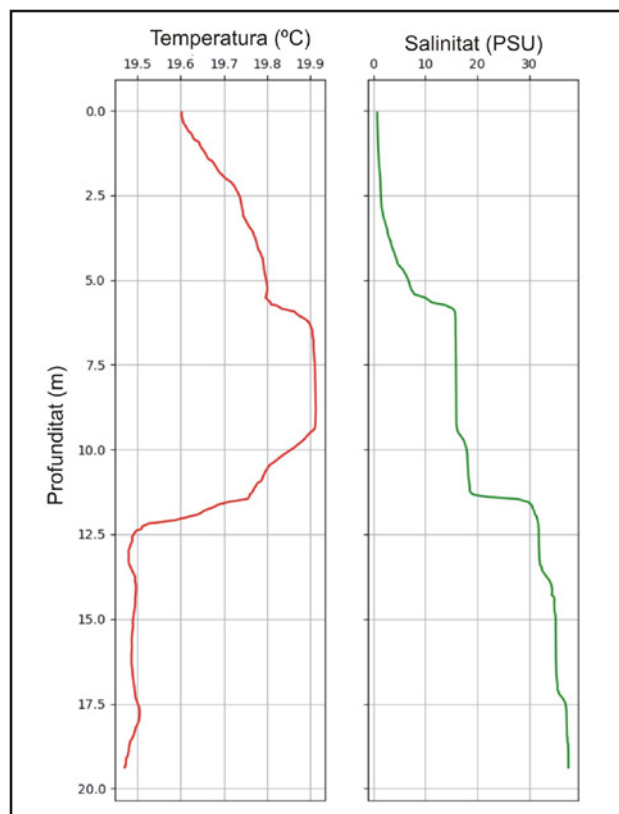


Figura 38: Perfil hídic de temperatura i salinitat de la *sala dels Dos Llacs* (sector de Ponent) el mes d'octubre de l'any 2020.
Figure 38: Hydrologic profile showing temperature and salinity in *Sala dels Dos Llacs* (Sector de Ponent) in October-2020.

Moros i la sala de les Còniques al sector Cinc-Cents; la sala del Tub, la sala dels Homes Vells i la sala dels Templers al sector Llunyà (Figura 30). Les mesures d'hivern corresponen a les dates del 25-01-2020, i les d'estiu a 01-08-2020, 08-08-2020, 05-09-2020 registrades amb un aparell CO₂ meter i un analitzador d'oxigen O₂ Ell Pro (Taula 2).



Figura 39: Sala del Cendrar, al sector Clàssic (Foto: M.A. Perelló).
Figure 39: Sala del Cendrar, at the Sector Clàssic (Photo: M.A. Perelló).

En comparació amb la concentració de CO₂ de l'exterior de la cova que es troba entre els 400 i 500 ppm, els valors de 670 ppm mesurats a la vorera del llac d'entrada al sector Clàssic, la sala d'Entrada, es deuen al fet de trobar-se al fons de la dolina d'esfondrament que forma la boca de la cova de sa Gleda, a uns 36 m de desnivell respecte del nivell del terra a l'exterior. Les altres set sales interiors mesurades no tenen relació atmosfèrica entre sí, trobant-se totes separades per galeries sotaiguades. Emperò sí que es poden fer dos grans grups: les sales que tenen comunicació més o menys directa, encara que entre blocs i pedres, amb la superfície i les que es troben

més segellades de l'atmosfera exterior. Tanmateix en ambdós grups també hi ha diferències molt grans en funció de la major o menor capacitat de ventilació dels àmbits.

Els valors més baixos corresponen a les sales en les quals s'han trobat restes arqueològiques que correspondrien a entrades reblides a causa de les tasques de despedregat. Així la sala de les Còniques i la sala dels Moros presenten valors d'entre 1.100 i 2.000 ppm respectivament tant a l'hivern com a l'estiu, valors relativament baixos de CO₂. Curiosament se semblen molt als mesurats el març del 2020 al sistema Pirata-Pont-Piqueta, a la sala del Rost, amb 1.140 ppm (GRÀCIA et al., 2019), sala que ascendeix molt i es troba a molt poca distància de la superfície. Dins el sector del Manatí, del sistema Pirata-Pont-Piqueta, la sala Mireia, encara que l'aire és perfectament respirable, assoleix ja valors de 5.390 ppm, prou similars als de la sala dels Dos Llacs del sistema Gleda-Camp des Pou, amb mesures de 6.230 i 7.160 ppm d'hivern a estiu. Són sales amb aire molt tolerable per a la respiració normal. Altre grup de sales tenen valors que oscil·len de l'hivern a l'estiu d'entre 15.000 a 18.000, 16.000 a 19.000 i 20.000 a 25.000 ppm (sala dels Templers, sala del Tub i sala dels Homes Vells respectivament), que es podrien emparentar amb la sala de l'Honor i la sala de la Terra Incògnita del sistema Pirata-Pont-

Nom de la sala	Concentració de CO ₂ (ppm)		Humitat relativa (%)		Temperatura (°C)		Concentració d'O ₂ (%)
	hivern	estiu	hivern	estiu	hivern	estiu	
Sector Clàssic							
Sala del Cendrar	2.020	990	87,6	79,0	20,6	21,0	
Sector de Ponent							
Sala dels Dos Llacs	6.230	7.160	76,8	72,0	20,7	22,0	
Sector Cinc-Cents							
Sala dels Moros	1.950	2.000	83,0	66,0	20,1	22,0	
Sala de les Còniques	1.420	1.100	86,3	74,0	20,2	21,0	
Sector Llunyà							
Sala dels Templers	15.000 (1,5%)	18.000 (1,8%)	81,1	68,0	22,0	21,0	19,2
Sala del Tub	16.000 (1,6%)	19.000 (1,9%)	83,0	70,0	21,0	21,0	19,1
Sala dels Homes Vells	20.000 (2,0%)	25.000 (2,5%)	84,0	76,0	22,0	21,0	18,4

Taula 2: Mesures de concentració de CO₂, humitat relativa, temperatura i percentatge d'O₂ de la atmosfera en diferents sales, preses l'any 2020.
Table 2: CO₂ concentration, relative humidity, temperature and O₂ percentage in the atmosphere of different chambers measured during 2020.

Piqueta, amb mesures de 28.000 ppm. En comparació amb l'altre sistema de coves, no s'han trobat valors tan alts com a la *sala dels Tres Miracles* (42.000 a 52.000 ppm, hivern) i tampoc com a la *galeria dels Titans* al sector del Tàrtar, amb 36.000 ppm.

Com ja s'ha esmentat, sembla que en general hi ha petites diferències estacionals dels valors de concentracions. En general, llevat de pocs casos i amb valors baixos, sembla que s'incrementa lleugerament a l'estiu.

Només s'ha mesurat la concentració d'O₂ en tres sales, als mesos d'estiu (Taula 2). El percentatge de l'increment de CO₂ respecte a l'exterior correspon amb una davallada dels nivells de O₂, per la qual cosa són valors antagònics per les dues molècules a la cavitat.

Pel que fa a la humitat relativa, aquesta oscil·la a l'hivern entre el 76,8% de la *sala dels Dos llacs* i els 87,6% de la *sala del Cendrar*. Mentre que a l'estiu es produeix una davallada generalitzada i mesuren entre 66% i 79%. A l'estiu al llac d'entrada s'ha mesurat en 57%, mentre a l'exterior era de 43%. Els valors de temperatura de l'aire oscil·len entre els 20,1°C a l'hivern a la *sala dels Moros* i els 22°C de la *sala dels Templers* i la *sala dels Homes Vells* (Taula 2). La temperatura de l'aire al llac d'entrada s'ha mesurat a l'estiu en 27,4°C, mentre a l'exterior era de 34°C.

Superposició de la cavitat respecte de la superfície

El sistema de coves s'ubica davall terrenys de cultiu de secà i en una petita part sota garriga, allunyat de zones urbanitzades. La separació lineal entre els dos extrems del sistema és d'uns 1.400 m i l'amplària d'uns 500 m, dades que suposen uns 700.000 m² de superfície exterior influenciada per la cavitat. S'ha de fer constar, com bé es pot apreciar a la superposició de la cavitat a la fotografia aèria (Figura 40), la poca distància, menys de 100 m, que separa la cavitat del sistema *Pirata-Pont-Piqueta*, amb el qual espeleogenèticament, hídricament i faunísticament formen clarament una unitat.

El sector de *Gregal* i part del sector de la *Unió*, així com part del sector *Clàssic* i del sector *Cinc-Cents* segueixen paral·lels a la línia costanera, NE-SW. El sector de *Ponent*, sector *Clàssic*, sector *Cinc-Cents*, sector del *Fènix* i sector *Llunyà* són gairebé perpendiculars a la direcció general del sistema i es dirigeixen de cap a la mar. El sistema *Pirata-Pont-Piqueta* segueix la mateixa tendència NE-SW (GRÀCIA et al., 019), i

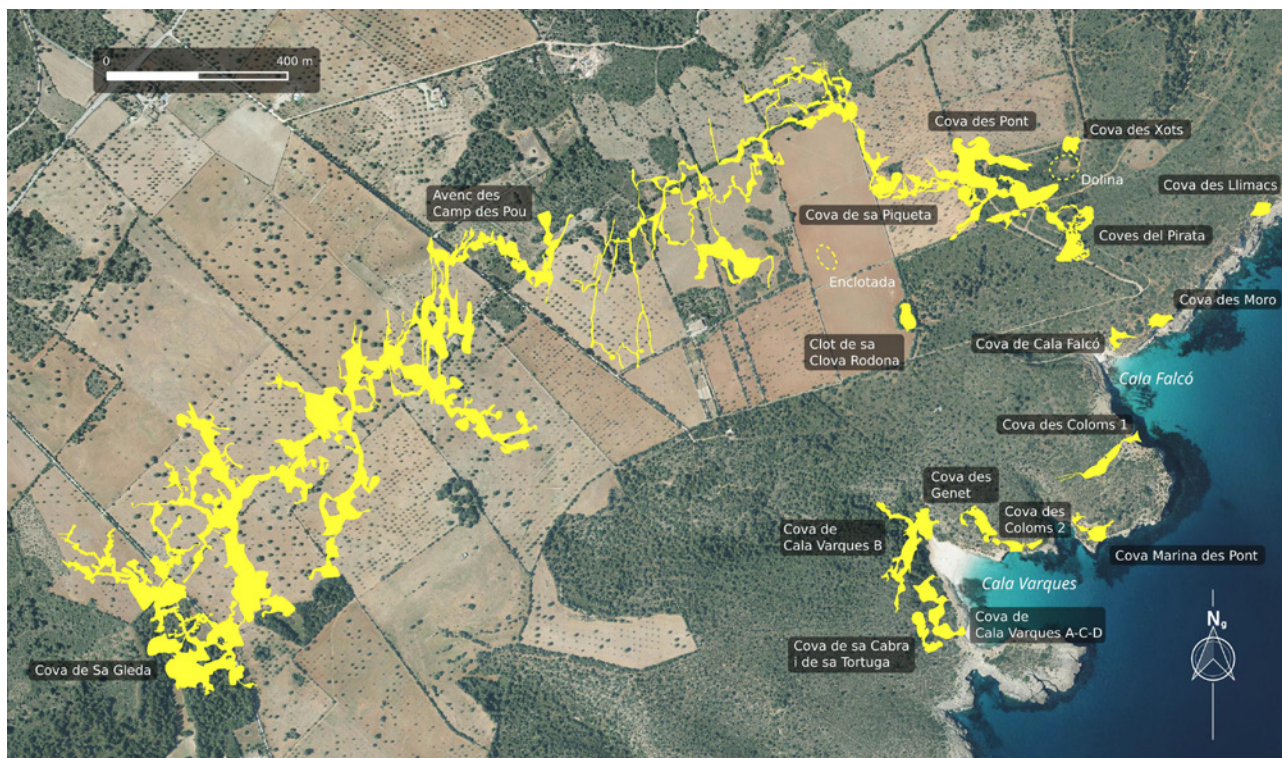


Figura 40: Fotografia aèria de la zona compresa entre Can Frasquet, cala Varques i cala Falcó, amb les plantes del sistema *Gleda-Camp des Pou* i del sistema *Pirata-Pont-Piqueta*, així com de les altres cavitats de la zona superposades.

Figure 40: Aerial photography of the area between Can Frasquet, Cala Varques and Cala Falcó, showing superposed the plan view of the Sistema *Gleda-Camp des Pou* and Sistema *Pirata-Pont-Piqueta* as well as other cavities in the zone.



Figura 41: Emersió a la sala dels Moros (sector Cinc-Cents). Es poden observar franges horitzontals on es registren diferents processos càrstics que ens informen de la complexitat dels mecanismes espeleogenètics (Foto: M.A. Perelló).

Figure 41: Emerging at Sala dels Moros (Sector Cinc-Cents). The horizontal bands that can be observed due to different karst processes point out the complexity of the speleogenetic mechanisms involved (Photo: M.A. Perelló).

l'extrem meridional del *sector de la Terra Incògnita*, el *sector del Tàrtar*, la part més meridional del *sector de la Cova de sa Piqueta* i el *sector de la Cova des Pont* i el *sector de les Coves del Pirata* també serien més o menys perpendiculars, en direcció a la mar, respecte de la resta de la cavitat (Figura 40).

La superfície exterior de la plataforma miocènica on es localitza el sistema de cavitats està a una alçària respecte al nivell de la mar de 45 m a on s'obre l'entrada a l'*avenc des Camp de Pou* i 36 m a prop de la boca de la *cova de sa Gleda*. La potència de roca existent per damunt les galeries i sales del sistema està compresa entre 33 m a la *sala Francesc Ripoll* (*sector Clàssic*), 53 m a la *galeria Cinc-Cents* (*sector Cinc-Cents*), 55 m a les *galeries de les Haloclines* (*sector de Ponent*), 58 m al *sector de Gregal* i 63 m al *sector de la Unió*.

Espeleogènesi

La marina de Llevant, on es desenvolupa el *sistema Gleda-Camp des Pou*, forma part d'un carst eogenètic i es troba adossada a les serres de Llevant. La carretera de Portocolom a Porto Cristo coincideix generalment bastant bé amb aquest contacte entre els afloraments de la serra, que delimita pel costat NW, i els materials del miocè superior. Per l'altra banda, al costat SE, presenta de frontera la mar, amb penya-segats i cales. Els materials carbonatats del miocè superior posseeixen una notable heterogeneïtat textural des del punt de vista litològic que es correspon amb diversos ambients deposicionals, disposats a l'espai en superposicions complexes pròpies de les plataformes carbonatades d'àmbit tropical. La variada litologia horitzontalment i vertical determina les característiques de les coves que es generen al seu interior. La litologia dels materials predominants del miocè superior que han format les cavitats són una alternança de calcarenites i calcisilitites a la base, que evolucionen a calcàries esculloses massives i calcarenites (POMAR et al., 1996; FORNÓS & GELABERT, 2004).

Les turístiques i cèlebres *coves del Drac* varen servir per ajustar al llevant i migjorn de Mallorca els coneixements generats a les illes del Carib (GINÉS & GINÉS, 1992). En aquest treball es proposà un model evolutiu per a les cavitats de la regió càrstica del Migjorn –tal i com fou definida a GINÉS & GINÉS (1989)– on es contempen unes fases espeleogenètiques inicials, desenvolupades en condicions freàtiques a la zona de mescla litoral, seguides per processos de col·lapse generalitzat dels sòtils i parets de les coves que, a la vegada, s'intercalen amb episodis de deposició d'espeleotemes; tot això resulta condicionat i controlat en tot moment per la complexa història de les fluctuacions del nivell marí al llarg del quaternari. Aquestes idees apareixen exposades i complementades en treballs posteriors on s'esbossa una classificació genètica de les coves de Mallorca (GINÉS, 1995; GINÉS & GINÉS, 2009), així com en un estudi monogràfic dedicat a posar al dia, en aquelles dates, els coneixements disponibles sobre el carst litoral del llevant de l'illa (GINÉS, 2000). Finalment cal fer referència també al recent treball que s'ocupa de l'espeleogènesi de les *coves del Drac*, publicat per GINÉS et al. (2018).

El *sistema Gleda-Camp des Pou* correspon a cavitats formades a la zona de mescla entre l'aigua dolça, provinent de les infiltracions i del lent flux de les aigües subterrànies originades a les properes serres de Llevant, i de l'aigua salada de la mar. Els grans volums buits han aprofitat per formar-se importants zones fàcilment solubles dels esculls miocens; és en les roques amb textures *rudstone* i *framestone* amb coralls –dotades d'una alta porositat primària– on es desenvolupen les voluminoses galeries i les grans unitats d'esfondrament (GINÉS et al., 2008; GRÀCIA et al., 2010). Aquest és el cas de la *sala Francesc Ripoll*, el *sector Cinc-Cents* o gran part del *sector del Fènix* i el *sector Llunyà*. Mentre que al costat N la cova posseeix abundants galeries freàtiques que es van fent estretes sense presentar les voluminoses sales que s'obren a la banda meridional. Aquest mateix fenomen es produeix al *sistema Pirata-Pont-*

Piqueta, on les sales de major volum es troben també al SE i la banda N posseeix estretes galeries freàtiques que es van fent impenetrables.

La distribució de zones de col·lapses i la relació amb dolines d'efondrament superficials és de gran interès. Es pot comprovar en superposar la part final d'aquestes galeries, tancades per blocs, amb la ubicació geogràfica de les dolines d'efondrament (*clot de Can Llunes*, *clot des Cendrar I*, *clot des Cendrar II* i *clot dels Ullastres*). Aquests esbaldregalls, juntament amb altres, tanquen o compartimenten moltes zones i impedeixen l'avanç en diversos fronts (GRÀCIA & CLAMOR, 2001).

Curiosament, els límits de la cavitat cap al N no es veuen aturats per les esbaldregades de blocs i pedres que obstrueixen el pas, sinó per galeries que es fan de cada cop més estretes fins fer-se impracticables o bé per galeries que s'aturen en sec en cul de sac (Figura 19). També és molt interessant el fet de que al N del sistema és on les galeries tenen un component més estructural de tipus tectònic o bé galeries freàtiques circulars. Aquest fet és especialment evident als extrems més septentrionals de les galeries de les *Haloclínes* (*sector de Ponent*), galeries del *sector de la Unió* i tot el *sector de Gregal*. Pensam que serien els conductes que alimenten hídricament el sistema endocàrstic des de les serres de Llevant.

Les fluctuacions pleistocèniques i holocèniques del nivell de la mar condicionen l'interior de les coves càrstiques, ja que afecten als processos de formació de les cavitats i també als mecanismes d'efondrament de sostres i parets. La dissolució de la roca i la formació de buits per una banda, així com els reajustaments de l'equilibri zenital per caiguda de blocs per altra, són processos antagònics, però complementaris, que també se solapen i es desplacen en el temps. La precipitació de carbonats en forma d'espeleotemes freàtics en la superfície dels llacs d'aigües saturades és ben evident. També les complexes i heterogènies circumstàncies geomorfològiques, hidrodinàmiques i geoquímiques que es donen tant verticalment com horitzontalment a les diferents zones submergides compliquen extraordinàriament la interpretació del carst i la seva evolució temporal (Figura 41).

Valors arqueològics i etnològics

El sistema *Gleda-Camp des Pou* aplega diverses estructures d'interès etnològic relacionades amb l'extracció d'aigua, bé molt escàs i preuat a la marina de Manacor. Aquestes consisteixen en pou, sinya de sang, safareig, bombes d'aigua, canals, etc. La cova va ésser condicionada per aquest ús, havent un camí que descendeix fins al llac, parcialment destruït per la caiguda de blocs del sostre en diferents llocs i anys.

S'han trobat fragments ceràmics pretalaiòtics, púnics i islàmics en diversos esfondraments interns, a uns 200 m (*pas d'en Judes*), 250 m (*sala dels Moros*) i 380 m (*sala de les Còniques*) del llac d'entrada. Un fragment islàmic trobat al rost submergit del *pas d'en Judes* presenta tres franges de color, típiques de l'època almohade. Els fragments trobats ens serveixen per poder saber que en temps històrics la cova tenia com a mínim altres dues entrades, també d'abisament (*sala dels Moros* i *sala de les Còniques*), actualment impracticables. Alguns d'aquests fragments es varen entregar per al seu estudi als responsables de Patrimoni del Consell de Mallorca fa més de dues dècades.

Conservació de les cavitats

La cova s'estén dins una Àrea Rural d'Interès Paisatgístic (ARIP) i és un Zona d'Especial Conservació (ZEC). La importància espeleològica de tota l'àrea propera on s'ubica és molt gran, ja que es troben gran quantitat de coves i dolines d'efondrament relacionades, algunes en ANEI i altres en ARIP. El sistema *Gleda-Camp des Pou* i el proper sistema *Pirata-Pont-Piqueta* constitueixen la segona i tercera cavitats respectivament de més recorregut de les Balears i els sistemes de coves interconnectades entre si més importants de les illes. Moltes altres coves i dolines d'efondrament es troben escampades per aquesta àrea: *cova de sa Cabra* i *cova de sa Tortuga*, *cova de Cala Varques ACD*, *cova de Cala Varques B*, *cova des Genet*, *cova des Coloms de Cala Varques* o *cova des Coloms II*, *cova Marina des Pont*, *cova des Coloms de Cala Falcó* o *cova des Coloms I*, *cova de Cala Falcó*, *el clot de sa Clova Rodona*, *la cova des Moro*, *la cova des Xots*, *la cova des Llimacs*, *les balms Pelades* i *el forat de sa Tortuga* (TRIAS & MIR, 1977; ENSEÑAT et al., 2019; GRÀCIA et al., 2019). Per afegit, a més dels valors càrstics, les cales i els penya-segats litorals són de molt d'interès paisatgístic i naturalístic.

Conclusions

La cavitat s'obre a l'exterior, a uns 36 m i 45 m sobre el nivell de la mar, per dues dolines d'esfondrament que permeten accedir a l'interior de la gruta i al nivell freàtic. Amb les darreres exploracions, podem considerar la caverna com una successió de sales i galeries d'un desenvolupament aproximat de 14.620 m, dels quals 13.720 són subaquàtics i 900 m són aeris. La superfície total és de 142.350 m². La fondària màxima és de 24,5 m sota les aigües. La direcció predominant de la cova és de NE-SW, encara que moltes de les galeries es prolonguen en direccions diferents. El sistema posseeix zones de gran volum que el fan destacar entre el conjunt de coves del litoral mallorquí, amb una gran riquesa i varietat de morfologies de corrosió i també d'espeleotemes.

La cavitat s'ha subdividit en vuit sectors per facilitar la ubicació dels diferents àmbits: *sector Clàssic*, *sector de Ponent*, *sector Cinc-Cents*, *sector de la Unió*, *sector de Gregal*, *sector del Fènix*, *sector Llunyà* i el *sector de l'Avenc des Camp des Pou*. Dels 8 sectors, 7 tenen connexió subaquàtica entre sí i formarien una unitat, a nivell pràctic, respecte de la resta de la cavitat. La part subaquàtica del *sector de l'Avenc des Camp des Pou* es localitza molt a prop del *sistema Pirata-Pont-Piqueta*.

S'ha mesurat la temperatura de l'aigua, uns 19,6°C, i és pràcticament constant en tot el perfil hídric, amb diferències de només 0,4°C. Respecte a la salinitat, presenta un perfil estratificat amb 3 capes separades per picnoclines. Al llac d'entrada, en superfície, era inferior al 2‰ per pujar fins el 10‰ fins als 7 m de profunditat i 16‰ a prop dels 11 m i a partir d'aquí s'incrementa bruscament als 30‰ i després lentament fins devers 37‰ a les cotes més pregones.

Els valors de concentració de CO₂ a les sales aèries són molt diversos en funció de la capacitat d'aireig dels àmbits. Els més baixos corresponen a les sales en les quals s'han trobat restes arqueològiques que presentaven entrades reblides. Els valors van dels 1.100 ppm fins als 25.000 ppm. Només s'ha mesurat la concentració d'O₂ en tres sales, als mesos d'estiu amb valors antagònics respecte dels del CO₂. Pel que fa a la humitat relativa, aquesta oscil·la entre els 66% i els 87,6% i la temperatura de l'aire entre els 20,1°C i els 22°C.

Queda documentada la proximitat entre el *sistema Gleda-Camp des Pou* i el *sistema Pirata-Pont-Piqueta*, dues cavitats relacionades del punt de vista espeleogenètic, hidrològic i faunístic.

Agraïments

Agraïm les feines dutes a terme en campanyes anteriors pels espeleobussejadors: Mateu Febrer, Juanjo Lavergne, Jaume Pocoví i Nicolàs Betton. Així mateix donam les gràcies per les tasques fetes a la cavitat als companys Miquel Àngel Perelló, Miquel Àngel Vives, Tim Bornemann, Sebastián Ventura, Reiner Kuna, Malé Bloedow, Michael Keimes i Erwin Bloedow.

La nostra gratitud als amics i companys espeleòlegs "terrestres" Armando Lobo, Moisès Bonnín, Vicenç Pla, Antoni Rafel Valero i Colau Cerdà, que ens han ajudat en alguna ocasió a transportar equipament a l'*avenc des Camp des Pou*. Així mateix a molts altres que ens han acompanyat en algunes ocasions puntuals i que és pràcticament impossible fer menció de tots ells.

Desitgem que aquest article serveixi com a tribut i per recordar al company i amic Antoni Cirer, el qual el 2017 va decidir deixar l'espeleobusseig. Les seves feines de documentació fotogràfica, exploratòries i topogràfiques han contribuït a l'engrandiment dels descobriments espeleològics a les cavitats litorals de Mallorca. El món del carst de Mallorca sempre estarà en deute amb ell.

Declaram la nostra gratitud als propietaris de la possessió de Son Josep Nou on s'ubica la *cova de sa Gleda*, Margalida Puigserver i al seu fill Guillem Bonet, la seva comprensió i ajuda que ens han concedit sempre. També a la madona de la finca, Maria Bosch "madó Maria", per la seva amabilitat i per les molèsties ocasionades.

A Joaquín Ginés, a qui expresam cordialment el nostre agraïment per la revisió atenta de l'article i els sempre oportuns i encertats comentaris i crítiques per millorar el treball.

A tota la gent que s'ha interessat al llarg dels 24 anys de recerques en aquesta cova excepcional, nau capitana i referent obligat de les coves de la marina del llevant de Mallorca.

El present treball és una contribució als projectes de recerca finançats pel MINECO, CGL2013-48441-P i CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE).

Bibliografia

- CLARKE, O. (1991-1992): Report of the Cwmbrian Caving Club diving expedition to Son Josep. Mallorca in October 1990. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 18: 28-30.
- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársicos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33 (818): 154-156. Barcelona.
- ENSEÑAT, J. J.; PILARÉS, A. & SANTANDREU, G. (2019): Breus aportacions a les coves de la zona de Can Frasquet (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 29-36.
- 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*. Tipo-Lit. de Amengual y Montaner. 23 pàgs. Palma.
- FARR, M. (1997-1998): Dragon cave diving expedition to Mallorca - 1996. *The Red Dragon-Y Ddraig Goch*, 24: 89-97. U.K.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2004): Balears. In: J.A. Vera (Ed.) *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico Minero de España. 450-464.
- 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.
- GINARD, A.; GINÉS, A. & VICENS, D. (2011): Les exploracions espeleològiques a les illes Balears. La Federació Balear d'Espeleologia. *Endins*, 35/ *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 11-36.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- GINÉS, J. (1995): L'Endocarst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics. *Endins*, 20 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3: 71-86.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 595 pp. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1989): El karst en las Islas Baleares. In: DURÁN, J.J. & LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. (eds.) *El karst en España*. Sociedad Española de Geomorfología. Monografía 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.; 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.; GRÀCIA, F. & FORNÓS, J.J. (2018): L'espeleogènesi de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca): evolució dels coneixements i interpretació actual. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 141-163.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; FORNÓS, J. J. & GRÀCIA, F. (2020): Corrosion rates assessment in the mixed zone of underwater litoral caves by means of Mass-Loss Rock Tablets (sa Gleda cave, Mallorca, western Mediterranean). *Earth Surface Processes and Landforms*. (submitted).
- GRÀCIA, F. & CLAMOR, B. (2001): La Cova de sa Gleda. *Subterrànea*, 16: 24-34.
- GRÀCIA, F. & CLAMOR, B. (2006): Cova de sa Gleda. In: MAYORAL, D. & MATEU, T. (eds.) *Mallorca, bellezas en la oscuridad. Guía práctica y visual de la espeleología en Mallorca*. Espeleo Mallorca S.C. 239 – 248. Sant Llorenç des Cardassar, Mallorca.
- GRÀCIA, F.; FORNÓS, J.J.; CLAMOR, B.; FEBRER, M. & GAMUNDÍ, P. (2007): La cova de sa Gleda I. Sector Clàssic, sector de Ponent i sector Cinc-Cents (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, sedimentologia i hidrologia. *Endins*, 25: 43-86.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2010): El sistema de cavitats Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68.
- GRÀCIA, F.; CIRER, A.; LÁZARO, J.C.; FERNÁNDEZ, J.F.; CLAMOR, B.; MASCARÓ, G.; ENSEÑAT, J.J.; FORNÓS, J.J. & PÉREZ, J. (2019): Sistema Pirata-Pont-Piqueta (Manacor, Mallorca): estat de la qüestió. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 69-101.
- GRIMALT, M. & RODRÍGUEZ, R. (2000): Topònims i geografia de les possessions del litoral del terme de Manacor. *I Jornades d'Estudis Locals de Manacor*, 59-73.
- GUIJON, M. & CABRER, M. A. (2004): Recull toponímic en el municipi de Manacor. *III Jornades d'Estudis Locals de Manacor*, 393-408.
- MARTÍNEZ, R. & MULET, G. (2013): Buscando los orígenes de Mallorca VI. Exploración de las galerías terrestres y subacuáticas del Sector Este en el Avenc des Camp des Pou del Sistema Gleda-Camp des Pou. *Espeleología en Baleares. Revista Digital de la F.B.E.*, 1-7 pp.
- POMAR, L.; WARD, W.C. & GREEN, D.G. (1996): Upper Miocene Reef Complex of the Lluçmajor area, Mallorca, Spain. In: FRANSEEN, E.K.; ESTEBAN, M.; WARD, W.C. & ROUCHY, J.M. (Eds.) *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions*. Concepts in Sedimentology and Paleontology Series, 5, 191-225.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- VIVES, A. (2010): *Corpus Toponímic Valencià*. Volum 1. Generalitat Valenciana. 589 pp.



Algunes obres d'É.A. Martel publicades el primer quart del segle XX: referències al carst i les coves de Mallorca

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

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: jginesgracia@yahoo.es

² Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Abstract

Édouard-Alfred Martel, who is considered the founder of modern European speleology, visited Mallorca twice, specifically in the years 1896 and 1901. The impressions caused by the explored caves, as well as by the limestone landscapes of the island, were altogether reflected in his literary production from the first decades of the 20th century. This paper analyzes the references to the caves and karst of our island which are present in two of his fundamental works: “*L'Évolution souterraine*” (1908) and “*Nouveau traité des eaux souterraines*” (1921). The observations included in these works focus on the caves explored by Martel in the vicinity of Porto Cristo village –Coves del Drac, Coves del Pirata and Cova des Pont–, containing also references to the then famous Coves d'Artà, located in the northeastern end of Mallorca. In the second of the commented books, there are a few brief notes on the karst of Serra de Tramuntana mountain range, as well as on the karren features observed in various parts of the island.

Resumen

Édouard-Alfred Martel, quien es considerado como el fundador de la espeleología moderna europea, visitó Mallorca en dos ocasiones, concretamente los años 1896 y 1901. Las impresiones que le causaron las cuevas exploradas, así como los paisajes calcáreos de la isla, quedaron reflejadas en su producción bibliográfica de los primeros decenios del siglo XX. En este trabajo se analizan las referencias a las cuevas y al karst de nuestra isla, que están presentes en dos de sus obras fundamentales: “*L'Évolution souterraine*” (1908) y el “*Nouveau traité des eaux souterraines*” (1921). Las observaciones incluidas en estas obras se centran en las cavidades exploradas por Martel en las cercanías de Porto Cristo –Coves del Drac, Coves del Pirata y Cova des Pont– conteniendo también referencias a las por entonces ya famosas Coves d'Artà situadas en el extremo nororiental de Mallorca. En la segunda de las obras comentadas, no faltan algunas breves anotaciones sobre el karst de la Serra de Tramuntana, así como sobre las morfologías de lapiaz de diversos puntos de la isla.

Ginés, J. i Ginés, A. (2020): Algunes obres d'É.A. Martel publicades el primer quart del segle XX: referències al carst i les coves de Mallorca. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 33-45. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear. **Rebut:** 9 juny 2020; **Revisat:** 16 juny 2020; **Acceptat:** 23 juny 2020. **Publicat online:** 30 juliol 2020.

Introducció

Tal i com és ben conegut, l'explorador i naturalista francès Édouard-Alfred Martel va estar a Mallorca dues vegades –el setembre de 1896 i l'abril de 1901 (MARTEL, 1896, 1903)– sempre sota els auspicis de l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria (GINÉS, 1999; MADER, 1999). La segona d'aquestes estades la dugué a terme en companyia de la seva esposa Aline de Launay, segons se desprèn d'una carta enviada a l'Arxiduc, des de Miramar, amb data 17 d'abril de 1901 (ANDRÉ et al., 1997, pàg. 195). Amb posterioritat a les seves estades a l'illa, sembla ser que Martel continuà en contacte epistolar amb l'Arxiduc i, fins i tot, l'expressà la seva intenció de tornar a Mallorca el setembre de 1914, fet que no es produí per mor de l'esclat de la primera guerra mundial (MADER, 1999).

La ingent activitat exploratòria de Martel arreu del món va donar lloc a una molt extensa obra escrita i iconogràfica (CHABERT & de COURVAL, 1971; ANDRÉ & DUTHU, 1999), en la que sovintegen les al·lusions a les coves i paratges visitats al llarg de les seves dues campanyes a Mallorca. Dins d'aquest context, les tasques d'elaboració de diversos articles per a la publicació d'un monogràfic sobre les Coves del Drac (Manacor), editat per la Societat Espeleològica Balear, ens dugueren a portar a terme una acurada revisió de l'obra bibliogràfica de Martel relacionada amb aquesta important cova mallorquina (GINÉS & GINÉS, 2018; GINÉS et al., 2018a).

Aquesta tasca bibliogràfica ha tingut una certa continuïtat ulterior amb el treball de GINÉS & GINÉS (2019), en el qual es procedeix a l'anàlisi de les referències a coves de la nostra illa dins del llibre “*La Spéléologie ou science des cavernes*” (MARTEL, 1900). En aquell article ja esmentàvem que

les obres de caràcter general d'aquest autor compten amb alguns llibres remarcables, més tardans, que veren la llum durant el primer quart del segle XX. Per aquest motiu, ens centrarem ara en analitzar i contextualitzar les referències al carst i les coves de Mallorca que apareixen incloses als llibres "*L'Évolution souterraine*" (MARTEL, 1908) i "*Nouveau traité des eaux souterraines*" (MARTEL, 1921). En particular, la segona de les obres citades representa el que es podria qualificar com el més destacable llegat bibliogràfic de Martel, pel que fa a la seva visió de l'espeleologia física i la hidrogeologia càrstica.

El llibre "*L'Évolution souterraine*"

Centrant-nos en el primer dels llibres que motiven la present nota, podem dir que "*L'Évolution souterraine*" és una obra de 388 pàgines (MARTEL, 1908) que fou publicada a París per l'editor Ernest Flammarion (Figura 1), la qual forma part d'una col·lecció de literatura científica denominada *Bibliothèque de Philosophie Scientifique*. El llibre no és massa extens en comparació amb altres publicacions de caràcter general de l'autor, que se solen caracteritzar pel seu enciclopedisme gairebé exagerat i per l'elevat nombre de pàgines. Com ja comentàvem a GINÉS & GINÉS (2019) aquesta obra es pot considerar que forma part d'una mena de tetralogia de textos rellevants, que s'inaugura amb "*Les Abîmes*" (MARTEL, 1894) i "*La Spéléologie ou science des cavernes*" (MARTEL, 1900), i es finalitza amb els dos llibres que motiven la present nota.

El contingut està organitzat en 19 capítols, dels quals tan sols 6 d'ells estan dedicats a aspectes geològics i hidrogeològics, a més de sengles capítols que s'ocupen de la meteorologia hipogea i les concrecions, així com dels temes d'higiene pública relacionats amb les aigües subterrànies. L'enfocament dinàmic que apareix enunciat al títol del llibre –"*L'Évolution souterraine*"– està present al llarg de tot el text, començant per les consideracions sobre l'evolució geomorfològica de les coves i avencs, per continuar amb 5 capítols dedicats a la flora i fauna subterrània i els processos d'adaptació evolutiva al medi. Finalment, un total de 6 capítols tracten del poblament humà i la seva evolució cultural.

Els escassos comentaris sobre cavitats de Mallorca els localitzem concretament als capítols que es mencionen tot seguit. Curiosament cap de les cites es refereix a les Coves del Drac (Figura 2), que fou la cavitat més rellevant explorada per Martel a la nostra illa.

Capítol IV

La primera referència a coves mallorquines la trobem al capítol que es dedica a "*L'Évolution de l'Eau souterraine*", on es tracta de manera molt eclèctica la dinàmica evolutiva tant de la hidrologia càrstica com de les cavitats que es generen a l'interior dels massissos calcaris.

En un extens paràgraf de la pàgina 96 es comenta que no totes les coves naturals són

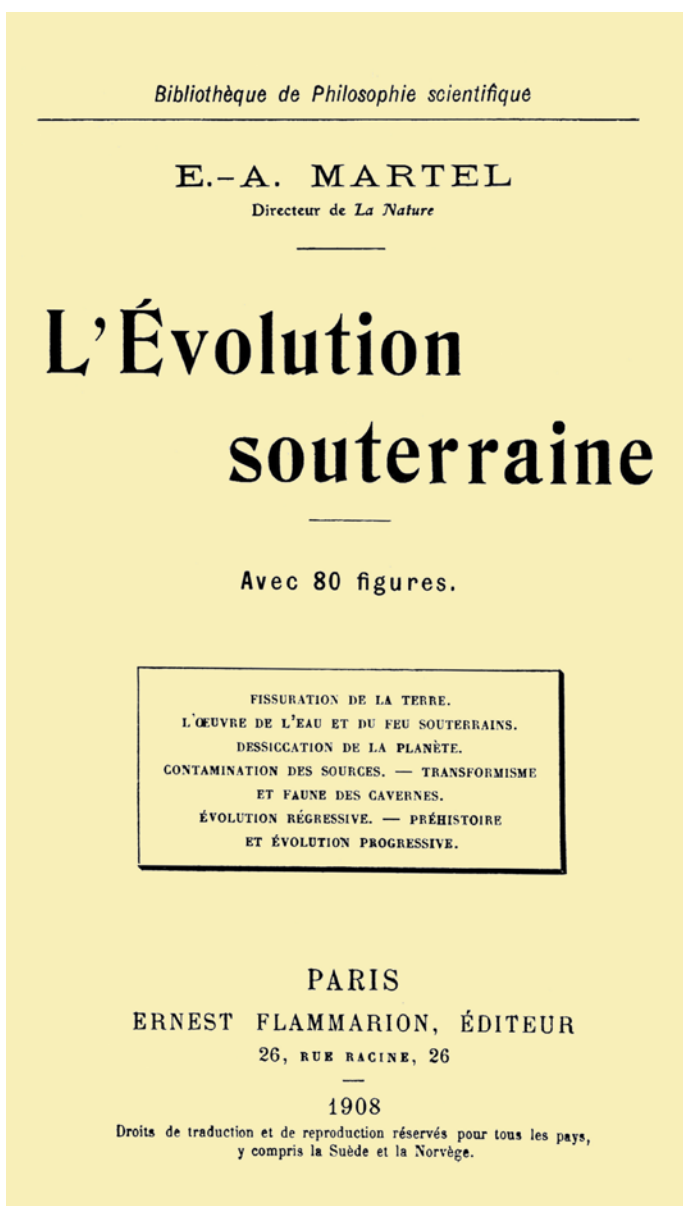


Figura 1: Reproducció de la coberta del llibre "*L'Évolution souterraine*" (MARTEL, 1908). (Font: jubilotheque.upmc.fr/ / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).
Figure 1: Reproduction of the front cover from the book "*L'Évolution souterraine*" (MARTEL, 1908). (Source: jubilotheque.upmc.fr/ / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

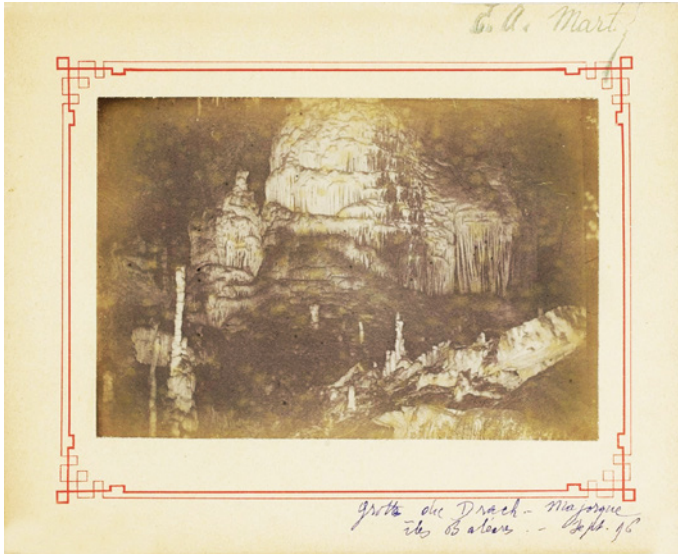


Figura 2: Fotografia original de les Coves del Drac presa per É.A. Martel el setembre de 1896 (Font: gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France).
 Figure 2: Original photograph of Coves del Drac taken by É.A. Martel in September 1896 (Source: gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France).

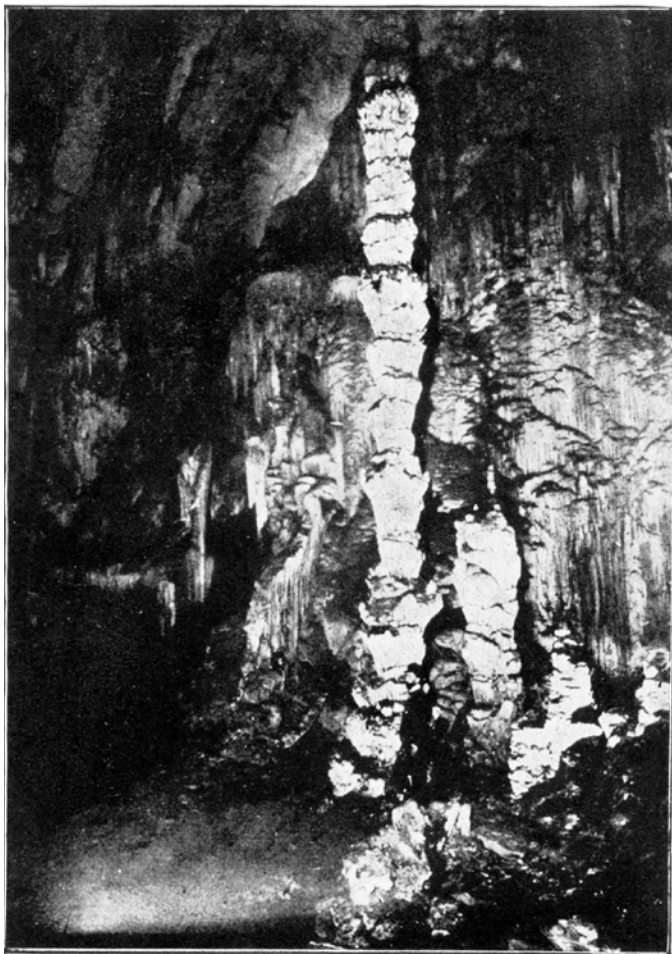


Figura 3: Fotografia de les Coves d'Artà presa per É.A. Martel, presumiblement l'abril de 1901, i publicada a la memòria de la seva segona campanya a Mallorca (MARTEL, 1903).
 Figure 3: Photograph of Coves d'Artà taken by É.A. Martel presumably in April 1901, published within the memory of his second caving campaign in Mallorca (MARTEL, 1903).

molt antigues, fins al punt que es poden remuntar inclús al període terciari; n'hi ha de molt recents, encara funcionals des del punt de vista hidrològic, juntament amb altres cavitats que es poden qualificar de *mortes*, com és el cas de les Coves d'Artà, a Mallorca. L'autor s'expressa d'aquesta manera: "Il ne faudrait pas en conclure cependant que, d'une manière générale, les cavités naturelles du sol aient été creusées à l'époque tertiaire; il en est de beaucoup plus récentes; un grand nombre même continuent à s'approfondir de nous jours: ... ces cavernes-là **vivent** encore (...); d'autres achèvent de **mourir** en s'obstruant (...), et la plupart sont tout à fait **mortes** (...; Arta, Baléares; ...)".

L'explorador francès visità aquesta cova durant la seva primera campanya de 1896, aportant una descripció breu però bastant acurada (MARTEL, 1896), encara que no coneixem fotografies de la cova fetes en aquesta incursió. Està documentat que tornà a visitar la cavitat en la segona campanya de 1901; malgrat que era costum de l'autor reproduir en els seus escrits textos ja publicats amb anterioritat, els paràgrafs que dedica a aquesta cova dins la memòria de la segona campanya (MARTEL, 1903) inclouen detalls nous i dues fotografies, que no apareixen a publicacions precedents (Figura 3). Així mateix, la carta de Martel de data 17 d'abril de 1901, transcrita per ANDRÉ et al. (1997, pàg. 195), confirmaria aquesta segona incursió a les Coves d'Artà. En ambdues memòries l'autor atribueix a la cavitat un origen càrstic, emperò una mica ambigu, dient: "... la grotte d'Arta a été creusée par l'action combinée de la mer et des eaux d'infiltration, aux dépens de cinq ou six grandes diaclases verticales et parallèles, qui avaient préalablement fissuré la montagne" (MARTEL, 1896, 1903). El que queda ben patent, en qualsevol cas, és que l'espectacular decoració d'espeleotemes existent en una cavitat sense cap funcionalitat hídrica actual impressionà l'autor, qui menciona aquesta cova a tall d'exemple clar del que qualifica com a cavitats *mortes* (MARTEL, 1908).

Capítol V

El títol d'aquest capítol –"L'Air souterrain"– és més aviat enganyós donat que, a més d'ocupar-se dels aspectes relacionats amb la meteorologia de les cavernes, en ell es descriuen els diversos tipus de concrecions presents a les cavitats subterrànies i els processos que les generen. Des del moment que l'ornamentació natural de les coves mallorquines causà una notable impressió a l'autor, no és estrany trobar referències a aquests fenòmens de deposició d'espeleotemes.

Dins dels paràgrafs que Martel dedica a les formacions excèntriques i les distintes teories

genètiques proposades, insereix a la pàgina 127 una fotografia de la Cova des Pont, amb el següent peu: “Fig. 37.— *Stalactites excentriques, Lac Victoria, grotte du Pont à Majorque (îles Baléares)*”. Aquesta imatge fou presa durant la seva visita a Mallorca l’any 1901, i l’hem reproduïda a la Figura 4. Al text del capítol no s’inclou cap observació addicional sobre les estalactites excèntriques de la cova; malgrat això es prou evident que els paisatges subterranis d’aquest llac de la Cova des Pont mereixeren particular atenció de l’espeleòleg francès, fins al punt que una fotografia molt similar estava inclosa al treball de MARTEL (1903) i es reproduïx més tard al “*Nouveau traité des eaux souterraines*” (MARTEL, 1921).

Continuant amb les concrecions de les cavernes i els processos que les afecten, es dediquen algunes pàgines a parlar de formacions que s’han vist desplaçades, trencades o tombades per reajustaments del substrat. Així, a la pàgina 136 escriu: “*Fréquemment aussi (aux cavernes du Pirate, Majorque; du Trou de Calel, Tarn; de Jenolan, Australie; de Proumeyssac; de Lacave, Lot, etc.), des colonnes, formées par la réunion d’une stalactite et d’une stalagmite, se son rompues en deux parties sans tomber, parfois avec séparation, et déviation d’axe de plusieurs centimètres entre les deux tronçons. Un très léger déplacement de leur support, entraîné en bloc par la sape d’eaux souterraines, est la fort simple explication de ces faits*”. Cal reconèixer que a les Coves del Pirata els fenòmens de trencament d’espeleotemes, deguts a reajustaments del paviment de blocs rocosos són molt cridaners; de fet Martel deixà constància d’aquests fets en la secció longitudinal de la topografia esquemàtica que realitzà (MARTEL, 1903), la qual l’hem reproduïda parcialment a la Figura 5.

Capítol XVIII

Dins la part final del llibre, dedicada a l’evolució del poblament humà, ens trobem amb aquest capítol que es titula: “*Néolithique et Protohistorique – Cavernes historiques et souterrains-refuges – L’Évolution positive*”.

En ocupar-se del fenomen cultural del megalitisme i de les construccions ciclòpies, a les pàgines 351 i 352 es fa ressò de l’existència de construccions prehistòriques a les Gimnèsies, escrivint: “*Il est*

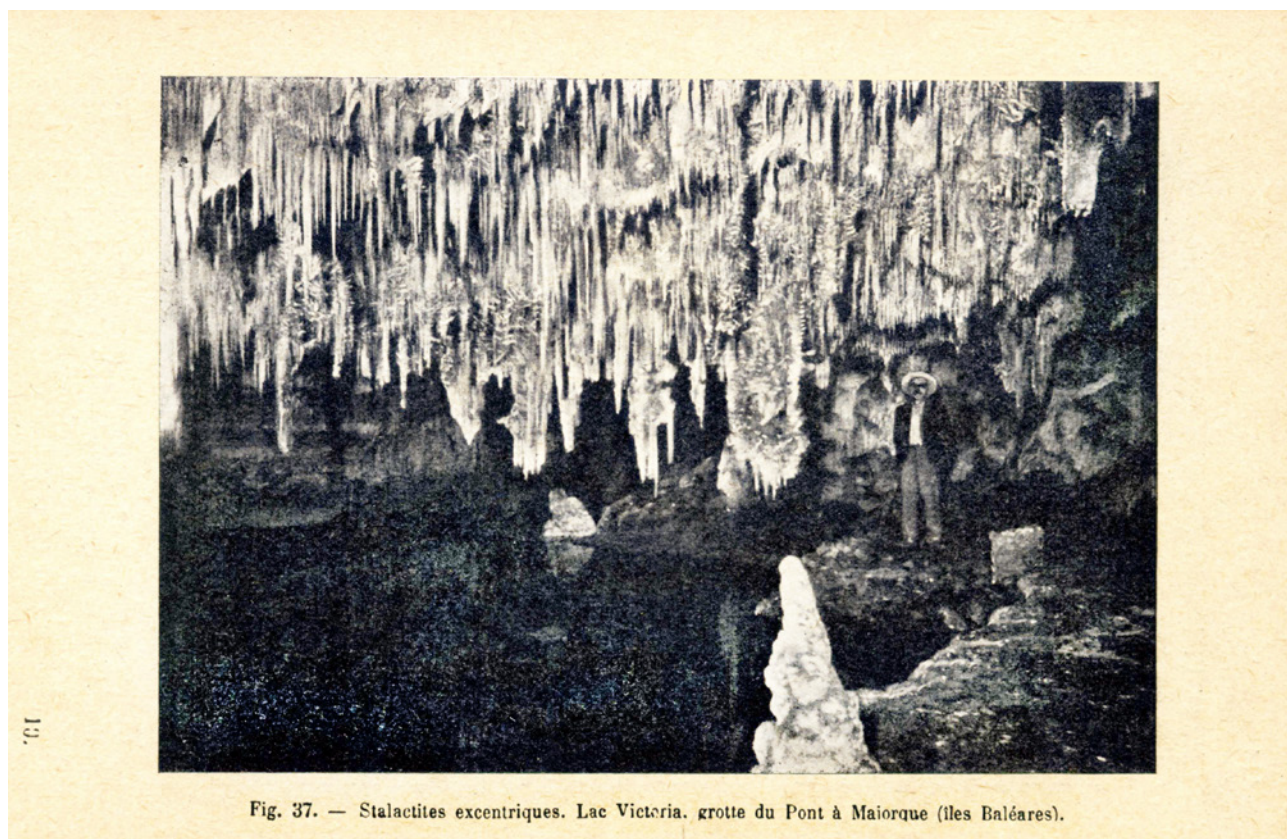


Figura 4: Fotografia de la Cova des Pont (*Ilac Victòria*) presa per É.A. Martel l’abril de 1901, i publicada el 1908 al seu llibre “*L’Évolution souterraine*”
 Figure 4: Photograph of Cova des Pont (*Ilac Victòria*) taken by É.A. Martel in April 1901, and printed in 1908 in his book “*L’Évolution souterraine*”.

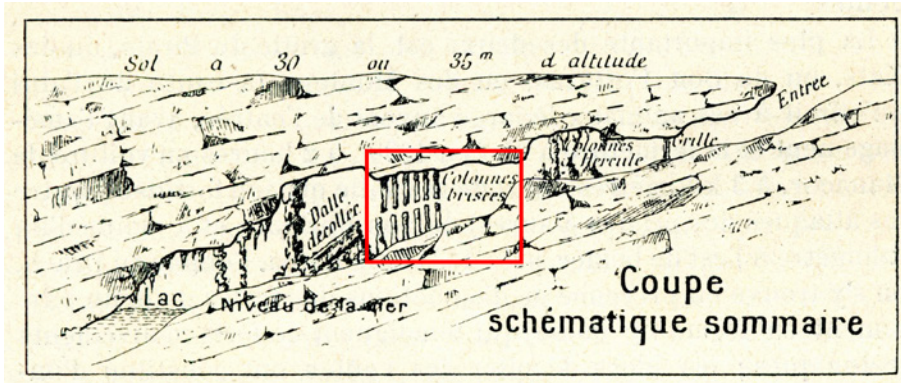


Figura 5: Fragment de la topografia esquemàtica de les Coves del Pirata, elaborada per É.A. Martel el 1901 durant la seva segona campanya espeleològica a l'illa de Mallorca (MARTEL, 1903). Dins del quadre vermell es poden observar les columnes fracturades descrites al text.

Figure 5: Partial view of the topographic sketch of Coves del Pirata, drawn by É.A. Martel in 1901 during his second caving campaign on the island of Mallorca (MARTEL, 1903). Within the red box, the fractured columns described in the text can be observed.

bien probable qu'une relation, jusqu'à présent peu saisissable, doit rattacher les dolmens aux autres mégalithes protohistoriques de nombreux pays, sur l'âge, l'origine et l'usage desquels on demeure réduit aux conjectures et aux controverses: les Nuraghe de Sardaigne; Taulas (bilithes en forme de T), Talayots, Cuevas, Nauetas, Circulos, Murallones de Minorque et de Majorque, si bien étudiés par M. Cartailhac; ..."

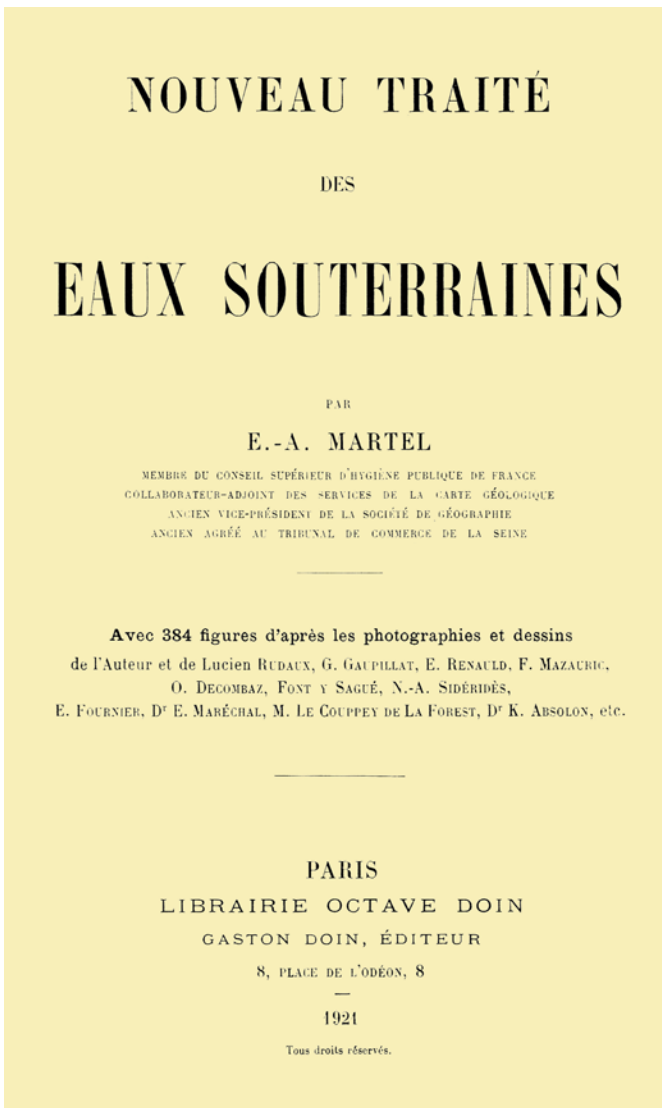


Figura 6: Reproducció de la coberta del llibre "Nouveau traité des eaux souterraines" (MARTEL, 1921). (Font: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Figure 6: Reproduction of the front cover from the book "Nouveau traité des eaux souterraines" (MARTEL, 1921). (Source: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

El llibre "Nouveau traité des eaux souterraines"

Aquest llibre (MARTEL, 1921) és un dels més extensos del seu autor –838 pàgines– i fou publicat a París per la Livrerie Octave Doin. Es pot considerar com a una obra gairebé enciclopèdica que pretén reunir tots els coneixements disponibles sobre la hidrologia subterrània i les cavitats naturals, en base a les nombroses expedicions realitzades i a les nombrosíssimes referències que es discuteixen al llarg del text; en suma, el "Nouveau traité des eaux souterraines" ve a representar una mena de llegat bibliogràfic de Martel sobre aquesta matèria (Figura 6).

El contingut es troba estructurat en 30 capítols, tots ells de temàtica hidrogeològica, incloent així mateix capítols de hidrologia aplicada dedicats, per exemple, a la prospecció i protecció de les aigües subterrànies, l'ús de traçadors com la fluoresceïna, o les qüestions relacionades amb la higiene pública.

Les referències a les Illes Balears, i en particular al carst i les coves de Mallorca, són bastant nombroses: trobem fins a 17 pàgines d'aquest llibre que inclouen observacions o al·lusions al nostre entorn geogràfic. Aquestes referències es distribueixen en els capítols que es tracten a continuació.

Capítol IV

Aquest capítol s'ocupa d'aspectes relacionats amb la infiltració, la permeabilitat o la porositat, amb el títol de: "Ruissellement, évaporation, infiltration (percolation), perméabilité, imperméabilité, porosité". Trobem a les seves pàgines unes poques observacions que al·ludeixen a la permeabilitat i la porositat dels materials rocosos presents a les nostres illes.

Concretament, dins un apèndix d'aquest capítol titulat "Craie et calcaire" (pàgina 121) s'inclou una

consideració molt general sobre la permeabilitat i porositat de les roques miocèniques de les Balears, que són comparades amb altres materials calcaris porosos com la creta de determinades regions de França. Es pot llegir: “D’après E- Merlis (29), «certains calcaires tertiaires seraient grossièrement poreux plutôt que véritablement fissurés» ... Je ne conteste pas cette observation qui peut s’appliquer au sénonien de la grotte de Miremont et au miocène des Baléares (v. ch. XVII) ...”. Resulta curiós observar que aquest comentari es refereix al conjunt de l’arxipèlag balear, quan Martel tan sols visità l’illa de Mallorca. Per altra banda, convé remarcar que l’autor ens remet al capítol XVII, on es donen dades sobre les Coves del Drac i altres cavitats de l’àrea de Porto Cristo.

Com a colofó del capítol IV, i per tal d’insistir en la porositat de les roques del miocè del llevant de Mallorca, es presenta a la pàgina 126 una fotografia de la Cova des Pont (Figura 7), diferent però gairebé idèntica a la publicada a “L’Évolution souterraine” (MARTEL, 1908). En aquesta ocasió, el peu de la fotografia diu: “Fig. 49. – Stalactites du lac Victoria (Majorque, p. 491), par percolation des voûtes”. Aquest peu de foto ens adreça a la pàgina 491, on s’inclou la topografia esquemàtica d’aquesta cavitat i es donen dades generals sobre les coves litorals del llevant de l’illa.

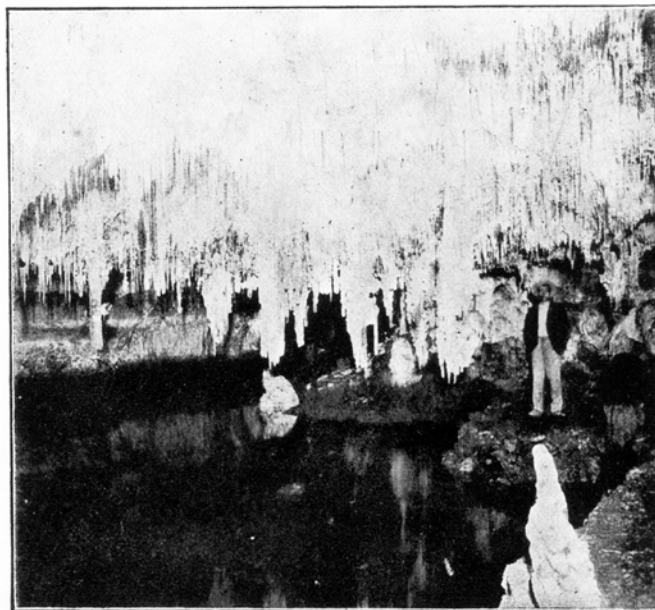


Fig. 49. — Stalactites du lac Victoria (Majorque, p. 491), par percolation des voûtes.

Figura 7: Fotografia de la Cova des Pont (Ilac Victòria) presa per É.A. Martel l’abril de 1901, i publicada el 1921 al seu llibre “Nouveau traité des eaux souterraines” (Font: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).
 Figure 7: Photograph of Cova des Pont (Ilac Victòria) taken by É.A. Martel in April 1901, and printed in 1921 in his book “Nouveau traité des eaux souterraines” (Source: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Capítol V

Sota el títol literal de: “Absorption des eaux – pertes et abîmes”, aquest capítol tracta de les modalitats de penetració de les aigües dins el subsòl i de les morfologies generades com a resultat de l’actuació dels processos estudiats.

A la pàgina 143, dins de l’apartat que es dedica als avencs, s’inclou la següent informació: “A Majorque, de nombreuses bouches d’abîmes s’ouvrent dans le fameux domaine de Miramar. Pour l’un d’eux, j’ai estimé en 1901 que la profondeur devait être comprise entre 150 et 250 mètres (Spel. M., n° 32, p. 7. etc.)”. Pensam que aquestes dades són molt optimistes i probablement exagerades: de fet no es coneix als territoris arxiducals –de Valldemossa i Deià– cap avenc d’aquestes característiques. A la memòria de la seva segona campanya (MARTEL, 1903) se situa aquest avenc a les rodalies de Son Ferrandell, al llit d’un torrent que baixa cap a la Fuente del Cova [sic], topònim que tal vegada es refereix a s’Hort de sa Cova. A part d’aquest gran avenc desconegut, és molt probable que l’autor visités les boques de cavitats com l’Avenc de Son Mas i l’Avenc de ses Basses (a Son Rul·lan), ambdós localitzats a prop de possessions de l’Arxiduc.

Continuant amb les observacions sobre els avencs d’aquest sector de la Serra de Tramuntana, a la pàgina 144 apareix una fotografia de formes arrodonides de lapiaz subedàfic, amb l’estreta obertura d’un avenc (Figura 8). El peu de la foto explica: “Fig. 67. – Orifice (en plein roc, diam. 0m. 30) du gouffre de la Padrixa à Miramar (Ile de Majorque)”. La profunditat que atribueix MARTEL (1903) a aquest avenc és de 40-60 m), similar a la que assolix l’Avenc de sa Marineta, situat bastant a prop de sa Pedrixa; no obstant això la seva boca té poc a veure amb l’orifici que apareix a la fotografia. A tall de conclusió, es pot afirmar que la identificació correcta de les cavitats verticals mencionades per Martel és un tema encara pendent de resoldre.

Capítol VI

Aquesta secció s’ocupa bàsicament de les depressions càrstiques, amb el següent títol: “Bassins fermés, cloups, dolines et polje, phénomènes du calcaire”. A les seves pàgines finals es descriuen alguns dels fenòmens relacionats amb la carstificació de les roques calcàries, com són l’existència d’importants

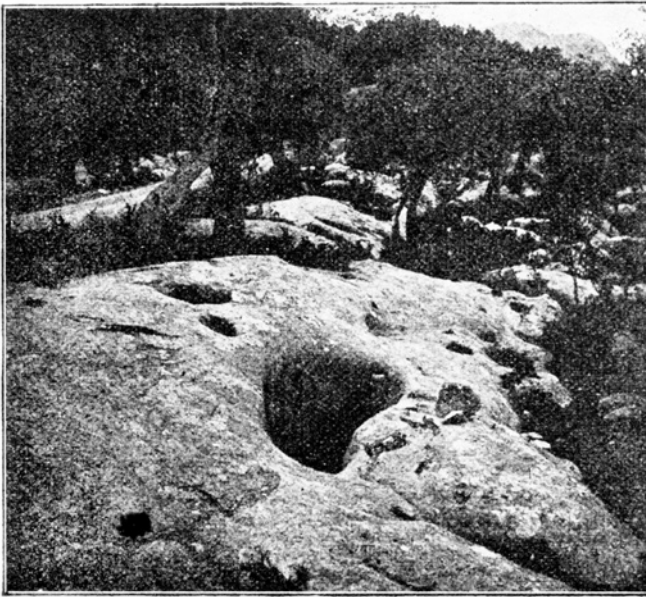


Fig. 67. — Orifice (en plein roc, diam. 0 m. 30) du gouffre de la Padriassa à Miramar (Ile Majorque).

Figura 8: Fotografia de les formes de lapiaz a sa Pedriassa (Deià) presa per É.A. Martel l'abril de 1901, i reproduïda el 1921 al seu llibre "Nouveau traité des eaux souterraines" (Font: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Figure 8: Photograph of karren features at Sa Pedriassa (Deià) taken by É.A. Martel in April 1901, and reproduced in 1921 in his book "Nouveau traité des eaux souterraines" (Source: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

cavitats subterrànies, donant tot un seguit d'exemples internacionals.

Així, a la pàgina 214 es pot llegir: "... le tertiaire, même plus récent que le nummulitique du Karst, a fait connaître les cavités de la Jamaïque, de Java, d'Australie (v. p. 493), les deux kilomètres de la splendide grotte du Dragon (île de Majorque, Baléares), en plein miocène non moins friable que la craie blanche cauchoise, – les grottes marines de Bonifacio, – ...". Aquest text pot tenir una doble lectura: per una banda, Martel no diu res sobre la gènesi per erosió marina que proposà el 1896 per a les Coves del Drac. Per altra banda, encara que sense dir-ho explícitament, reconeix un origen càrstic per a les coves de Porto Cristo, assimilant-les de nou a les cavitats en roques poroses com la *creta*. Tal i com veurem més endavant, l'autor es mourà dins l'ambigüitat a tot el llarg del llibre, sense especificar res concret sobre els mecanismes de formació d'aquesta important cova mallorquina.

Capítol IX

El present capítol té un enunciat a bastament clar: "*Le niveau hydrostatique et les surfaces aquifères*". En desenvolupar aquest tema (pàgina 326), l'autor s'estén amb les següents consideracions: "*Assurément, c'est faute de justesse, que le dogme du niveau hydrostatique est si totalement dépourvu de clarté. ... On peut reconnaître volontiers que les cas de vides endessous de la mer voisine, comme aux Baléares, sont peu*

fréquents, et admettre qu'un affaissement géologique a pu les abaisser; mais, depuis, le niveau hydrostatique, s'il est universel, aurait dû les remplir à nouveau. La compacité des roches les a défendues même contre les infiltrations locales".

Novament Martel es mou dins l'ambigüitat, i opta per no dir res sobre l'origen marí que defensà en el seu moment per a les Coves del Drac (MARTEL, 1896). En canvi, sense explicitar com s'han format les coves esmentades, suggereix que l'existència de buits per davall del nivell de la mar es deu a fenòmens geològics que han enfonsat les cavitats, les quals amb posterioritat s'han reomplert d'aigua en correspondència amb el nivell hidrostàtic general. De bell nou, utilitza les Illes Balears com a terme geogràfic de referència, malgrat que les seves observacions es circumscriuren tan sols a l'àmbit de Mallorca.

Capítol XVII

Aquest capítol forma part d'un conjunt de cinc, als quals es passa revista a les formes i processos que es desenvolupen en diversos tipus de roques; més concretament, el títol del mateix fa referència al comportament de les "*Argiles – terrains tertiaires*". Dins de la seva extensió es troben fins a tres pàgines on s'aporten observacions sobre les coves naturals de les rodalies de Porto Cristo, incloses totes elles dins un apèndix d'aquest capítol, titulat: "*Eaux souterraines et cavités du tertiaire*".

Començant per la pàgina 489, ens trobem una fotografia de la Cova des Coloms (Figura 9), situada sota la torre del Serral des Falcons, on s'explica: "*Fig. 246. – Cova des Coloms. Entrée sous-marine des cavernes du Drach (île Majorque) (p. 491)*". Aquesta imatge reproduïx la publicada a MARTEL (1903), però no se subministra cap dada sobre les característiques de les Coves del Drac.

Per altra banda, la pàgina 491 s'estén un poc més en com són les coves del miocè de les Balears, encara que sense citar cap cavitat concreta i al·ludint al conjunt de l'arxipèlag com a marc geogràfic de referència; així escriu: "*Les cavernes des îles Baléares sont fort développées (21 et ch. XXV), avec des lacs souterrains, qui comptent parmi les plus grands connus; mais la plupart sont saumâtres, occupant, en partie,*

des **grottes marines**, au rivage même de la Méditerranée, dont les flots ont exercé une puissante action érosive sur les calcaires particulièrement tendres (v. ch. XVIII) du miocène (Fig. 246)”. En aquesta ocasió, Martel és un poc menys ambigu i, a més d’esmentar l’existència de cavitats ben desenvolupades amb grans llacs salabrosos, parla de coves marines on les onades han efectuat una potent acció erosiva. Aquest text adreça el lector a les referències bibliogràfiques d’aquest capítol designades amb el número 21, així com al capítol XXV que tractarà de les concrecions; també remet al capítol XVIII, dedicat a l’erosió mecànica, i a la fotografia de la pàgina 489 (Cova des Coloms). Per arrodonir el tema, Martel reproduïx la seva topografia de la Cova des Pont (Figura 10), amb el següent peu: “Fig. 247. – Caverne à lac saumâtre à Majorque (v. p. 126)”, remetent al seu torn a la foto d’aquesta cova que apareix a la pàgina 126.

Finalment, cal consignar que a la pàgina 495 s’inclouen diferents referències bibliogràfiques sobre coves de Mallorca –amb la numeració (21)– on es citen treballs de Jacques Maheu, Émile G. Racovitza, Georges Pruvôt, així com del propi Martel.

Capítol XVIII

Els aspectes relacionats amb l’erosió mecànica de les roques compten amb un capítol específic titulat: “Action des eaux souterraines – érosion (mécanique)”. A la pàgina 514 del mateix, l’autor s’ocupa de l’erosió marina a les costes calcàries, dient: “Elle s’exerce à la fois par le force contondante des vagues, et par le choc des galets qu’elle soulève: faisant reculer les falaises; abattant leurs obélisques isolés (...); supprimant des arcades marines (...); démantelant les îles de Rügen (...), d’Héligoland, etc. (...); creusant des marmites marines (...) et de vraies rascles ou lapiaz dans les rigoles de la roche (Saint-Jean-de-Luz, pays de Caux, Burrens d’Irlande, Estérel, Majorque)”. Aquesta cita, que al·ludeix genèricament al lapiaz litoral de l’illa, interpreta aquestes morfologies com el resultat de l’erosió mecànica, i sense esmentar el paper de la dissolució química ni la bioerosió en la seva gènesi. Aquesta menció enllaça, encara que amb un contingut una mica contradictori, amb les referències que es fan dins el capítol següent sobre el lapiaz litoral de les rodalies de les Coves del Drac.

Capítol XIX

En el present capítol –que ve a suposar una mena de complement contraposat al capítol precedent– es tracta de la “Corrosion – éboulements – lapiaz (ou lapiés)”. En tres pàgines gairebé consecutives s’aporten informacions, sobre tot gràfiques, al voltant de les formes de lapiaz de l’illa.

Començant per la pàgina 532, en ella es presenta una fotografia del lapiaz litoral de la zona de Porto Cristo, amb el següent peu de foto: “Fig. 266. – Rascles marins de Porto-Cristo, au-dessus de la Cueva del Drach, à Majorque” (Figura 11). A aquesta pàgina i la següent (pàg. 533) es desenvolupa una explicació addicional sobre el tema, dins un apartat que anomena “Ubiquité de la lapiézation (mer, rivières, montagnes)”; en aquest apartat es pot llegir: “... une seule chose est sûre: la **lapiézation** est avant tout l’oeuvre de l’eau, car la mer elle-même a érodé des reliefs lapiézés littoraux (Strandkarren de Cvijič en Istrie) dans les schistes ardoisières de Kilkee (...); les gneiss et granits de l’île de Délos (...); les calcaires miocènes de la côte sud-est de l’île de Majorque (Baléares) ... (v. fig. 266)”. Cal destacar que Martel es mou en aquest paràgraf dins d’un terreny entre contradictori i ambigu, donat que esmenta formes d’erosió litoral desenvolupades

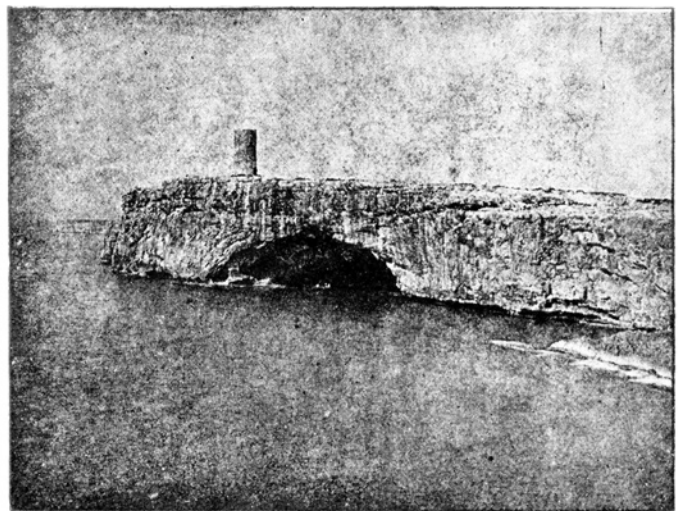


Fig. 246. — Cova des Coloms. Entrée sous-marine des cavernes du Drach (île Majorque) (p. 491).

Figura 9: Fotografia de la Cova des Coloms, situada a prop de les Coves del Drac, presa per É.A. Martel el setembre de 1896 i reproduïda el 1921 al seu llibre “Nouveau traité des eaux souterraines” (Font: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Figure 9: Photograph of Cova des Coloms, located in the vicinity of Coves del Drac, taken by É.A. Martel in September 1896 and reproduced in 1921 in his book “Nouveau traité des eaux souterraines” (Source: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

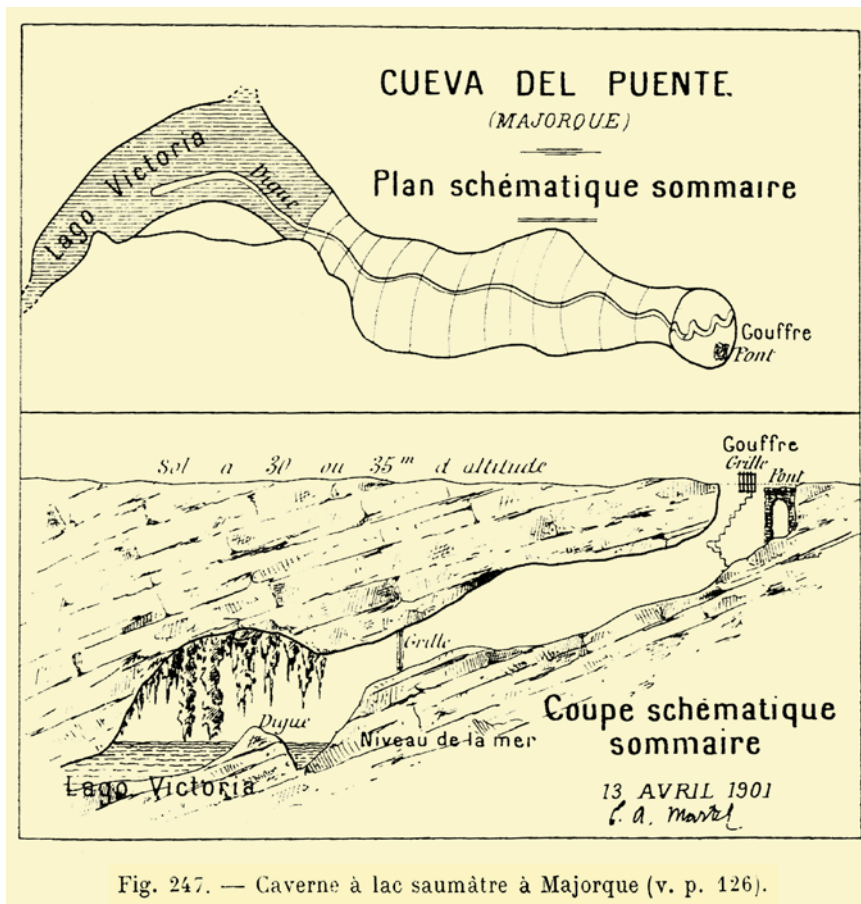


Fig. 247. — Caverne à lac saumâtre à Majorque (v. p. 126).

Figura 10: Topografia esquemàtica de la Cova des Pont, elaborada per É.A. Martel el 1901 durant la seva segona campanya espeleològica a l'illa de Mallorca, i reproduïda el 1921 al seu llibre "Nouveau traité des eaux souterraines" (Font: jubilothèque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).
 Figure 10: Topographic sketch of Coves del Pirata, drawn by É.A. Martel in 1901 during his second caving campaign on the island of Mallorca, and reproduced in 1921 in his book "Nouveau traité des eaux souterraines" (Source: jubilothèque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

en litologies diverses –moltes d'elles poc solubles– afirmant que: "On peut le définir, largement, la sculpture hydrique [lapiézation], sans perdre son temps à rechercher la part exacte de l'action mécanique or des effets chimiques ... de la neige ou de la mer ...".

L'autor continua, a les pàgines 535 i 536, amb el tema del lapiaz descrivint exemples que porten associats la presència d'avencs i punts d'absorció de les aigües subterrànies. Es pot llegir: "... car nous avons, sans exception aucune, trouvé, parmi tous les lapiaz suivants, des puits naturels, points d'absorption des eaux superficielles, qui ont progressivement, et dans toutes les formations calcaires, substitué une circulation souterraine au primitif ruissellement extérieur, et créé les résurgences, savoir: ... rasclès de l'île de Majorque (Baléares) à Porto-Cristo (miocène) avec la Cueva del Drach, et de Valldemosa (jurassique) avec les profonds abîmes inexplorés de la Fuente de la Cova (v. p. 143)".

En aquesta ocasió la contradicció és molt evident, des del moment que mescla morfologies de lapiaz litoral –que prèviament havia atribuït bàsicament a l'erosió mecànica marina– amb els avencs i formes d'esquetjar dels voltants

de Valldemossa, que ja hem comentat en ocupar-nos del capítol V. Per altra banda, cal afegir que els materials rocosos que afloren a aquesta zona del municipi de Valldemossa no corresponen al juràssic sinó al miocè inferior, encara que no és d'estranyar que els confongués degut a l'abundància de clastes procedents de roques juràssiques dins dels dipòsits de conglomerats del miocè.

Capítol XXV

El títol d'aquest capítol no pot ser més eclèctic: "Concrétions des eaux souterraines – geysers – gouffres de la mer et volcanisme". A les seves pàgines trobem diverses referències i imatges de les concrecions de les coves mallorquines, les quals és evident que causaren forta impressió a l'autor.

Començant per la pàgina 700, s'ens mostra una fotografia de les Coves d'Artà (la *Reina de les Columnes*), idèntica a la que hem reproduït a la Figura 3, però amb el següent peu de foto: "Fig. 343. – Cueva de Arta (Majorque). La reines des colonnes hauteur: 15 mètres". Sembla ser que aquesta imatge fou presa l'any 1901, i aparegué publicada a la memòria de la segona campanya a Mallorca (MARTEL, 1903). Tot seguit, a la pàgina 701 s'inclouen dues imatges de l'espectacular decoració que caracteritza les Coves del Drac (Figura 12); ambdues fotografies segurament daten també de 1901, i foren publicades també per primera vegada a MARTEL (1903). Els peus de les fotografies són els següents: "Fig. 344. – Cueva del Drach (Majorque). – Lac de la Grande Duchesse de Toscane" i "Fig. 345. – El Drach. – Un coin du lac des Délices". Aquestes tres imatges es troben inserides dins d'un sector del capítol que no

té res a veure amb les concrecions calcàries, i que en canvi tracta de coses tan diverses com les foses oceàniques i el magmatisme.

Per altra banda, a la pàgina 706 trobem una referència a les estalactites excèntriques d'algunes coves de Mallorca, que apareix inclosa en un apèndix d'aquest capítol, que l'autor dedica a les "*stalactites et stalagmites*". Es pot llegir el següent: "... En Belgique, ... la grotte de Rozée, découverte en 1906, abonde en extraordinaires stalactites dites **excentriques**, dont la formation reste une énigme de cristallographie ... Il en est de même pour les belles cavernes d'Arta, du Drach et surtout de Els-Hams, dans l'île de Majorque (37)". El més remarcable d'aquestes cites és que s'esmenten les estalactites excèntriques de les Coves dels Hams, cavitat que mai fou visitada per Martel; sens dubte, l'autor es feia ressò de les investigacions de MAHEU (1912).

Per a finalitzar, cal deixar constància que a la pàgina 711 s'enumeren diverses referències bibliogràfiques sobre coves de Mallorca –amb la numeració (37)– on es citen les obres de GAY & CHAMPSAUR (1885), VUILLIER (1893) i PUIG Y LARRAZ (1896).

Discussió

Les dues obres revisades són molt diferents, tant pel que fa al seu plantejament i contingut com respecte a les referències incloses sobre el carst i les coves de Mallorca. Per una banda, "*L'Évolution souterraine*" és un llibre no massa extens i amb un enfocament bastant original i arriscat, que conté tan sols 4 pàgines on es mencionen coves illenques. Per altra banda, el "*Nouveau traité des eaux souterraines*" és una obra molt extensa de temàtica estrictament hidrogeològica, que ens presenta fins a 17 pàgines amb observacions referents a cavitats de l'illa i sobre el seu modelat càrstic. Val a dir que l'autor, en utilitzar termes geogràfics, freqüentment fa generalitzacions que abracen el conjunt de l'arxipèlag –per exemple, parla del miocè de les Balears–, malgrat que Martel visità tan sols l'illa de Mallorca durant les seves dues campanyes.

Les referències a les coves i al carst de les nostres illes són bàsicament literàries però, sobre tot a la segona de les obres analitzades, s'inclouen abundants informacions iconogràfiques: concretament 8 fotografies en total, tant de coves com de morfologies de superfície, així com la topografia de la Cova des Pont. En gairebé la totalitat dels casos es tracta d'imatges ja publicades anteriorment dins la nombrosa producció bibliogràfica de Martel.

Pel que fa a les cavitats citades, a "*L'Évolution souterraine*" s'esmenten les Coves d'Artà, la Cova des Pont i les Coves del Pirata, però sorprenentment no es diu res sobre les Coves del Drac que fou la cova més destacable explorada per Martel a Mallorca, amb importants descobriments de llacs i sales verges. Quant al "*Nouveau traité des eaux souterraines*" apareixen comentaris i/o fotografies de les Coves d'Artà, així com de les cavernes dels voltants de Porto Cristo (Coves del Drac, Cova des Coloms, Cova des Pont) incloent també una menció a les Coves dels Hams, cavitat que l'autor no conegué en persona; també esmenta alguns avencs de les zones de sa Pedrissa i Son Ferrandell, així com d'altres paratges de les rodalies de Valldemossa. Sobre l'ús que en fa dels noms de les cavitats més freqüentment citades, podem dir que és poc sistemàtic. Per exemple les Coves del Drac apareixen recollides de maneres molt diverses (*grotte du Dragon*, *cavernes du Drach*, *Cueva del Drach*, o simplement *El Drach*); otra cavitat, com és la Cova des Pont, apareix com a *grotte du Pont*, *Cueva del Puente* o simplement *lac Victoria*.

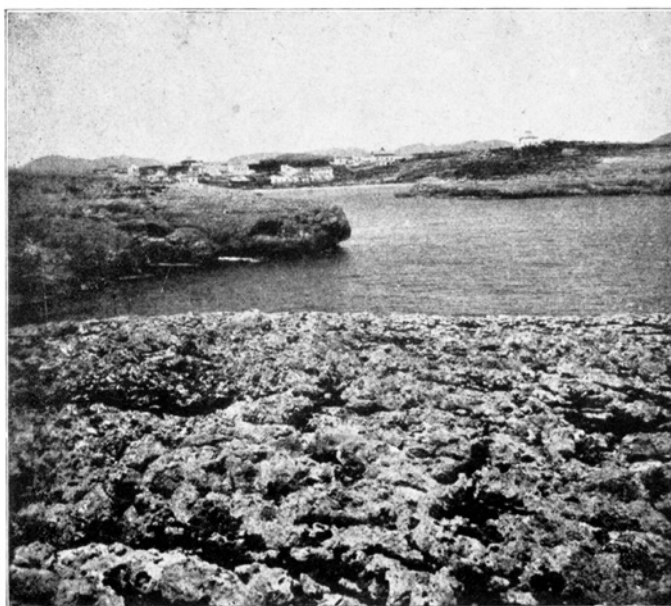


Fig. 266. — Rascles marins de Porto-Cristo, au-dessus de la Cueva del Drach, à Majorque.

Figura 11: Fotografia de les formes de lapiaz litoral de les rodalies de Porto Cristo, presa per É.A. Martel presumiblement l'abril de 1901, i reproduïda el 1921 al seu llibre "*Nouveau traité des eaux souterraines*" (Font: jubilothèque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Figure 11: Picture of the coastal karren at the vicinity of Porto Cristo, taken by É.A. Martel presumably in April 1901, and reproduced in 1921 in his book "*Nouveau traité des eaux souterraines*" (Source: jubilothèque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Centrant-nos en les qüestions de caire geològic, es fa al·lusió en ambdues obres a les característiques litològiques dels materials calcaris del miocè, que configuren les costes del llevant de Mallorca. El caràcter molt porós i permeable d'aquestes roques cenozoiques, és comparat en diverses ocasions amb el comportament d'altres roques fàcilment erosionables, com la *creta* de determinats territoris de França.

Els processos que han originat les importants cavitats de l'àrea de Porto Cristo no són explicats amb res de detall; ans al contrari pareix que Martel adopta una postura ambigua, en no sentir-se còmode amb la controvèrsia genètica que ell mateix plantejà (veure discussió al respecte a GINÉS et al., 2018b).

Per exemple, es parla de la presència d'extenses coves a les calcàries poroses i fàcilment erosionables del miocè, però no es concreta res sobre els processos espeleogenètics que han actuat: tan sols es reporta l'existència de llacs salabrosos, que ocupen parcialment grutes marines o cavitats molt properes al litoral. L'autor no es decanta per la gènesi d'erosió mecànica marina que proposà el 1896, però tampoc relaciona amb claredat la formació de les Coves del Drac amb els processos de carstificació.

Un aspecte que queda a bastament ben documentat és la riquesa i varietat de la decoració d'espeleotemes observada a les coves mallorquines. Aquest fet innegable queda ben palès en diverses fotografies de les Coves d'Artà, les Coves del Drac o la Cova des Pont. L'autor fa particular menció de certes tipologies com són les estalactites excèntriques o descriu, per exemple, mecanismes no massa freqüents com és la fracturació de les columnes observada a les Coves del Pirata i deguda a reajustaments del substrat.

Tenint en compte que Martel passa molt de llis sobre la possible gènesi càrstica de les cavitats de l'àrea de Porto Cristo, els comentaris sobre el carst de Mallorca en general són gairebé inexistents; de fet, pràcticament es limiten a esmentar la presència d'avencs a la Serra de Tramuntana, els quals porten al seu càrrec la infiltració de les precipitacions. Els avencs visitats a les zones de Valldemossa i Deià es localitzen en materials del miocè inferior, malgrat que són situats erròniament al juràssic. Les morfologies de lapiaz també mereixen un poc d'atenció per part de Martel, encara que es mostra de nou bastant ambigu en tractar dels processos de formació del lapiaz litoral existent a la costa manacorina.

CONCRÉTIONS DES EAUX SOUTERRAINES

701

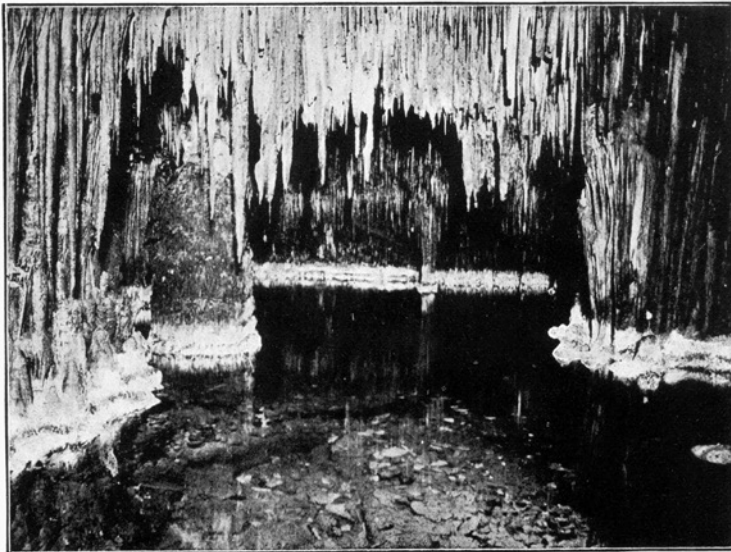


Fig. 344. — Cueva del Drach (Majorque). — Lac de la Grande Duchesse de Toscane.

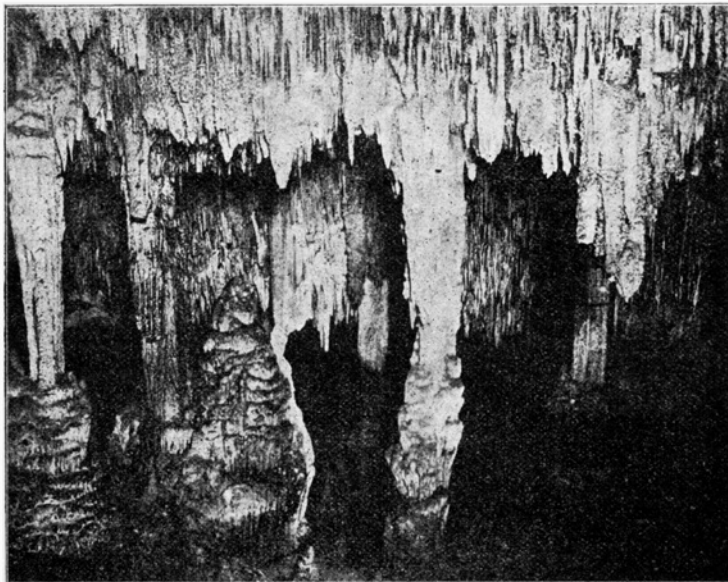


Fig. 345. — El Drach. — Un coin du lac des Délices.

Figura 12: Fotografies de les Coves del Drac preses per É.A. Martel presumiblement l'abril de 1901, i publicades el 1921 al seu llibre "*Nouveau traité des eaux souterraines*" (Font: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Figure 12: Pictures of Coves del Drac taken by É.A. Martel presumably in April 1901, and printed in 1921 in his book "*Nouveau traité des eaux souterraines*" (Source: jubilotheque.upmc.fr / Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC).

Conclusions

Les aportacions d'Édouard-Alfred Martel al coneixement geològic i geomorfològic del carst de Mallorca poden ser considerades com poc sòlides i, de vegades, una mica contradictòries; aquestes aportacions es concentren a les memòries de les seves dues campanyes (MARTEL, 1896, 1903) i es focalitzen bàsicament en les cavitats de les rodalies de Porto Cristo, i en les Coves del Drac en particular. La rellevància d'aquests treballs va quedar una mica entelada per les interpretacions errònies que postulà sobre la gènesi per erosió marina d'aquesta important cova.

Les obres més tardanes de Martel –com és el cas dels dos llibres ara analitzats– no aporten una visió més coherent de les seves observacions: tan sols reproduïxen informacions prèvies i material gràfic de l'autor, però sense posar gens d'ordre addicional al contingut dels articles primerencs. Més aviat al contrari, dins el “*Nouveau traité des eaux souterraines*” Martel es mostra extraordinàriament ambigu pel que fa a l'origen de les Coves del Drac, de tal manera que resulta molt difícil saber quines eren les seves idees sobre aquestes qüestions. Les abundants referències a les Balears, i a Mallorca en particular, pareixen obeir a l'interès de l'autor en internacionalitzar les localitats descrites, per tal de mostrar exemples de les nombroses exploracions realitzades en països diversos; no obstant això, no hi ha cap dubte que les coves de Mallorca li causaren una notable impressió, que queda reflectida en la seva obra bibliogràfica.

Malgrat aquestes ombres comentades més a dalt, la contribució de Martel al coneixement de les coves de l'illa és transcendental i es centra principalment en els aspectes exploratoris i topogràfics (GINÉS et al., 2018a). Concretament, les descobertes efectuades a les Coves del Drac propiciaren que aquesta cavitat esdevingués anys després una de les coves turístiques més importants d'Europa.

Agraïments

El present treball s'emmarca dins del projecte d'investigació del MINECO, CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE). Els autors agraeixen la revisió i els suggeriments de Joan J. Fornós i Juanjo Enseñat.

Bibliografia

- ANDRÉ, D. & DUTHU, H. (eds.) (1999): *L'Homme qui voyageait pour les gouffres*. Actes du colloque Année Martel, 1997. Archives Départementales de la Lozère. Imprimerie Varennes. 421 pàgs. Mende, França.
- ANDRÉ, D.; CASTERET, M.; CARLIER, P.; GAUTIER, A.; KALLIATAKIS, G.; RENOUEAU, C. & RENOUEAU, L. (eds.) (1997): *La plume et les gouffres. Correspondance d'Édouard-Alfred Martel (de 1868-1936)*. Association E.A. Martel. 607 pàgs. Saint-Georges de Luzençon, França.
- CHABERT, C. & de COURVAL, M. (1971): *E.-A. Martel 1859-1938. Bibliographie*. Travaux Scientifiques du Spéléo-Club de Paris. Imprimerie Marcelin & Cie. 103 pàgs. Paris.
- GAY, S. & CHAMPSAUR, B. (1885): *Album de las Cuevas de Artá y Manacor*. Luis Fábregas, Librería Española. 50 pàgs + 25 gravats. Palma. Barcelona.
- GINÉS, A. (1999): Édouard-Alfred Martel et la spéléologie à Majorque. In: ANDRÉ, D. & DUTHU, H. (eds.): *L'Homme qui voyageait pour les gouffres*. Actes du colloque Année Martel, 1997. Archives Départementales de la Lozère. Imprimerie Varennes. 291-300. Mende, França.
- GINÉS, A.; SANTANDREU, G.; GRÀCIA, F.; ENSEÑAT, J.J. & GINÉS, J. (2018a): Principals etapes de l'exploració i topografia de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 1-20. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2018): Aspectes històrics i bibliogràfics de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 21-47. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2019): Les coves de Mallorca al llibre d'Édouard-Alfred Martel “La Spéléologie ou science des cavernes” (1900). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 15-27. Palma.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F. & FORNÓS, J.J. (2018b): L'espeleogènesi de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca): evolució dels coneixements i interpretació actual. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 141-163. Palma.

- MADER, B. (1999): Martel et ses relations avec l'italien Carlo de Marchesetti et Son Altesse Impériale l'Archiduc Ludwig Salvator d'Autriche. In: ANDRÉ, D. & DUTHU, H. (eds.): *L'Homme qui voyageait pour les gouffres*. Actes du colloque Année Martel, 1997. Archives Départementales de la Lozère. Imprimerie Varennes. 311-320. Mende, França.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des Iles Baléares. *Spelunca, Bull et Mém. Soc. Spéléol.*, 8 (67-68): 1-108. París.
- MARTEL, É.A. (1894): *Les Abîmes. Les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie*. Librairie Charles Delagrave. 578 pàgs. París.
- MARTEL, É.A. (1896): Sous Terre (neuvième campagne). Cueva del Drach, à Majorque - Scialets du Vercors - Chouruns de Dévoluy. *Annuaire du Club Alpin Français*. 23ème année. 368-413 + 1 plànol. París.
- MARTEL, É.A. (1900): *La Spéléologie ou science des cavernes*. Imprimerie Durand. Scientia, Biologie n° 8. 126 pàgs. Chartres.
- MARTEL, É.A. (1903): Les cavernes de Majorque (Iles Baléares). *Spelunca, Bull et Mém. Soc. Spéléol.*, 5 (32): 1-32 + 8 làms. fotos + 1 plànol. París.
- MARTEL, É.A. (1908): *L'Évolution souterraine*. Bibliothèque de Philosophie scientifique. Ernest Flammarion, Éditeur. 382 pàgs. París.
- MARTEL, É.A. (1921): *Nouveau traité des eaux souterraines*. Librairie Octave Doin. 838 pàgs. París.
- PUIG y LARRAZ, G. (1896): *Cavernas y simas de España*. Est. Tip. de la viuda e hijos de M. Tello. 440 pàgs. Madrid.
- VUILLIER, G. (1893): *Les îles oubliées*. Hachette. 1-218. París.

Recursos en línia per a la consulta d'algunes obres d'Édouard-Alfred Martel

Gallica. Bibliothèque Nationale de France:

<https://gallica.bnf.fr/>

(1894) Les Abîmes. Les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie:

http://jubilotheque.upmc.fr/ead.html?id=GH_000489_001

(1900) La Spéléologie ou science des cavernes:

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5531037c?rk=64378;0>

http://jubilotheque.upmc.fr/ead.html?id=GH_000490_001

(1908) L'Évolution souterraine:

http://jubilotheque.upmc.fr/ead.html?id=GH_000492_001

(1921) Nouveau traité des eaux souterraines:

http://jubilotheque.upmc.fr/ead.html?id=GH_000495_001



Aquest article es distribueix sota els termes de la llicència CC-BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Els Avencs de s'Esquena dets Ases (Galatzó, Calvià)

Antoni Rafel VALERO ^{1,2,3}

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: trescamons58@gmail.com

² Societat d'Història Natural de les Balears. Margalida Xirgu, 16. Palma.

³ Grup Nord de Mallorca. La Plaça, 10. Pollença.

Abstract

The present paper describes two unpublished pot-holes recently explored at the ridge known as s'Esquena dets Ases, in the mountains of the public property of Galatzó (Calvià, Mallorca); the topographical surveys of both cavities are published, while some basic data on the geology and geomorphology of the area are also furnished. The dimensions of these shafts are rather modest, with the largest attaining a maximum depth of -46 m, while the smaller one is only -16 m deep. The main interest of these cavities lies in the fact that they can be related to one of the chasms mentioned in the fable entitled "*Es pastor de Galatzó*", included in the compilation of Mallorcan folk tales published in 1895 by Archduke Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen; the aforementioned fable refers to the misdeeds of Comte Mal, a historical-legendary aristocrat from these territories.

Resumen

Al present treball es descriuen dos avencs inèdits localitzats i explorats recentment a l'indret conegut com s'Esquena dets Ases, a les muntanyes de la finca pública de Galatzó (Calvià, Mallorca); es publiquen així mateix les topografies d'ambdues cavitats, al temps que s'inclouen algunes dades bàsiques sobre la geologia i la geomorfologia de la zona. Les dimensions dels avencs són més aviat modestes, assolint el major d'ells una fondària màxima de -46 m, mentre que l'avenc més petit arriba tan sols a una profunditat de -16 m. El principal interès d'aquestes cavitats rau en el fet que es poden relacionar amb un dels avencs esmentats a la contarella titulada "*Es pastor de Galatzó*", inclosa a l'aplec de rondalles mallorquines publicades el 1895 per l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria; l'esmentada rondalla fa referència a les malifetes del Comte Mal, personatge històric-legendari d'aquestes contrades.

Valero, A.R. (2020): Els Avencs de s'Esquena dets Ases (Galatzó, Calvià).
Papers Soc. Espeleo. Balear, 3: 47-54. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.
Rebut: 9 agost 2020; **Revisat:** 16 agost 2020; **Acceptat:** 18 agost 2020.
Publicat online: 22 agost 2020.

Introducció: la troballa i les exploracions

A una de les seves passejades per la finca de Galatzó, efectuada el dia 27 de gener de 2020, la companya excursionista Maria Antònia Luna havia volgut pujar de cap a s'Esquena dets Ases, en direcció a s'Esclop. No era una ruta de les més habituals però sembla prou freqüentada, ja que avui passa gent per tot arreu.

En haver arribat quasi dalt de tot de s'Esquena, se topà amb un avenc que la seva intuïció li digué que era acabat de descobrir. M'informà de la troballa i això va fer que el 2 de febrer d'aquest mateix any preparéssim una sortida per a anar a veure com era, si havia estat instal·lat i determinar la situació, per a llavors comprovar si ja era conegut.

Com és freqüent que passi, en ser a la zona no recordava ben bé on era el forat ja que hom es queda sovint amb una imatge al seu cap, que llavors no correspon totalment amb la realitat. Ens separàrem per tal de cercar per diferents bandes entre els punts que ella em va indicar i, quan ja feia una estona que trespàvem, na Maria Antònia pega un crit i m'avisà de que ja l'havia trobat. Això va fer que jo tornés enrere per a recollir la motxilla i anar de cap al punt on ella es trobava. En ser al lloc on m'hi esperava, vaig veure una boca d'avenc molt interessant i d'aspecte agradable però tot seguit me digué que no era aquest, que el que ella havia vist dies abans tenia la boca més petita... ja en tenim dos. Una mica més amunt localitzà de bell nou l'altra boca. Aquests avencs estan gairebé a una vintena de metres un de l'altre, pel que els inclourem tots dos en aquesta nota.

Decidírem baixar al de la boca més grossa, així que començarem a perforar per a instal·lar la capçalera ja que a simple vista no hi havia restes de cap muntatge; tampoc s'hi veien ancoratges naturals viables. Durant el descens no es veia cap senya de que hi haguessin entrat, cap spit, cap fregament de cintes a les columnetes ni de cordes per cap lloc, tampoc senyals de botes per les parets, res de res.

Un pic explorat i presa la localització, deixàrem la baixada a l'avenc de més amunt per a un altre dia. En haver fetes les corresponents consultes a mapes, publicacions i a companys amb experiència, ens semblà que no constava a cap banda. Tot d'una començarem les feines de topografia del primer avenc, que resultaria ser el més profund, les quals es desenvoluparen els dies 23 de febrer i 12 de març del 2020. Així i tot van faltar fotos d'un mínim de qualitat i alguns ajustos a les topografies pel que hi tornàrem el dia 24 de maig de 2020, després del confinament. Finalment, el 31 de maig de 2020 es va explorar i topografiar l'altre avenc, que va resultar bastant menys fondo.

La rondalla “*Es pastor de Galatzó*” i el nom dels avencs

Evidentment, que no hi hagués baixat ningú no vol dir que no fos coneguda la seva existència, tenint present, a més a més, que els avencs estan a un lloc ben visible i les boques tenen bones dimensions. Segur que els pagesos d'un temps els devien conèixer. També trobàrem a baix de tot els ossos de dos cans, i això ja diu molt.

Per si no fos prou, cal recordar que les terres de Galatzó –tal i com assenyalen AGUARELES et al. (2010) en la seva publicació sobre aquesta finca pública– són els territoris on se situen algunes de les malifetes relacionades amb el Comte Mal, personatge històric del segle XVII que fa referència a l'aristòcrata Ramon Burgues-Zaforteza, segon comte de Santa Maria de Formiguera. Dins d'aquest context llegendari, cal reproduir la contarella titulada “*Es pastor de Galatzó*”, que apareix recollida a l'aplec de rondalles de Mallorca publicat a finals del segle XIX per l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1895). Diu així la rondalla, tot seguint una transcripció relativament recent feta amb l'ortografia normalitzada (ARXIDUC LLUÍS SALVADOR, edició de 1996):

“Un pastor des Comte Mal no li tenia molta correspondència, i es comte picat li va dir:

—Mira que moriràs i no sabràs a on.

—Ja ho sabré ja, a onseuua em maten jo ho sabré.

Un dia l'agafà es comte i tres o quatre més des seus, i el se 'n duen amb sos uis tapats, i es comte va dir an els altres que l'acompanyaven que no fessen gens de renou perque no sabés per on passava. Però es pastor, què me diràs!, quan eren a un modo de carreró que hi havia devora ses cases los va dir:

—Ara he passat es carreró de ses cases.

Quan varen esser més envant, es comte li digué:

—Aquest pic no l'endevines.

I el duien pes collet de ses Egos a tirar-lo dins s'avenc de s'Esquena dets Ases. I, què me diràs!, ell digué:

—Mentres no me taieu es cap abans de tirar-m'hi, jo sabré per on tenc de sortir, i seré a ses cases de Galatzó primer que voltros, perque s'avenc a on me duis a tirar surt a una cova de dins es camp de ses Sinis, que voltros no la sabeu.

Es comte, veient que tot ho endevinava i que no les podia haver amb ell, digué:

—Tanmateix jo faré sa meua qualque dia; destapau-lo i que se 'n vaja.

A's cap de temps, un altre dia es pastor va dir an es comte:

—Senyor comte, vol que anem a veure s'avenc des puig des Caragol?

—No vui anar enlloc amb tu —li digué es comte— perque hi veus més amb sos uis tapats que jo amb sos uis oberts.

I ja no el volgué matar ni li digué res mai més.”

Una vegada conegut aquest escrit antic, es va decidir renunciar al neotopònim que li posàrem per a adoptar la denominació que surt a la rondalla: Avenc de s'Esquena dets Ases, i com resulta que són dos, ho haurem d'escriure en plural. A l'hora de parlar-ne, els hi denominarem com avenc *gros* al que explorarem primer –el més fondo i de boca ben vistosa– i avenc *petit* per referir-nos al que hi baixàrem més tard, i que resultà ser de menor fondària.

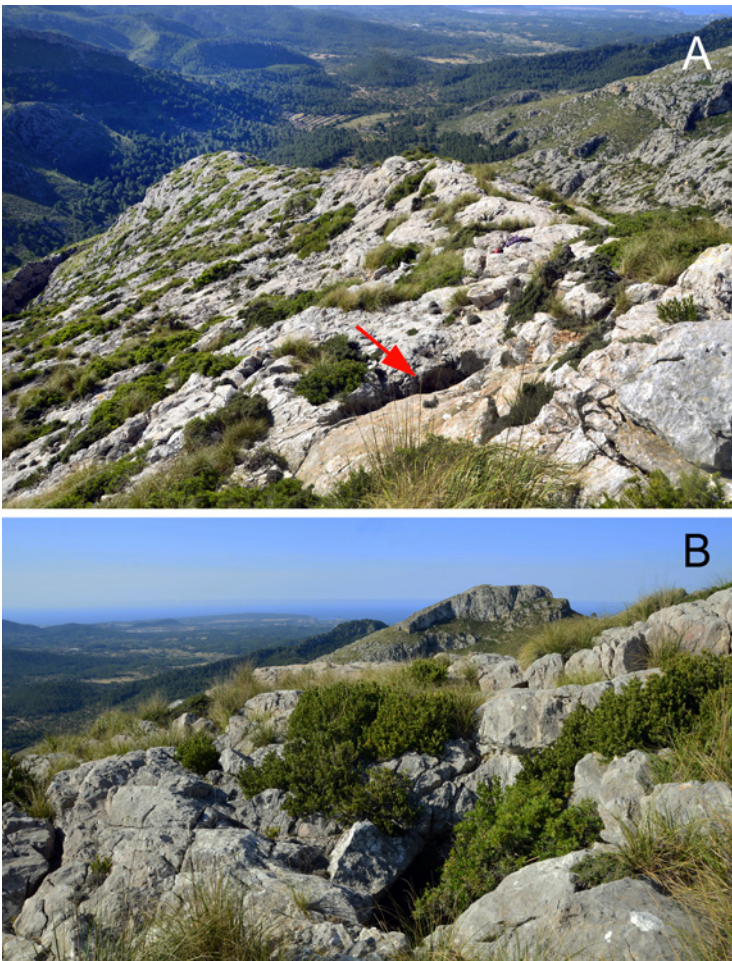


Figura 1: Aspecte de les boques dels dos avencs situats a l'indret conegut com s'Esquena dets Ases (Calvià). **A:** Vista de la carena calcària que davalla cap a les cases de Galatzó, amb la situació de l'avenc gros que apareix assenyalat amb una fletxa vermella. **B:** Boca de l'avenc petit, amb la moleta rocosa del Puig Batiat al fons.

Figure 1: Appearance of the two chasm entrances located in the place known as s'Esquena dets Ases (Calvià). **A:** View of the limestone ridge that descends towards the farm-house of Galatzó, with the location of the main pot-hole that is indicated by a red arrow. **B:** Entrance to the smaller chasm, with the rocky hill slopes of Puig Batiat in the background.

Localització

Al terme de Calvià i dins la finca pública de Galatzó es troba s'Esquena dets Ases, que és una carena muntanyenca que assoleix una altura de 671 m. Està situada entre sa Cometa, es Moletó, s'Esclop, ses Males Roques, el Comellar de ses Sínies i el Collet de ses Egos (AGUARELES et al., 2010; EDITORIAL ALPINA, 2006). A una altura de 604 m trobam l'Avenc de s'Esquena dets Ases (Figura 1A), situat a les coordenades 453611 4385731 (UTM-31S ETRS89); aquesta ubicació correspon a l'avenc *gros*, el més fondo dels dos explorats a la zona. L'Avenc de s'Esquena dets Ases (*petit*) està 8 m més elevat que l'anterior i desplaçat del mateix 20 m en direcció NW (Figura 1B), amb les coordenades 453597 4385748 (UTM-31S ETRS89).

L'aproximació més còmoda per accedir a la zona s'inicia a la Font de sa Cometa, situada cap al nord de les cases de Galatzó, per pujar tot seguit pel petit comellar que dona nom a la susdita font; un cop superada la part més empinada del torrentó, convé ascendir cap a l'est per tal d'agafar la carena de s'Esquena dets Ases, fins arribar als avencs que es troben situats ben bé en la carena (Figura 2). Així mateix hi ha una opció que és pujar a través del Collet de ses Egos i, encara que molt més llarg, també és possible l'accés pujant pel comellar del Pou de ses Sínies, fins arribar a les rotes que hi ha a la planícia situada al vessant oriental de la Mola de s'Esclop; des d'aquest altiplà s'ha d'anar a agafar la carena de s'Esquena dets Ases, des de la seva extremitat superior.

Context geològic i geomorfològic

Els materials rocosos carbonatats d'edat mesozoica (amb una antiguitat de 250 a 65 milions d'anys) predominen clarament a aquest paratge de l'extrem sud-oest de la Serra de Tramuntana, encara que també afloren de manera bastant dispersa alguns dipòsits corresponents al miocè inferior. Tots aquests materials sedimentaris resultaren aixecats i plegats durant l'orogènia alpina –fa entre 25 i 15 milions d'anys–, que donà origen a una estructuració tectònica molt complexa (GELABERT, 1998). L'estructura geològica de la zona, sobre la qual han actuat els agents erosius al llarg del neogen i del quaternari, està presidida per dues alineacions muntanyoses calcàries gairebé paral·leles que discorren de sud a nord, i culminen a la Mola de s'Esclop i al Puig de Galatzó, situats a ponent i llevant respectivament; entre aquestes dues serralades, tota una sèrie de comellars que davallen cap al sud s'han excavat afavorits per la presència de materials litològics més tous (triàsic), fins arribar a l'àmplia vall on se situen les cases que donen nom a la contrada. Una descripció geogràfica detallada de la finca pública de Galatzó pot ser consultada a la publicació coordinada per AGUARELES et al. (2010).

Sense entrar en massa detall per mor de la complexitat geològica de la zona, es pot dir que s'Esquena dets Ases és una esquerpa carena de calcàries pertanyents al juràssic inferior (lias), que des de les

rodalies de la Font de sa Cometa s'enfila cap a l'altiplà situat a la base de la mola calcària de s'Esclop (Figura 2). En aquesta zona elevada, relativament planera, afloren els materials margo-calcaris del juràssic mitjà i superior (ITGE, 1992; GELABERT, 1998), fet que justifica l'existència d'unes extenses rotes cultivades al vessant oriental de la Mola de s'Esclop, degut al caràcter més terrós d'aquests afloraments. Les roques del lias, on se situen els dos avencs de s'Esquena dets Ases, es presenten molt massives essent molt difícil destriar el cabussament dels estrats; no obstant això, a la cartografia geològica del ITGE (1992) s'assenyala un cabussament general cap a l'oest que no resulta gaire evident.

Des del punt de vista estructural es poden destacar alguns aspectes, malgrat que no tenen cap incidència en la morfogènesi de les cavitats descrites. Per una banda, cal consignar l'existència d'un clar encavalcament que discorre, de nord a sud, cap a l'est de s'Esquena dets Ases (Figura 2), el qual fa aflorar els materials triàsics (keuper i retià) a l'inici del comellar que baixa des de les rotes de la planícia de s'Esclop fins a la zona del Pou de ses Sínies; aquest encavalcament és visible amb molta claredat a l'indret conegut com el Collet de ses Egos. Per altra banda, crida l'atenció la mola rocosa de s'Esclop –al sector nord-oest de la nostra zona d'interès– que pareix correspondre a una *klippe* (fragment residual d'un encavalcament) que situa un paquet de calcàries del lias inferior per sobre dels dipòsits del juràssic mitjà i superior (Figura 2). Finalment, cal fer referència a la complexa estructuració dels relleus més meridionals (Puig Batiat), on afloren dipòsits del triàssic i del miocè inferior en una disposició molt compartimentada per nombrosos encavalcaments.

La gènesi d'aquests avencs està relacionada amb la infiltració vertical de les precipitacions meteorològiques, la qual caracteritza les parts elevades dels massissos càrstics; es tracta per tant de fenòmens que es corresponen amb els típics avencs de dissolució de la classificació de GINÉS & GINÉS (2009). En aquest sentit, cal consignar que s'Esquena dets Ases està configurada com una carena calcària de roca nua, on les superfícies rocoses presenten un extensiu lapiaz de diàclasis molt eficient a l'hora de facilitar la infiltració de les precipitacions. Així mateix, és important ressaltar que els avencs s'obren a la franja culminant de la carena, on pareixen distingir-se clotades que podrien correspondre a petites dolines molt desdibuixades per l'erosió de la superfície d'aquestes elevacions. Les infiltracions verticals que han excavat els avencs, amb posterioritat han estat responsables de la deposició de diversos tipus d'espeleotemes que decoren les parets d'aquestes cavitats.

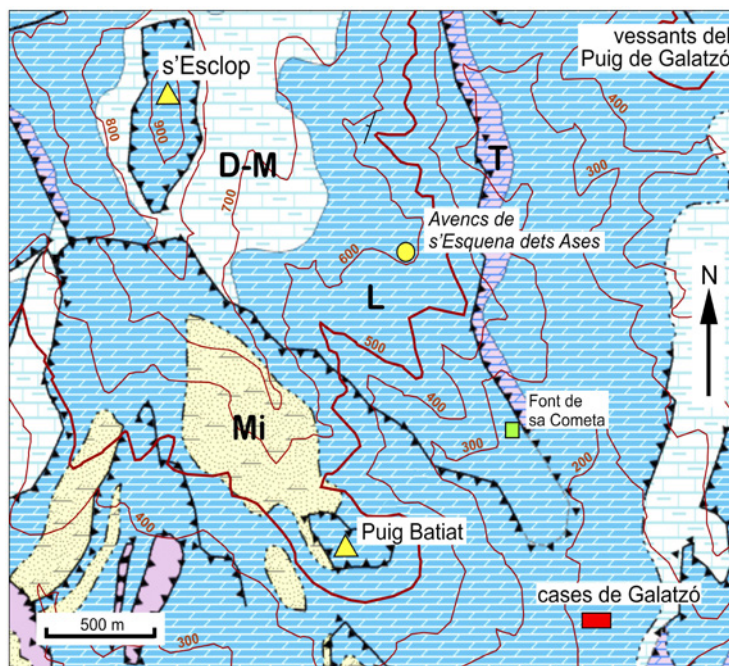


Figura 2: Mapa geològic simplificat de la zona que inclou així mateix les corbes de nivell, amb una equidistància de 100 m (Font: IDEIB, modificat). T: Triàssic (keuper i retià); L: Lias inferior; D-M: Juràssic mitjà i superior (dogger-malm); Mi: Miocè inferior.

Figure 2: Simplified geological map of the area including contour lines with an interval of 100 m (Source: IDEIB, modified). T: Triassic (Keuper and Rhetian); L: Lower Lias; D-M: Middle and Upper Jurassic (Dogger-Malm); Mi: Lower Miocene.

Descripció dels avencs

L'avenc *gros* té poca vegetació pels voltants de l'entrada, i es troba situat a una plataforma rocosa amb lleuger pendent de cap a l'est. El forat d'entrada està orientat de SW a NE, amb una forma que recorda un triangle (Figura 3); la boca és àmplia, amb unes mides de 4,35 x 4 x 2 m, aproximadament uns 4 m² de superfície.

Tot d'una que començam el descens, el pou s'eixampla i compareixen els espeleotemes en forma de colades parietals. Tot és molt eixut, però en altre temps les infiltracions degueren ser més importants per explicar la formació de l'avenc, així com la deposició dels precipitats calcaris de les seves parets.

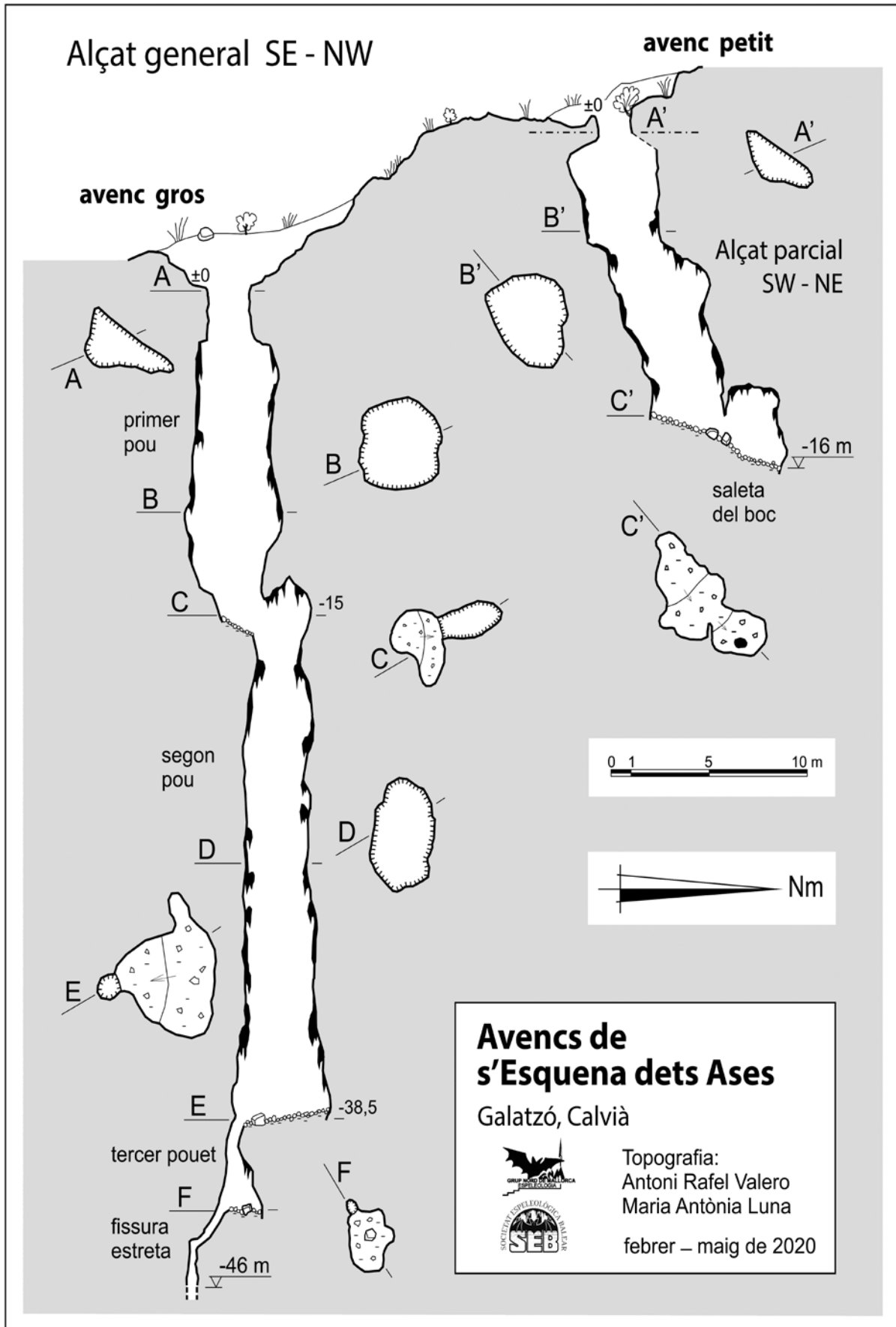


Figura 3: Topografia dels dos avencs explorats a l'indret conegut com s'Esquena dets Ases.
Figure 3: Survey of the two pot-holes explored at the place known as s'Esquena dets Ases.

La base del primer pou està a -15 m (Figura 4A), amb un pronunciat pendent de cap a la boca del segon pou, que forma un portal d'aproximadament 1,85 m d'alt per 1 m d'ample i està orientat cap al N-NW (Figura 3).

El segon pou també s'eixampla tot just despenjar-se del portal d'accés (Figura 4B). Té abundants formacions i ja s'hi aprecien les parets una mica més humides; fins i tot algunes colades tenen degotissos actius. La base està a -38,5 m amb un suau pendent de cap al sud, on hi ha l'engolidor. Aquesta base és irregular i té una dimensió màxima de 7 m, amb un promig de 4 m d'amplada (Figura 4C).

L'engolidor està format per tres elements: un tercer pouet (Figura 4D), una fissura estreta, i finalment un forat impracticable. El tercer pouet té una fondària de 3,8 m amb una mica de pendent cap a l'est, en direcció oposada a la continuació; la seva planta té una superfície aproximada de 4 m².

Una estreta fissura inclinada s'obre a l'extrem W-SW de la base del tercer pouet; té uns 2 m de llargada i baixa 1,5 m. L'espai per ficar-s'hi és just per a una persona prima sense equip ni altres traves. Llavors es veu el forat final impracticable (Figura 3), que just permet poder prendre les mesures des de la fissura, però no s'hi pot accedir si no es fa un eixamplament. La profunditat màxima de l'avenc gros assoleix els -46 m.

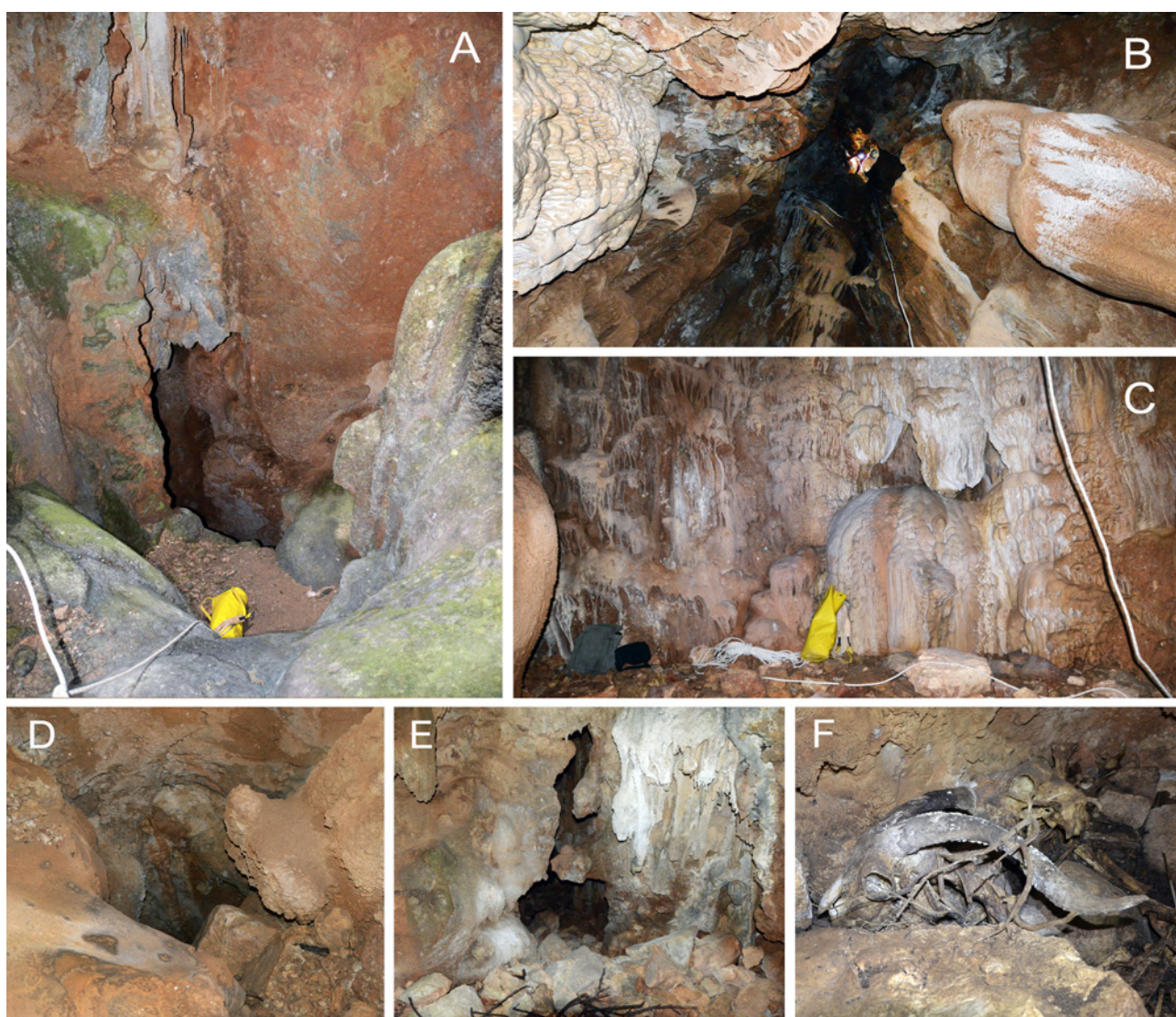


Figura 4: Algunes fotografies de l'interior dels avencs situats a s'Esquena dets Ases. **A:** Base del primer pou de l'avenc gros. **B:** Descens del segon pou de l'avenc gros. **C:** Base del segon pou de l'avenc gros. **D:** Entrada al tercer pouet de l'avenc gros. **E:** Accés a la saleta final de l'avenc petit. **F:** Restes de boc que donen nom a la saleta terminal de l'avenc petit.

Figure 4: Some pictures of the interior of the pot-holes located in s'Esquena dets Ases. **A:** Base of the first pit of the main chasm. **B:** Descending the second pit of the main chasm. **C:** Base of the second pit of the main chasm. **D:** Entrance to the third small pit of the main chasm. **E:** Access to the final chamber of the smaller chasm. **F:** Goat remains at the end of the smaller shaft, that gives name to its terminal chamber.

L'avenc *petit*, que com ja hem dit està 8 m més amunt i a 20 m de distància del gros, també té una entrada fàcil amb una mica més de vegetació als voltants. Està a un lloc més planer que podria ser el que queda d'una antiga dolina. La boca és un poc allargada amb una orientació SW-NE, i té uns 3,75 m² de superfície.

Just en començar el descens, el pou adquireix unes dimensions àmplies que permeten hi entri la llum natural. La base del pou està situada a -13,5 m de fondària, i presenta un lleuger pendent orientat de cap al NE, on hi ha l'entrada a la Saleta del Boc que ja és el final de la cavitat (Figura 3).

L'entrada de la Saleta del Boc forma un petit portal de devers 1 m d'alçada (Figures 4E i 4F), tot i que llavors el sòtil s'eleva fins a superar els 4 m. El sòl d'aquesta petita cambra té un pendent similar al de la base del pou; podríem dir que és la continuació de la mateixa. La part final de la saleta està a -16 m, que és el punt de màxima profunditat de la cavitat.

Algunes anotacions finals

El coneixement espeleològic de la finca pública de Galatzó es pot dir que és més aviat pobre, ja sigui per que són poques les cavitats existents a la contrada o, per ventura, degut a la manca de prospeccions sistemàtiques i extensives. Avui en dia, el total de fenòmens subterranis coneguts a la finca no arriba a la dotzena, inclosos els dos avencs descrits a la present nota. La distribució de les cavitats es força dispersa i irregular: alguns avencs per la Mola de s'Esclop i elevacions properes, bastants esquerdes mecàniques per la zona de la Serra des Pinotells (a la part nord de la finca pública), i unes poques coves horitzontals de petites dimensions (CIFRE & BELMONTE, 1998; ENCINAS, 2014). Per altra banda, als vessants occidentals del Puig de Galatzó no manquen tampoc els cruïlles mecànics a les zones properes als penya-segats, els quals són ben visibles des del camí que discorre pel Comellar de ses Sínies.

Els avencs que s'han descrit en aquestes pàgines són de dimensions modestes, amb una fondària màxima de -46 m; en qualsevol cas, l'avenc gros situat a s'Esquena dets Ases és actualment la cavitat més fonda de la finca pública. Cal ressaltar que el principal interès d'aquests avencs se situa en el camp del folklore, tal i com succeeix a d'altres fenòmens càrstics de l'illa (GÓMEZ-PUJOL & ROIG LÓPEZ, 2019), donat que té un paper rellevant en l'acció de la rondalla "*Es pastor de Galatzó*", publicada per l'Arxiduc Lluís Salvador d'Àustria a finals del segle XIX. En aquest sentit, també convé afegir que l'esmentada contarella menciona un altre avenc ubicat al Puig des Caragol –a la part de llevant de la finca– que de moment roman desconegut. Finalment, cal fer referència a que el contingut de la rondalla connecta l'avenc de s'Esquena dets Ases amb una cova situada al comellar del Pou de ses Sínies; molt probablement, la cultura popular estableix aquesta possibilitat degut a la presència de la gran boca de la Cova d'en Batiat (AGUARELES et al., 2010; ENCINAS, 2014), que s'obre a la base del penya-segat que delimita el citat comellar pel costat de ponent.

Agraïments

És necessari expressar l'agraïment a na Maria Antònia Luna, autora de la troballa dels avencs, qui ha col·laborat així mateix en les tasques de camp i en la topografia de l'avenc gros. Cal fer menció del suport rebut del company Xisco Gràcia que ens ha encoratjat a preparar aquesta nota. També de Juanjo Enseñat que ens donà les primeres indicacions sobre la topografia i l'ús d'algunes eines informàtiques. Les informacions geològiques aportades per Joan J. Fornós han estat molt útils. Finalment he d'agrair a Joaquín Ginés el seu recolzament, ja que s'ha implicat activament en l'elaboració final del text i de la part gràfica del present treball.

Bibliografia

- AGUARELES, A.; CALVO, M.; CÓZAR, E.; LÓPEZ, M.F.; POU, S. & SALOM, J.C. (2010): *Guia de la finca pública Galatzó*. Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat, Govern de les Illes Balears. Ajuntament de Calvià. 225 pàgs. Palma.
- ARXIDUC LLUÍS SALVADOR (edició de 1996): *Rondaies de Mallorca*. J.J. de Olañeta, Editor. Col. El Pou de la Lluna, 8. 106 pàgs. Palma.
- CIFRE, P. & BELMONTE, E. (1998): Les cavitats de la Serra des Pinotells (Calvià - Estellencs, Mallorca). *Endins*, 22: 37-42. Palma.
- EDITORIAL ALPINA (2006): *Mapa - Guia Excursionista. Mallorca, Tramuntana Sud. Escala 1:25.000*. Editorial Alpina, SL - Societat Gestora d'Informació Territorial Geoestel, SA. Barcelona.
- ENCINAS, J.A. (2014): *Corpus Cavernario Majoricense*. El Gall Editor. 1355 pàgs. Pollença.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geològica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España. 129 pàgs. Madrid.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogènica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18. Palma.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & ROIG LÓPEZ, M. (2019): Els fenòmens càrstics a les Rondalles Mallorquines d'en Jordi des Racó: notes de geomorfologia, lingüística i etnografia. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 37-54. Palma.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1895): *Rundayes de Mallorca*. Verlag der Kais. U. Kgl. Hofbuchhandlung von Leo Woerl. IV + 230 pàgs. Würzburg.
- ITGE (1992): *Mapa Geològico de España. Escala 1:50.000. Hoja 697. Andraitx*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.

Recursos en línia per a la consulta de dades geogràfiques

Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears (IDEIB):

<https://ideib.caib.es/visor/>

Cartografia de l'*Instituto Geográfico Nacional* (IGN):

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

Cartografia geològica de l'*Instituto Geológico y Minero de España* (IGME):

<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/>



Aquest article es distribueix sota els termes de la llicència CC-BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

El crui de ses Moletes (Puigpunyent, Mallorca)

Vicenç PLA^{1,2,3} i Juan J. ENSEÑAT¹

¹ Societat Espeleològica Balear (SEB). Palma. Email: bikensbuxus@gmail.com

² Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Sóller.

³ Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Palma.

Abstract

The Crui de ses Moletes (or Crui de na Costitxa) corresponds to a big crevice that is located at the western side of the municipality of Puigpunyent (Mallorca) in the Tramuntana range. It was recently discovered while trekking, in this area. Because of its great dimensions (with more than 150 m of length and between 3 and 15 m deep) and their pseudokarstic characteristics, it becomes in a paradigmatic case of mechanical-gravitational crevice cavity. The topography, geological setting, and related vegetation are described.

Resum

El crui de ses Moletes (o crui de na Costitxa) es troba situat a l'oest del terme municipal de Puigpunyent (Mallorca) dintre de la Serra de Tramuntana. De descoberta relativament recent pel món excursionista, les seves grans dimensions (amb més de 150 m de recorregut i una fondària entre 3 i 15 m) i les seves característiques pseudocàrstiques el converteixen en un cas paradigmàtic d'esclletxa de distensió mecànica gravitacional. Aportem la topografia i informació sobre el seu entorn geològic i vegetació relacionada.

Pla, V. i Enseñat, J.J. (2020): El crui de ses Moletes (Puigpunyent, Mallorca).
Papers Soc. Espeleo. Balear, 3: 55-63. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.
Rebut: 21 octubre 2020; **Revisat:** 30 octubre 2020; **Acceptat:** 31 octubre 2020.
Publicat online: 4 novembre 2020.

Introducció: context històric i toponímic

La casualitat va fer que durant una excursió a l'anomenada mola de na Costitxa trobéssim una esclletxa transitable de grans dimensions a l'interior de la qual fenòmens d'origen càrstic havien deixat la seva empremta. La poca documentació existent, en termes espeleològics i geomorfològics, sobre aquest indret ens motivà a escriure aquesta nota.

L'esclletxa es troba dintre dels terrenys que formaven part de la gran possessió de Son Nét, al terme municipal de Puigpunyent. Son Nét neix al segle XVI mitjançant la fusió dels diversos rafals provinents de la dominació musulmana que envoltaven l'alqueria "Lo Palmer", documentada ja l'any 1282 i assoleix el seu màxim esplendor a principis del segle XIX. L'extensió de la finca arribà a ser de 1130 quarterades (aproximadament 8 km²) als voltants de la meitat d'aquest darrer segle (HERNÁNDEZ & VIBOT, 2004).

El crui es localitza a l'oest d'una zona nomenada ses Moletes, conjunt de petites alçades al voltant dels 500 m d'altitud, documentada amb aquest nom al segle XVII (HERNÁNDEZ & VIBOT, 2004). Aquesta zona és coneguda avui en dia popularment entre els excursionistes per Mola de na Costitxa, separada de ses Moletes per un comellar (sense nom documentat i batit amb el neotopònim comellar del Forn de Calç –JUST HERNÁNDEZ, com. pers.–). El nom de Costitxa prové d'una rota nomenada *d'en Costitx*, documentada ja el 1771 (HERNÁNDEZ & VIBOT, 2004) i situada a l'est de ses Moletes. Per tant, paradoxalment el cim conegut com mola de na Costitxa, està més allunyat del lloc del qual rep el nom que els cims més propers a ella, ses Moletes. És per això que, arran de converses amb Just Hernández i Tomàs Vibot que així ens ho van suggerir, cal reivindicar el nom de ses Moletes a tota la zona, inclosa la que actualment és coneguda com mola de na Costitxa malgrat aparegui així, fins i tot, al mapa que acompanya el seu llibre "*Son Nét, història, senyoriu i territori d'un latifundi de Tramuntana*".

L'exploració del bosc d'aquesta gran extensió de terreny tenia com objectiu principal l'obtenció de carbó vegetal, emprat com combustible bàsic fins ben entrat el segle XX. Així ho testimonien les nombroses restes de rotllons de sitges i barraques de carboner que hi ha a la zona propera a l'esclletxa. També l'exploració forestal, extraient fusta de pins i alzines a més d'oms i plataners per a la construcció, va ser una font important de recursos per a la possessió (HERNÁNDEZ & VIBOT, 2004).

Per tant, l'esclletxa devia ser ben coneguda pels habitants i explotadors d'aquelles terres, malgrat la manca de documentació fefaent que doni suport a aquesta asseveració en forma de topònim o referència. De fet, la construcció d'un petit pontet per passar d'un costat a l'altre de l'esclletxa a l'extrem sud-oest, fa evident aquesta afirmació. HERNÁNDEZ & VIBOT (2004) a la seva obra de Son Nét, fan un recull dels topònims ubicats dintre del límit històric de la possessió, recopilats per comunicacions orals entre els darrers anys de la dècada dels 70 del passat segle fins pràcticament la data de publicació del seu llibre sense fer constància de cap toponímia associada a l'esclletxa. Aquest fet ens fa pensar que l'abandonament de l'exploració tradicional dels recursos naturals de la zona va fer caure dintre de l'oblit aquest fenomen geològic que, per altra banda, no tenia cap interès econòmic, no formava part de cap via de comunicació ni era útil, en cap sentit, per a la pagesia.

No és fins el 13 d'octubre de l'any 2013 que l'esclletxa agafa certa popularitat arran del seu descobriment per part dels excursionistes que tresquen zones poc transitades de la serra de Tramuntana. Un d'ells, Pep Torrens, juntament amb el seu grup d'excursió, la troba en aquella data fent una prospecció del terreny de ses Moletes i de la possessió de sa Coma, investigant zones detallades al plànol escala 1:5000 publicat a HERNÁNDEZ & VIBOT (2004). Primer troba un pas preparat amb pedres que batiarà com "pas de na Costitxa" que accedeix a la part superior de ses Moletes i seguidament troba el crui. Sorprès per la seva grandària, ho comunica a amics i companys, com Emilio Alonso, que des de llavors, la visiten i se'n fan ressò a diferents planes web d'Internet dedicades a l'excursionisme, detallant-ne la ubicació i els itineraris per arribar-hi, esdevenint així ràpidament un lloc popular entre els caminants (PEP TORRENS, com. pers.).

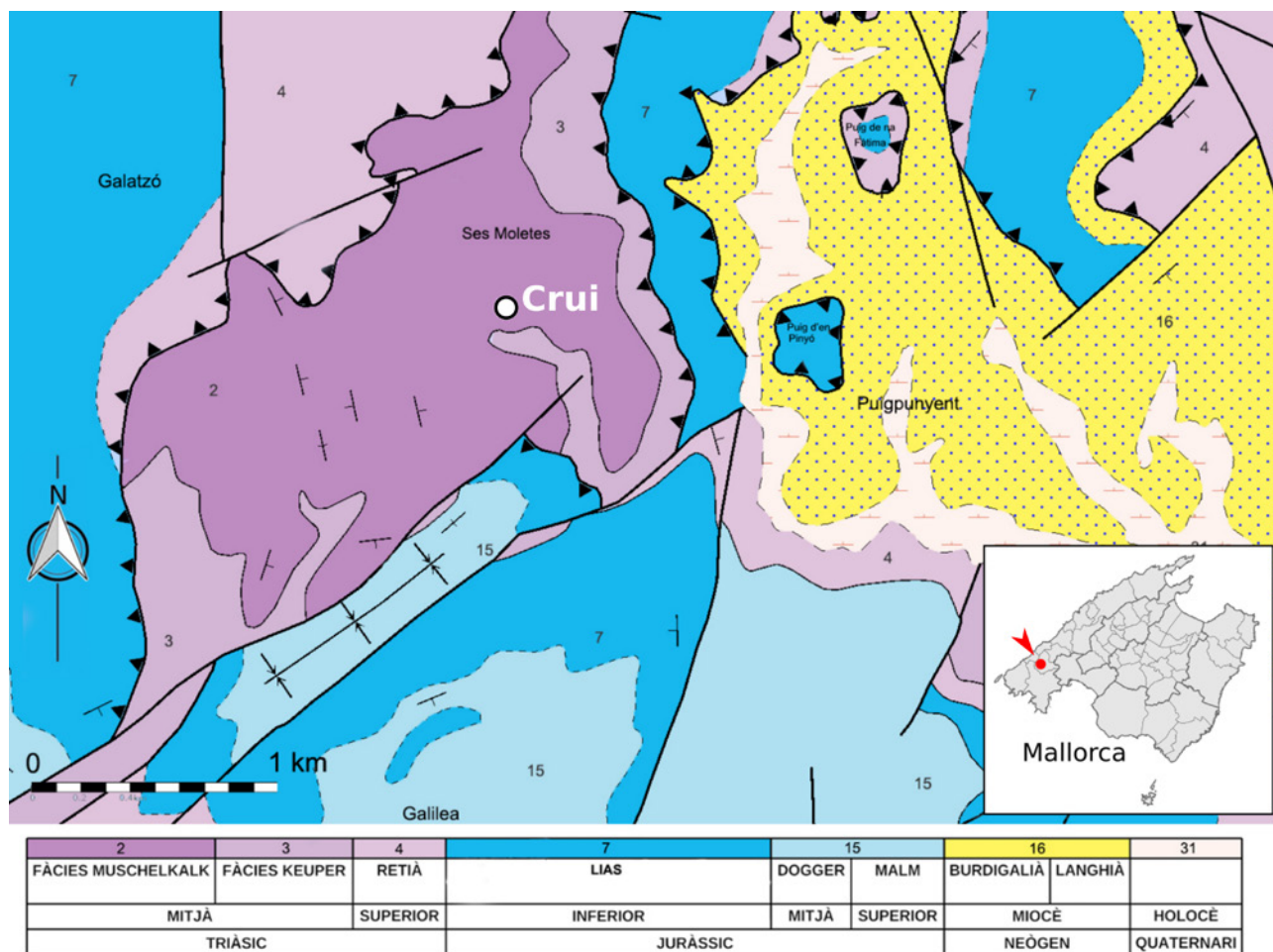


Figura 1: Mapa geològic de la zona on se situa el crui de ses Moletes (Font: Cartografia MAGNA50 de l'IGME-1982, Full 698 (38-27) Palma).
 Figure 1: Geological map of the area where the crevice is located (Source: MAGNA chart from IGME-1982, sheet 698 (38-27) Palma).



Figura 2: Petits ammonits del ladinia superior trobats a prop de l'esclsetxa (Foto: Josep Juárez).
Figure 2: Small ammonites from upper Ladinian found near the crevice (Photo: Josep Juárez).

Marc geològic i espeleològic

Durant el triàsic (aprox. 252-201 Ma), la conca Ibèrica va ser reblida amb sediments pertanyents a les denominades “facies germàniques”, que comprenien el *Buntsandstein* –llits vermells continentals–, el *Muschelkalk* –calcàries, dolomies i evaporites costaneres i d'aigües poc profundes– i el *Keuper* –llims, margues i evaporites costaneres– (LÓPEZ-GÓMEZ et al., 1993). L'esclsetxa de ses Moletes està situada a pocs kilòmetres a l'oest de la finestra tectònica de Puigpunyent (GELABERT, 1998), dintre de materials de la facies *Muschelkalk* del triàsic mitjà (anisità-ladinià) de gran potència, amb una edat d'entre 242 i 237 Ma (COHEN et al., 2013), amb calcàries micrítiques a la base de la Mola i dolomies laminades i amb una estratificació molt penetrativa a la seva part superior (IGME, 1982). Durant les exploracions per establir el marc geològic de l'àmbit d'aquest treball (Figura 1) es va localitzar un jaciment paleontològic (Figura 2), desconegut fins a les hores (el 22 de juny de 2018) que ha servit per datar l'edat de roques relativament properes a l'esclsetxa de ses Moletes com a ladinia superior, documentant-se aquest bioestratigràficament per primera vegada al registre geològic de l'illa (JUÁREZ & MATAMALES, en premsa).

Morfogenèticament parlant, el crui de ses Moletes no és una cavitat càrstica pròpiament dita, sinó que es troba inclosa amb el que diversos autors han denominat “pseudokarst” (HALLIDAY, 2004; HOLLER, 2019), nomenant concretament aquests tipus de cavitats com *crevice caves* o cavitats d'esclsetxa. Aquestes poden formar-se a qualsevol roca massiva per disjunció degut a diverses forces. Aquest grup inclou vertaderes coves tectòniques, les boques de les quals varen ser formades per forces de tensió tectònica, així com coves de distensió mecànica –per gravetat– generalment formades al llarg de penya-segats i costers pronunciats degut a l'efecte combinat de la descàrrega i el moviment de massa gravitacional (KLIMCHOUK, 2004). VICTORIA (1973) defineix aquestes fenòmens amb el terme de “parakarst”, encara que no s'ha generalitzat el seu ús. Prèviament, GÈZE

(1953) els nomena com *gouffres tectoniques* (avencs tectònics) i RENAULT (1967) descriu aquests fenòmens amb el que anomena *fenêes de décollement* (esclsetxes de despeniment) associant-los a les proximitats d'un pic o d'un coster amb fort pendent.

GINÉS & GINÉS (2009, 2011) proposen una classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de Mallorca, segons la qual, el crui de ses Moletes s'inseriria dintre del tipus d'avencs de la zona vadosa i, específicament, com avenc d'origen mecànic associat als processos distensius propers a penya-segats.

Malgrat ser un fenomen abundant a l'illa de Mallorca (ENCINAS, 2014), no són excessius els estudis espeleològics que les descriuen. Uns pocs treballs descriptius d'aquestes cavitats, a tall d'exemple, són els de l'avenc de ses Papallones (TRIAS, 1979), el crui de ses Termes (ENCINAS, 1995) o els cruïes de la serra dels Pinotells (CIFRE & BELMONTE, 1998). GINÉS & GINÉS, (2009) mencionen la seva abundància a la mola del Ram o als avencs de la vessant septentrional de la comuna de Bunyola (avenc des Grau, avenc de sa Cuina, etc.).

Entorn botànic

La vegetació envoltant de la muntanya on es troba l'esclsetxa s'inclou dintre de la classe *Quercetea ilicis* Br.-Bl. i, més concretament, dintre de l'associació *Cyclamini balearici-Quercetum ilicis* O. Bolòs (BOLÒS, 1996). L'alzina (*Quercus ilex*, L.) és l'arbre dominant formant un espès bosc que, com ja hem dit a l'apartat de context històric, va ser explotat per a obtenir carbó, llenya i fusta, fet que va provocar



Figura 3: L'*Asplenium sagittatum* és una de les espècies de falgueres que es poden trobar a l'interior de l'esclsetxa: a) anvers i b) revers de les fulles. (Foto: V. Pla).
 Figure 3: *Asplenium sagittatum* is one of the fern species that can be found inside the crevice: a) the front and b) the back of the leaves. (Photo: V. Pla).

un fort impacte al seu desenvolupament natural. Així ho demostra la presència relativament abundant d'arbores (*Arbutus unedo*, L.) en diferents graus de desenvolupament, mata (*Pistacia lentiscus* L.), càrritx (*Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) T. Durand & Schinz), etc. la qual cosa evidencia un alzinar malmès (BOLÓS, 1996). A continuació, se citen els noms científics de les espècies de plantes que hem pogut observar dintre de l'esclsetxa o a la seva part exterior més propera, sense ànim de ser, ni molt manco, exhaustius:

Ampelodesmos mauritanicus (Poiret) T. Durand et Schinz
Arbutus unedo L.
Asparagus acutifolius L.
Asplenium ceterach L.
Asplenium sagittatum (DC.) Bange
Asplenium trichomanes L. subsp. *quadri-valens* D.E. Meyer
Crepis triasii (Cambess.) Nyman
Drimia maritima (L.) Stearn (= *Urginea maritima* (L.) Baker)
Ficus carica L.
Hedera helix L.
Juniperus oxycedrus L.
Olea europaea L. var. *sylvestris* (Mill.) Lehr
Parietaria judaica L.
Pinus halepensis Mill.
Pistacia lentiscus L.
Polypodium cambricum L.
Quercus ilex L.
Rubia peregrina L. subsp. *peregrina*
Ruscus aculeatus L.
Sedum dasyphyllum L. subsp. *glanduliferum* (Guss.) Nyman
Sibthorpia africana L.

A banda d'aquestes espècies, també s'han observat unes poques gramínies i molses que no hem pogut determinar. La presència de quatre espècies distintes de falgueres (Figura 3), de l'endemisme *Sibthorpia africana* i d'heures de gran mida demostra un ambient ombrívol i humit entre les parets de l'esclsetxa.

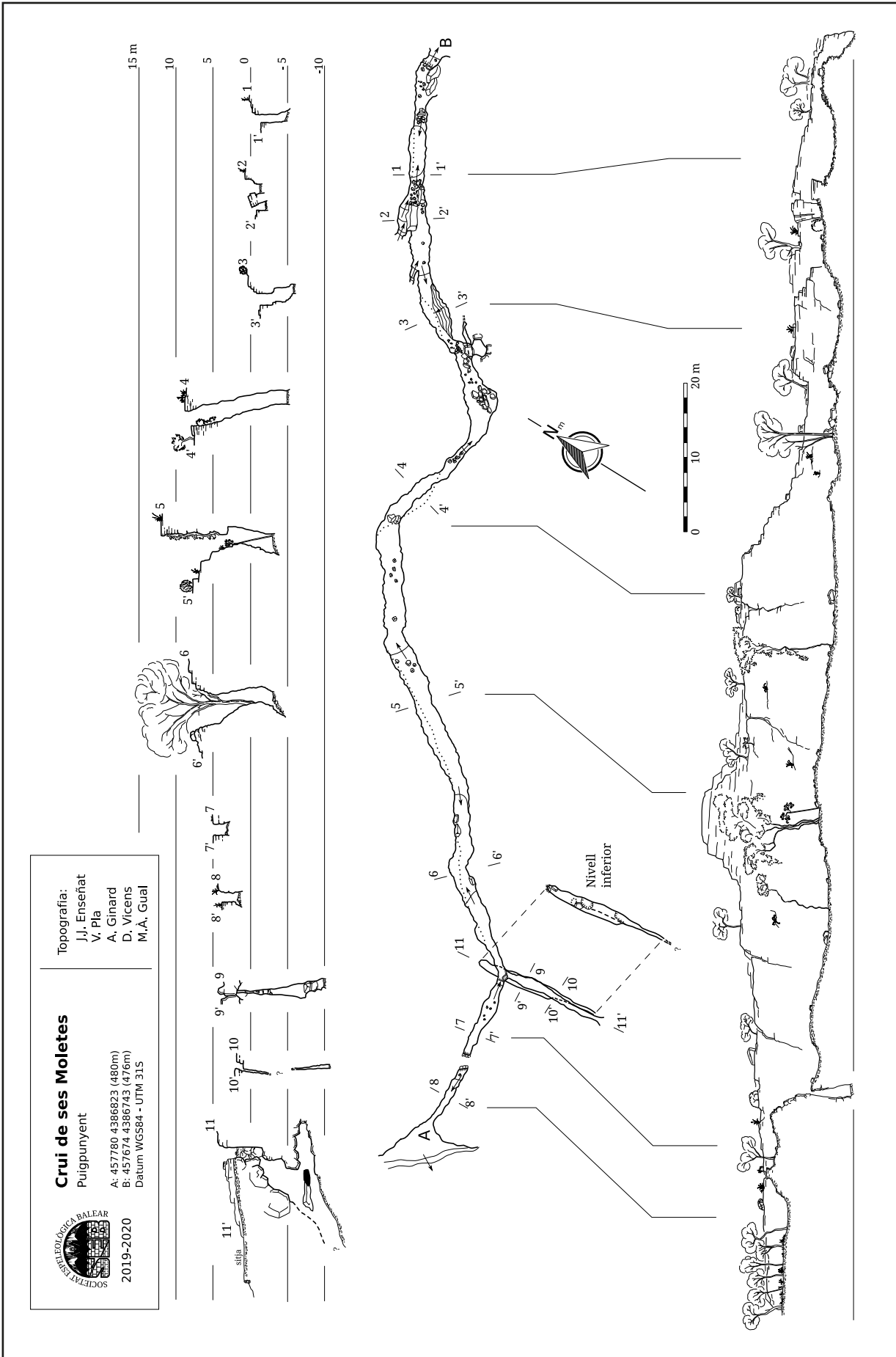


Figura 4: Topografia del crui de ses Moletes (Font: SEB).
Figure 4: Topographical survey of the Cruï de ses Moletes (Source: SEB).

Descripció

Els extrems de l'esquerda disten uns 145 m en una direcció aproximada de 060° respecte al nord magnètic. No obstant, les ziga-zagues de trams més o manco rectilinis que efectua al llarg del seu recorregut total, de 195 m, no mostren una clara orientació predominant més enllà de dos trams que semblen coincidir en direcció 033° (Figura 4).

La seva formació sembla propiciada per l'esllavissament de la roca mare del costat sud cap a la vall immediata, que se presenta de forma abrupta en alguns indrets a menys de 10 m de distància. És per aquest motiu que la superfície exterior al costat sud es troba en tot moment a una cota inferior a la del costat nord. Les direccions principals del recorregut longitudinal i d'alguna esquerra transversal, semblen igualment determinades per la distensió mecànica inicial de la roca mare. Tot apunta a que els processos de dissolució i meteorització, així com la persistència de l'acció de la gravetat sobre el costat sud, han eixamplat l'esquerda fins assolir l'estat actual, en el que l'amplada mitja se situa entre els 2 i els 3 m. Hem de remarcar també que en aquests moments només és observable la part alta del crui, per on es pot transitar fàcilment gràcies al col·lapse d'enderrocs, terra i restes de vegetació que el rebleix. Ens és impossible determinar la seva profunditat real, per ser impenetrable més enllà d'uns pocs metres en només dos punts que descriurem més endavant.

L'accés més senzill es realitza per l'extrem nord-est, baixant des de la mola de na Costitxa. Se'n presenta com una trinxera d'entorn a 3 m de fondària i 2 m d'amplada que s'obre a la roca, a la que es pot accedir de forma esglaonada sobre una base de pedres i blocs sens cap tipus de dificultat. La superfície exterior, caracteritzada per un marcat lapiaz, es la més exposada a les inclemències del temps de tot el recorregut (Figura 5a), amb una minsa vegetació. Havent patit una forta meteorització a les parets de l'interior costa identificar cap tipus de recobriment espeleotèmic de la roca mare.

A una vintena de metres un gran bloc de caires rectes després enmig del camí convida a vorejar-lo i passar a una zona on la profunditat augmenta fins els 5 m i les pedres del pis donen pas a la terra i a la fullaraca. El càrritx, i alguna mata creixen a l'interior, mentre la vegetació exterior torna el lloc més ombrívol i humit. A les parets reconeixem per primer cop de forma clara espeleotemes de diferents tipus com estalactites, colades i petites banderes, molt descalcificats.

A uns 40 m de l'inici i a uns 10 m abans d'arribar al primer canvi de direcció important trobem al costat sud una zona de blocs de diversa mida, entre els quals una obertura convida a l'exploració (Figura 5b). És un espai entre clastes que veu frustrat ràpidament el seu avanç a uns 5 m de profunditat respecte al terra del crui. Mesurem que continua al menys fins els 6,5 m, però la desobstrucció no ofereix garanties de seguretat ni dona cap indicatiu de continuar més enllà en forma de correntia d'aire.

Tres alzines arrenen als voltants essent els primers arbres que veiem créixer dins del crui. Podem comprovar també que algunes arrels de la vegetació de la superfície exterior contribueixen a rebentar alguns fragments de roca de les parets.

El canvi d'orientació del crui porta a un espai singular, amb una estretor d'entorn a 1 m i parets que s'eleva fins els 13 m. Cal dir que aquestes profunditats es deuen principalment a l'elevació de la superfície exterior, ja que la base es manté gairebé horitzontal al llarg de tot el recorregut, dins d'un marge de ± 2 m. El canvi d'orientació esmentat ens condueix en direcció cap on el turó s'enfila i per tant el desnivell amb la base interior és més gran. Aquí també les parets deixen de ser verticals per presentar una inclinació de 75° (Figura 5c).

Les formacions en les parets, tot i ser presents, són mínimes. A una de les parets, una petita cavitat d'aproximadament 1 m d'alçada i 0,5 m de diàmetre amb la seva forma arrodonida podria correspondre a una cúpula de dissolució per condensació, però el deteriorament en que es troba no permet assegurar-ho.

Uns altres 20 m més endavant la progressió torna a tombar a l'esquerra, recuperant la orientació de 033° que gairebé conservarà fins a la fi. L'amplada supera per poc els 3 m i a escassa distància la paret nord s'eleva fins el màxim de 15 m. Cal dir que, com hem esmentat anteriorment, la paret meridional sempre es troba a una cota inferior i no passa en cap indret dels 12 m d'alçada.

Aquest tram, d'uns 65 m de longitud, és el més ric en espeleotemes (Figura 5d), tot i no observar-se cap creixement, ni tan sols localment en els degotissos actius. Les antigues colades parietals són evidents i de grans dimensions, percebent-se el seu inici gairebé al cim de les parets i penetrant al terra. Afectades per la corrosió i recobertes parcialment del que semblen líquens de color blanquinós el seu estat de conservació és notable.

La humitat d'aquest entorn ha afavorit el creixement d'alguna figuera arrelada al terra de l'interior, així com heures que trepen cercant la llum, el fullam de les quals contribueix a conservar més ombrívol aquest redol. Varies espècies de falgueres han trobat el seu espai en petites balconades.



Figura 5: a) Sector nord-est de l'esclletxa, per on l'accés a l'interior resulta més senzill. b) Obertura entre blocs a la base interior del crui, massa estreta per permetre l'accés a espais inferiors. c) Sector estret a la meitat del seu recorregut amb parets fortament inclinades. d) Antigues colades són clarament visibles a les parets del sector sud-oest. (Fotos: V. Pla - SEB).
 Figure 5: a) North-east sector of the crevice, where the access is easier. b) Opening between stone blocks at the base of the crevice, being too narrow for allowing exploration of underneath spaces. c) Narrow sector in the middle of the fracture with strongly sloping walls. d) Ancient flowstone are clearly visible in the walls of the crevice in the south-west sector. (Photos: V. Pla - SEB).

Arribem així a un punt on el pas queda barrat per una paret de blocs encastats d'uns 5 m d'alçada i difícil escalada sense equipament adequat. A la base, no obstant, trobem una estreta obertura que cau verticalment, tombant la seva direcció cap al sud (Figura 6). És aquest el segon indret que permet una breu incursió a un nivell inferior. Per seguretat, amb equip de progressió vertical l'explorem i constatem que es tracta d'una esquerda transversal a l'eix principal, però que no ens permet aprofundir més d'uns 10 m. Ens trobem un altre cop amb un terra format pel col·lapse de blocs i terra. El sostre està igualment format per clastes de grans dimensions encastats, a sobre dels quals l'esquerda ha format un altre passadís, aquest ja pràcticament sense desnivell respecte a la superfície exterior. L'estretor horitzontal cap a la part final impedeix la progressió. Tot apunta a que pot haver-hi espais per sota del nivell transitable descrit en aquest treball, però aïllats per col·lapses successius i inaccessibles, sens que ens aportin un major coneixement sobre la morfologia del crui del que ja tenim.



Figura 6: Accés vertical a la zona sud-oest del crui (Fotos: V. Pla - SEB).
Figure 6: Vertical access to the south-western zone (Photos: V. Pla - SEB).

Assumit el fet que no es pot progressar per la planta del crui ni pel nivell inferior més enllà, optem per sortir i examinar el darrer tram des de la superfície exterior.

La cota de la base interior del darrers 20 m se situa uns 5,5 m per sobre del nivell mitjà del recorregut descrit anteriorment. L'amplada es redueix aquí a prop de 1,5 m.

Finalment, a les acaballes del recorregut resulta cridanera una modificació antròpica en forma de passarel·la que permet salvar el crui d'un costat a l'altre. La funció d'aquesta construcció sembla ser facilitar l'accés a una sitja i una barraca de carboner que es troben a pocs metres a la banda sud. Altres construccions similars abunden per els voltants del costat nord. Aquest fet ens porta a pensar que tal volta el rebliment sota la passarel·la, tan discordant en alçada amb el que hem vist en la descripció precedent, no tingui un origen completament natural. Si bé l'extrem final del crui no té indicis de modificació i es troba uns 3 m per sobre de la cota inicial, que com hem dit es manté aproximadament constant, podria ser que el rost natural del darrer tram fos elevat també artificialment.

Conclusions

Donat que existeix poca documentació relativa a fenòmens d'aquest tipus, malgrat ser bastant comú a Mallorca, hem tractat de documentar l'existència i característiques pseudocàrstiques d'un dels cruïes tectònics amb més recorregut de l'illa, superant els 150 m. També s'ha fet un primer inventari de la vegetació a l'interior i a l'entorn més immediat. L'aixecament de la topografia ens ha permet analitzar la seva estructura i l'estudi geològic de la zona, que ubica els materials de l'esclatxa en el *Muschelkalk* del triàsic mitjà, ha conduït al descobriment d'un jaciment paleontològic inèdit del ladinian superior.

Agraïments

Els autors del present article volem donar les gràcies més sinceres a les següents persones que han col·laborat desinteressadament en la seva elaboració: A Joan Arbona, per acompanyar-nos un calorós dia de juny per determinar la geologia de la zona i trobar un important jaciment paleontològic. A Just Hernández i Tomàs Vibot per accedir a il·lustrar-nos de primera mà sobre la història i la toponímia de la zona. A Pep Torrens, infatigable excursionista, per relatar-nos amb tot tipus de detalls el re-descobriment del crui. A Josep Juárez, per deixar-nos consultar el seu interessantíssim treball paleontològic i facilitar-nos la fotografia de l'ammonit. A Joaquín Ginés per il·lustrar-nos, una vegada més, amb els seus amplíssims coneixements de la geologia i l'espeleologia mallorquina i facilitar-nos

una bona part de la bibliografia que hem consultat. I per últim, però no per això manco importants, als companys de la SEB Antelm Ginard, Miquel Àngel Gual, Biel Santandreu i Damià Vicens, pels seus suggeriments i acompanyar-nos en algunes de les sortides de camp.

Bibliografia

- BOLÒS, O. (1996): *La vegetació de les Illes Balears. Comunitats de Plantes*. Institut d'Estudis Catalans. Arxius de les Seccions de Ciències, CXIV. Llimpergraf S. L. Barcelona. 267 pàg.
- CIFRE, P. & BELMONTE, E. (1998): Les cavitats de la Serra des Pinotells (Calvià - Estellencs, Mallorca). *Endins*, 22: 37-42.
- COHEN, K.M.; FINNEY, S.C.; GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. (2013, updated): *The ICS International Chronostratigraphic Chart*. Episodes 36: 199-204.
- ENCINAS, J.A. (1995): Es Crull de Ses Termes. *Subterrànea* 4: 27-29. Barcelona.
- ENCINAS, J.A. (2014): *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor. 1355 pàg. Pollença.
- GELABERT, B. (1998): *La estructura geològica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. 129 pàg. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- GÈZE, B. (1953): La genèse des gouffres. *1er. Cong. Intern. Spéléol.* 2: 11-23. París.
- 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. (2011): Classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de les illes Balears. *Endins* 35: 85-102.
- HALLIDAY, W.R. (2004): Crevice caves. In: Gunn, J. (ed.). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. (pàg. 249-252). Fitzroy Dearborn. London.
- HERNÁNDEZ, J. & VIBOT, T. (2004): *Son Nét: Història, senyoriu i territori d'un latifundi de Tramuntana*. 190 pàg. Ajunt. de Puigpunyent. Puigpunyent.
- HOLLER, C. (2019): Pseudokarst. In: White, W., Culver, D. & Pipan, T. (eds.). *Encyclopedia of Caves* (Third Edition)(pàg. 836-849). Academic Press. London.
- IGME (1982): *Mapa Geològic Nacional (MAGNA 50). Escala 1:50.000 (2ª Serie). Hoja 698(38-27). Palma*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- JUÁREZ, J & MATEMALES, R. (en premsa): Mollusca (Ammonoidea, Gastropoda, Bivalvia) del Ladinense Superior (Triásico Medio) de la isla de Mallorca (Islas Baleares Mediterráneo occidental): datos preliminares. *Ciències da Terra - Earth Sciences Journal*.
- KLIMCHOUK, A. (2004): Caves. In: Gunn, J. (ed.). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. (pàg. 203-205). Fitzroy Dearborn. London.
- LÓPEZ-GÓMEZ, J.; MAS, R. & ARCHE, A. (1993): The evolution of the Middle Triassic (Muschelkalk) carbonate ramp in the SE Iberian Ranges, eastern Spain: sequence stratigraphy, dolomitization processes and dynamic controls. *Sedimentary Geology*, 87: 165-193.
- RENAULT, P. (1967): Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. Première partie. *Annales de Spéléologie*, 22 (2): 211-267. Moulis.
- TRIAS, M. (1979): L'Avenc de ses Papallones. *Endins*, 5-6: 29-31.
- VICTORIA, J.M. (1973): Hacia una tipología de las cavidades tectónicas. *III Simposium Espeleología*. Escola Catalana d'Espeleologia - Agrupació Científico Excursionista de Mataró. 204-211. Mataró.



Sobrecrecimientos freáticos en espeleotemas (POS): una experimentación con placas de vidrio (datos preliminares)

Ana ENTRENA^{1,2}, Joan J. FORNÓS^{1,2}, Lluís GÓMEZ-PUJOL¹ y Luis F. AUQUÉ³

¹ Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma. Email: ana.entrena@uib.es

² Societat Espeleològica Balear. Palma.

³ Grupo de Modelización Geoquímica. Universidad de Zaragoza.

Abstract

This paper focusses on the study of brackish waters subterranean pools in caves from Mallorca and their relationship with the precipitate of POS (Phreatic Overgrowths on Speleothems). Since the 70's (GINÉS et al., 2012), POS have been object of study because they are key tool for Mediterranean Pliocene-Quaternary sea-level reconstruction. Results show for the first time the precipitation of this kind of speleothem under controlled conditions. Precipitation took place on frosted glass plates placed at the air-water interface during one year at two different pools in Coves del Drac. Additionally, air and water cave environmental features (e.g. salinity, temperature, pH) were monitored during the glass plates exposure period.

This work is a first approach to POS precipitates continuity, quantity, mineralogy and crystalline fabric based on SEM image descriptions of the collected samples and the paired environmental and water conditions dataset. Differences in environmental and water characteristics widen the possibilities to improve the knowledge on the optimal conditions for POS formation.

Resum

Els llacs subterranis d'aigües salabroses de les coves de Mallorca, així com la seva relació amb els precipitats denominats sobrecreixements freàtics (POS - Phreatic Overgrowths on Speleothems), han estat objecte d'un intens estudi des dels anys 70 pel seu paper rellevant en les reconstruccions del nivell marí plio-quatnari de la Mediterrània (GINÉS et al., 2012). En el present treball es dona compte, per primera vegada, de la formació d'aquest tipus d'espeleotemes en condicions controlades. Les superfícies experimentals sobre les quals s'ha produït aquest precipitat han estat plaques de vidre esmerilat, ubicades a la interfase aigua-aire durant un any a dos llacs diferents de les Coves del Drac. Juntament amb l'exposició de les plaques, s'han monitoritzat, les condicions atmosfèriques de l'interior de la cavitat, així com dels paràmetres físic-químics de l'aigua en què es produeixen els precipitats.

Aquest treball és una primera aproximació centrada en la descripció, a partir de les imatges de microscòpia electrònica, de la continuïtat, quantitat, mineralogia i fabrica cristallina dels precipitats recollits i la seva relació amb les condicions de precipitació. Les aigües i paràmetres ambientals d'aquests llacs presenten característiques diferents, la qual cosa amplia les possibilitats d'aprofundir en el coneixement dels paràmetres i condicions òptimes per a la formació i creixement d'aquests precipitats.

Entrena, A.; Fornós, J.J.; Gómez-Pujol, L. y Auqué, L.F. (2020): Sobrecrecimientos freáticos en espeleotemas (POS): una experimentación con placas de vidrio (datos preliminares). Papers Soc. Espeleo. Balear, 3: 65-81. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear. **Rebut:** 8 octubre 2020; **Revisat:** 1 novembre 2020; **Acceptat:** 2 novembre 2020. **Publicat online:** 10 novembre 2020.

Introducción

La mayoría de las cuevas litorales de la isla de Mallorca tienen lagos subterráneos (Figura 1) caracterizados por presentar una mezcla de aguas saladas –provenientes de intrusiones marinas– y dulces o meteóricas, procedentes de la infiltración, dando lugar a aguas salobres con unas características físico-químicas específicas (FORNÓS et al., 2018c). Asociados a estos lagos se forman un tipo especial de espeleotemas, denominados sobrecrecimientos freáticos (*Phreatic Overgrowths on Speleothems*, POS), cuya precipitación está asociada a la superficie del agua de los lagos del interior de la cavidad (GINÉS et al., 2012), es decir, con el nivel freático que, debido a la proximidad con la línea de costa, es coincidente con el nivel del mar. Estos precipitados, originados normalmente por procesos de

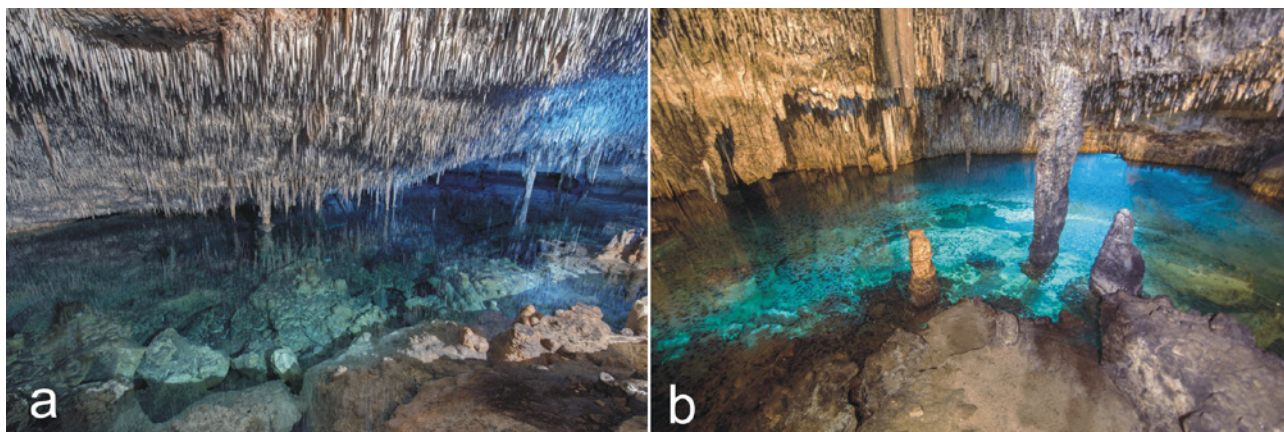


Figura 1: El Llac de les Delícies (a) y el Llac Negre (b) (Fotos: M. A. Gual).
Figure 1: Llac de les Delícies (a) and Llac Negre (b) (Photos: M. A. Gual).

desgasificación (ONAC et al., 2012) presentan una mineralogía variable, pudiendo estar formados tanto por calcita como por aragonito, con rasgos morfológicos y fábricas cristalinas muy variables (GINÉS, 2000).

Los trabajos centrados en los sobrecrecimientos freáticos de las cuevas de Mallorca y en especial en la zona del Llevant y Migjorn de la isla, han sido objeto de estudio desde los años 70 (GINÉS et al., 2012). Estos trabajos previos se focalizan en la evaluación de las cotas altimétricas respecto al nivel del mar actual de los diversos niveles hallados junto con las dataciones radiométricas realizadas en estos depósitos, con el objetivo de poder obtener reconstrucciones de las variaciones altimétricas del nivel del mar Mediterráneo en el pasado.

Dejando de lado los trabajos iniciales de POMAR et al. (1979), sobre la morfología cristalina y mineralogía, el intento de clasificación morfológica de GINÉS (2000) y algunas otras aportaciones (CSOMA et al., 2006), así como los intentos de conseguir precipitados actuales realizados en otras campañas de investigación (BOOP, 2014), poco se ha avanzado en este campo, no habiéndose conseguido hasta la fecha la obtención de precipitados actuales *in situ* de este tipo de espeleotemas en condiciones plenamente controladas.

El objetivo del trabajo consiste en presentar los primeros resultados de los POS obtenidos en la interfase agua-aire de dos lagos subterráneos (inicialmente con supuestos condicionantes ambientales diferentes) de una cueva litoral (Coves del Drac), mediante la colocación de placas de vidrio esmerilado sobre las que se produce su nucleación y crecimiento.

La descripción y caracterización de la mineralogía, morfología y fábrica cristalina de los precipitados obtenidos se relaciona con datos preliminares de caracterización geoquímica de las aguas y del aire de la cavidad (temperatura, presión parcial del CO₂, etc.). Los resultados obtenidos suponen un salto en la comprensión del funcionamiento y desarrollo de estos precipitados. Esta información, basada en muestras actuales, podrá ser extrapolada a los depósitos previos de sobrecrecimientos presentes en otras cavidades y en otros rangos temporales pudiendo llegar a la reconstrucción de las características ambientales de tiempos pretéritos.

Situación geográfica y geológica

Las Coves del Drac están localizadas en la unidad fisiográfica de Mallorca denominada como Marina de Llevant; en la localidad de Porto Cristo (Figura 2) perteneciente al municipio de Manacor (ETRS89 39°32'8.66" N, 3°19'50.23" E). Se trata de las cuevas turísticas más visitadas de toda Europa y son explotadas con fines turísticos desde los años 20 del siglo pasado. Desde un punto de vista geológico las Coves del Drac se desarrollan en los materiales calcareníticos correspondientes a una plataforma carbonatada depositada durante el Mioceno superior, presentando facies con características más proximales en la zona más cercana al mar y facies más de talud conforme la formación continua hacia el interior de la isla (FORNÓS et al., 2018b).

Concretamente, los depósitos en los que se encajan las Coves del Drac se corresponden con la unidad Tortoniense-Messiniense que aflora en el levante de la isla de Mallorca (Figura 2). Se trata

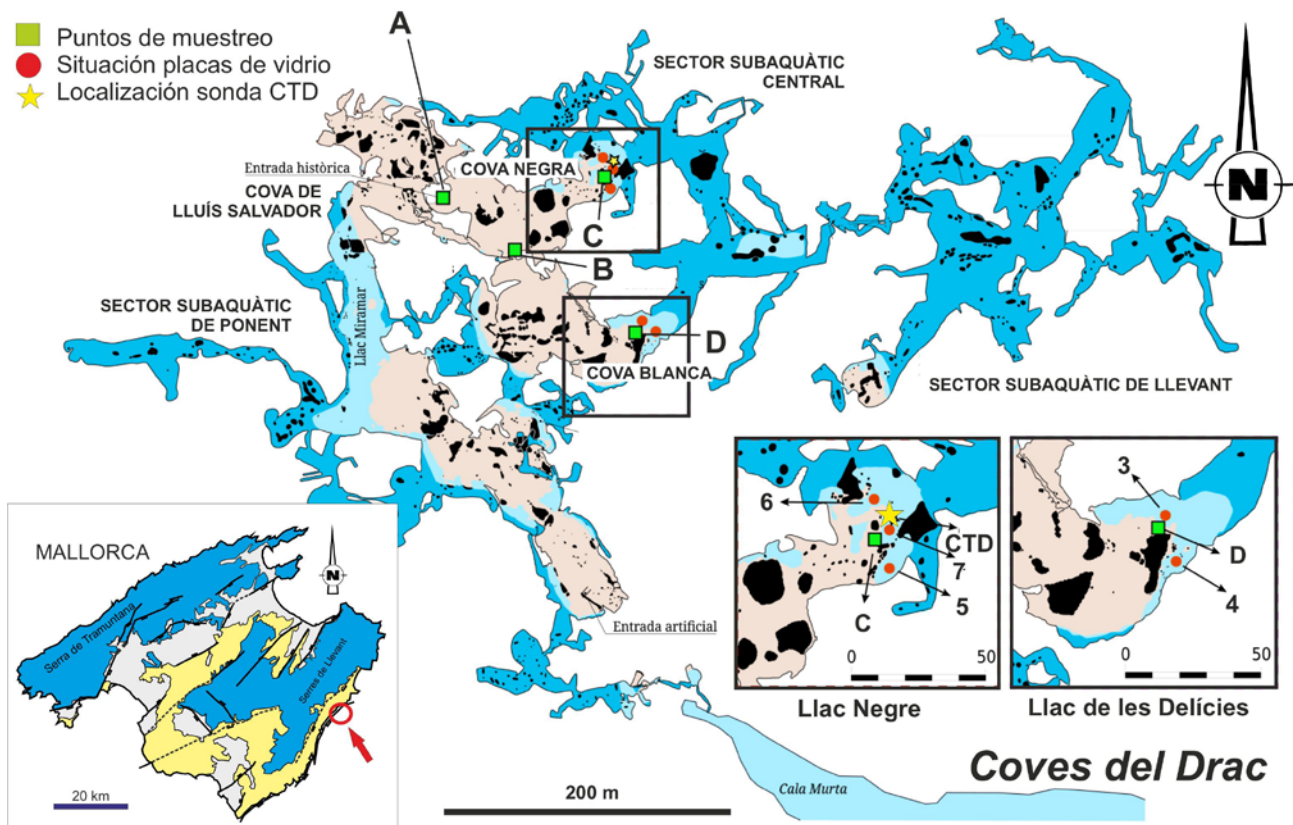


Figura 2: Localización de las Coves del Drac (flecha) en el mapa geológico simplificado de la isla de Mallorca (Modificado de FORNÓS & GELABERT, 2011); y topografía de las Coves del Drac con detalle del Llac Negre (Cova Negra) y del Llac de les Delícies (Cova Blanca) con la ubicación de los puntos de muestreo (modificado de SANTANDREU et al., 2018).
 Figure 2: Location of Coves del Drac (arrow) on the simplified geological map of the island of Mallorca (modified from FORNÓS & GELABERT, 2011) and topographic map of Coves del Drac showing Llac Negre (Cova Negra) and Llac de les Delícies (Cova Blanca) with detail on the location of sampling points (modified from SANTANDREU et al., 2018).

de calizas arrecifales y calizas oolíticas (FORNÓS & GELABERT, 2004) con una disposición subhorizontal. Esta unidad presenta un espesor que va de los 80 a los 100 m y puede dividirse en dos unidades: el Complejo Arrecifal (calizas arrecifales y calcarenitas bioclásticas que en contacto con el basamento pasan a conglomerados) y el Complejo Terminal Messiniense (formado por calizas oolíticas y estromatolitos; ÁLVARO et al., 1991), siendo en el primero de ellos donde queda ubicada la cavidad.

La morfología de la cavidad presenta, como en la mayoría de cavidades litorales que están excavadas en los materiales del Mioceno superior de Mallorca, un estado avanzado de evolución espeleogenética (GINES et al., 2018). La cueva se caracteriza por unos procesos morfogenéticos en los estadios finales consistentes en el colapso de las galerías primigenias dando lugar a grandes salas afectadas posteriormente por periodos de una fuerte estalagmitización, destacando el desarrollo de espeleotemas frente a otro tipo de depósitos. En el caso de las Coves del Drac estos derrumbes han dado lugar a la formación de seis grandes salas que conforman el sistema (Figura 2), con techos elevados y acumulaciones de bloques en su interior (SANTANDREU et al., 2018). Estas seis unidades que componen la cavidad aparecen interconectadas de forma aleatoria llegando la mayoría de ellas al nivel freático y por ello presentan lagos de aguas salobres.

Debido a la explotación turística de la cueva, se decidió elegir para el presente trabajo aquellos lagos que se encuentran fuera del recorrido de las visitas, por lo que se considera que mantienen unas condiciones más “naturales” o inalteradas. Estos lagos son el Llac Negre, ubicado en la cueva del mismo nombre y el Llac de les Delícies, ubicado en la Cova Blanca (Figura 2). Ambos lagos son el inicio de grandes galerías de los sectores subacuáticos Central y de Llevant, respectivamente (ENSEÑAT et al., 2018; GRÀCIA et al., 2018); observándose en ellos, a lo largo del año, precipitados de calcita flotante en su superficie, así como sobrecrecimientos freáticos sobre espeleotemas (POS).

Metodología

Conocido el interés que presentan los POS en cuanto a las reconstrucciones de las variaciones del nivel del mar en el pasado y su utilidad para predecir cambios futuros en el mismo, se hace necesario comprender todos los parámetros ambientales que dan lugar a su formación, tanto del agua como de la atmósfera del interior de las cavidades.

Los datos para el análisis de las características atmosféricas han sido tomados en cuatro puntos seleccionados dentro de la cavidad: Cova Negra, Cova Blanca (Llac de les Delícies), Sala de la Palmera (zona de bifurcación del acceso a las dos anteriores) y exterior (Figura 2). Todos los puntos están localizados en el sector antiguo de les Coves del Drac, un área no visitable por el abundante turismo que accede a la cavidad, pero de acceso fácil y controlado. Estas ubicaciones fueron seleccionadas teniendo en cuenta las características topográficas y su relación con la circulación atmosférica del interior de la cavidad (FORNÓS et al., 2018a).

Para analizar la composición geoquímica de las aguas de los lagos donde se producen dichos precipitados se eligieron dos lagos (Llac Negre y Llac de les Delícies) con características ambientales a priori diferentes (FORNÓS et al., 2018a y 2018c).

Los parámetros ambientales generales de la cueva monitorizados de forma trimestral fueron: humedad relativa del ambiente (RH), presión parcial del CO_2 y temperatura del aire (T_{am}), medidos con una sonda Pocket CO_2 meter (SAN-0001); y salinidad (Sal), conductividad (Cond), total de sólidos disueltos (TDS), pH y temperatura del agua ($T_{\text{H}_2\text{O}}$), con una sonda multiparámetro portátil PC70 de Labprocess. En cada campaña se tomaron también muestras de agua de la capa superficial de la columna de agua (primeros 10 cm) para el análisis posterior en el laboratorio de la alcalinidad y dureza, así como de los elementos mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K y SO_4^{2-}), si bien estos datos, aún en fase de estudio, no serán tratados en este artículo.

Paralelamente se instaló una sonda paramétrica (CTD) con registro continuo de datos (modelo EXO-1 de YSI) tomando valores de temperatura (T), conductividad (Cond), salinidad (Sal), total de sólidos disueltos (TDS), oxígeno disuelto (DO) y pH con un intervalo de toma de datos de 15 minutos. Dicha sonda fue instalada en el Llac Negre, situando los sensores a unos 10 cm de profundidad constante gracias a un sistema de flotación (Figura 3 a-c) que permite obviar las variaciones del nivel del lago y coincidiendo con la zona de la columna de agua donde se produce el precipitado de los POS. En cada campaña se descargaron los datos mediante el software EXO-KOR. Todos los datos, tanto los de carácter trimestral como los continuos, fueron analizados y representados mediante tablas y gráficas para la observación de las variaciones temporales y reconocimiento de los posibles patrones estacionales, así como la comparación espacial relacionada con los distintos puntos de muestreo (Llac Negre y Llac de les Delícies).

Para la recogida de los posibles precipitados (POS) se ideó un sistema basado en la fabricación de unas boyas flotantes en forma de paralelepípedo (20 x 10 x 10 cm aprox.) hechas de poliestireno en las que se colocaron unos vidrios (con una cara esmerilada, de 7,5 x 10,5 x 0,4 cm) de tal manera que se encontraran siempre en contacto con la interfaz entre el agua y el aire obviando las constantes variaciones del nivel de los lagos del interior de la cavidad. Dichas variaciones

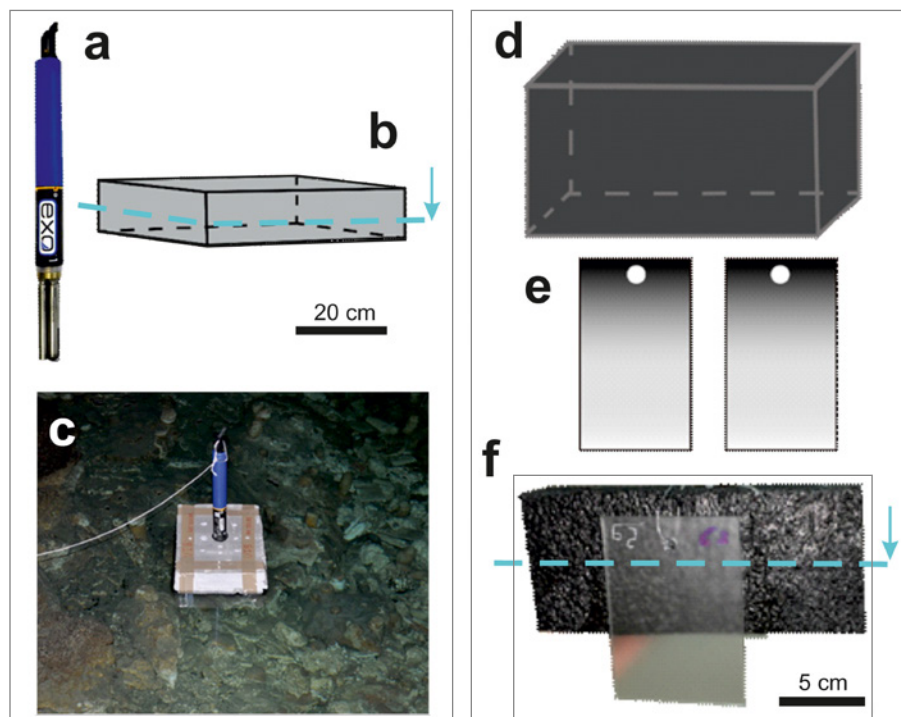


Figura 3: Imagen de la sonda CTD (a) junto con el flotador (b) y su colocación en el Llac Negre (c) y esquema de la boya (d) y las placas de vidrio (e) y su montaje (f).
Figure 3: Image of the CTD probe (a) together with the float (b) and its location in the Llac Negre (c), and scheme of the buoys (d) and glass plates (e) and their assemblage (f).

están relacionadas con los movimientos de oscilación mareal del Mediterráneo debido, como factor más importante, a los cambios en la presión atmosférica del exterior, generando unas oscilaciones de 0.25 m con máximos que pueden alcanzar una carrera mareal de orden métrico (GÓMEZ-PUJOL et al., 2007). En cada una de las boyas se instalaron dos vidrios sujetos mediante un hilo de nylon (Figura 3 d-f) a las que se añadió un plomo para su anclaje en un lugar concreto del lago. La colocación de los vidrios fue realizada el 16 de enero de 2019 y se retiraron el 4 de febrero de 2020, por lo que estuvieron colocados un año y 19 días en el interior de las Coves del Drac. La sonda ya estaba dispuesta con anterioridad a la colocación de los vidrios, por lo que se han podido utilizar sus datos durante el rango temporal coincidente con la disposición de los vidrios.

Posteriormente a la retirada de los vidrios del interior de la cavidad, se dejaron durante varios días secando al aire en el laboratorio. Una vez secos, se revisaron a simple vista y con la ayuda de una lupa binocular (Euromex-Holland DZ.5040), para observar la presencia de material precipitado. Finalmente, se seleccionaron diversos perfiles en los vidrios para su observación en detalle con el microscopio electrónico de barrido (SEM - modelo HITACHI S-3400N). Estas observaciones se realizaron en los Serveis Científicotècnics de la Universitat de les Illes Balears.

A partir del estudio de las muestras con el SEM se establecieron una serie de patrones de crecimiento en relación a la profundidad y a su localización, atendiendo a la mineralogía y fábrica cristalina de los diferentes precipitados.

Datos ambientales de la atmósfera de la cavidad

La toma de datos de tipo puntual ha sido, aproximadamente, cada 2-3 meses durante el último año, ubicando 3 datos durante el invierno, 2 en el verano y uno durante el otoño y la primavera. Por otro lado, existen varios estudios previos (BOOP, 2014; BOOP et al., 2017; FORNÓS et al., 2018a) que permiten ampliar la escala temporal del estudio. Destaca, sobre todo, el trabajo de FORNÓS et al. (2018a) ya que se trata de una recopilación y análisis de datos de temperatura, CO₂ y radón (Rn) en las Coves del Drac desde el 2012 al 2019, tomados cada 2-3 meses; por ello los datos recogidos en la campaña actual van a considerarse una continuación de ese trabajo previo, facilitando así la búsqueda de patrones estacionales y comportamientos atmosféricos en el interior de la cavidad.

Dióxido de carbono (CO₂)

De forma general, en todos los puntos de la cavidad donde se han tomado datos de CO₂ pueden apreciarse las mismas tendencias de valores mayores durante el verano y menores durante el invierno (Tabla 1), lo que coincide con el trabajo de FORNÓS et al. (2018a). Por un lado, destacan las variaciones de más de 1.000 ppm en ambos lagos entre el verano y el invierno, y por otro, la afinidad de valores entre los medidos en la Sala de la Palmera y en el exterior, exceptuando el máximo en verano con valores mayores en la Sala de la Palmera.

Los valores de CO₂ para el Llac Negre en esta campaña y en la de FORNÓS et al. (2018a) durante el verano presentan los mismos máximos, mientras que los valores mínimos medidos en invierno de 2019 son mayores (en torno a 500 ppm) que el rango medido para el trabajo previo (entre 400 y 450 ppm).

Fecha	Llac Negre CO ₂ (ppm)	Llac de les Delícies CO ₂ (ppm)	Sala Palmera CO ₂ (ppm)	Exterior CO ₂ (ppm)	Llac Negre T (°C)	Llac de les Delícies T (°C)	Sala Palmera T (°C)	Exterior T (°C)
16/01/2019	580	670	510	450	16,5	17,0	19,73	19,0
02/02/2019	580	640	510	410	17,3	18,0	19,4	19,3
05/04/2019	530	650	450	410	19,2	17,0	17,3	19,4
12/07/2019	1500	1600	1160	490	25,4 (?)	21,0	21,2	23,3
13/09/2019	830	1390	730	420	23,3	25,2 (?)	21,8	21,8
22/11/2019	490	640	510	560	19,4	18,3	18,1	21,1
04/02/2020	560	600	570	500	19,1	19,3	18,7	19,3

Tabla 1: Datos de CO₂ y temperatura del aire para los cuatro puntos de muestreo en las Coves del Drac.
Table 1: CO₂ and air temperature data at the four sampling points in Coves del Drac.

En el Llac de les Delícies ocurre lo mismo que en el caso anterior: los valores máximos son coincidentes en ambos trabajos (1.600 ppm), mientras que los valores medidos para el invierno fluctúan entre 400 y 500 ppm según FORNÓS et al. (2018a) y los nuevos datos aportan valores mínimos que superan las 600 ppm en invierno de 2020.

El conjunto de los datos muestra una estacionalidad entre los meses de invierno y de verano que se repite anualmente, manteniendo siempre valores más elevados en el Llac de les Delícies que en el Llac Negre. En líneas generales, los datos tomados en la Sala de la Palmera presentan menores concentraciones que en los otros dos puntos descritos y, los datos medidos en este punto son los más parecidos a los medidos en el exterior, ya que la ubicación de la Sala de la Palmera se encuentra a medio camino al Llac Negre y antes de la separación del camino del Llac de les Delícies.

Temperatura del aire

Los datos de temperatura medidos, presentan unos valores mayores durante el verano y menores durante los inviernos, destacando que el invierno de 2019 es más frío que el de 2020.

Los datos de temperatura medidos en el Llac Negre (Tabla 1) presentan una temperatura máxima de 25,4°C (valor puntual y que debe ser considerado como tal), una mínima de 16,5°C y una media de 20°C, con una variación entre los valores máximos de 9°C. En general, los valores de esta campaña parecen alejarse un poco de las tendencias recogidas por FORNÓS et al. (2018a), donde la variación entre el verano y el invierno no supera los 6°C y presenta una temperatura máxima de 23,3°C, una mínima de 15,5°C y una media entre los 20°C y los 21°C. Por lo tanto, la temperatura media y el valor máximo de la campaña 2019/2020, superan los valores de los trabajos previos, pero las mínimas de invierno sí estarían en los rangos obtenidos en el trabajo de FORNÓS et al. (2018a).

En el Llac de les Delícies la temperatura máxima medida es de 25,2°C (igual que en el caso anterior este valor corresponde a un único registro), la mínima es de 17°C y la media de los valores es de 19,4°C, con una variación entre los valores máximos de 8°C. Al comparar estos valores con los de la campaña de 2012 a 2019 (FORNÓS et al., 2018a), se observa cómo, tanto los valores de verano como las variaciones entre los máximos, son valores más altos que los de la campaña previa, pero, sin embargo, los valores mínimos tomados en los meses de invierno están dentro del mismo rango en ambos trabajos, igual que en el Llac Negre.

Las temperaturas tomadas en la Sala de la Palmera son, en general, menores que en el resto de puntos medidos en la cavidad y en el exterior (medida al mediodía), a excepción de los valores de invierno de 2019, cuando es en la Sala de la Palmera donde los valores son mayores.

Humedad relativa (RH)

En general, los valores más bajos de Humedad Relativa (RH) se reconocen a principios de verano (Tabla 2), con valores de 46,4% para el Llac Negre, 63,0% para el Llac de les Delícies y 68,5% en la Sala de la Palmera, mientras los valores en el exterior son más altos en este momento con 78,2%, presentando el valor más bajo en primavera (51,5%). Los valores mínimos medidos de humedad relativa, igual que las cantidades acumuladas de CO₂, están relacionadas con la topografía y accesibilidad de la cueva y con la facilidad o dificultad que tenga el aire de ser renovado en los puntos en los que se hacen las medidas. Por otro lado, los valores máximos aparecen relacionados con el descenso de la temperatura en el Llac Negre y en el de las Delícies en invierno de 2020, coincidiendo con las dos ubicaciones de peor ventilación, mientras los valores más altos en la Sala de la Palmera y el exterior se dan a finales de verano.

Fecha	Llac Negre RH (%)	Llac de les Delícies RH (%)	Sala Palmera RH (%)	Exterior RH (%)
16/01/2019	66,0	74,0	72,0	59,0
02/02/2019	63,0	81,1	73,4	57,0
05/04/2019	61,7	68,0	66,8	51,5
12/07/2019	46,4	63,0	68,5	78,2
13/09/2019	71,7	69,7	97,2	91,2
22/11/2019	75,0	76,1	79,4	73,5
04/02/2020	81,1	86,5	81,4	76,6

Tabla 2: Datos de Humedad Relativa en los puntos de muestreo.
Table 2: Relative humidity data at the sampling points.

Características físico-químicas de la lámina superficial del agua de los lagos

Fecha	Llac Negre T (°C)	Llac de les Delícies T (°C)
16/01/2019	15,50	18,70
02/02/2019	15,90	18,90
05/04/2019	16,40	18,70
12/07/2019	17,50	18,80
13/09/2019	17,90	19,20
22/11/2019	17,00	18,80
04/02/2020	16,70	18,90

Tabla 3: Datos de temperatura del agua en los lagos muestreados en las Coves del Drac.

Table 3: Water temperature data at the pools sampled in Coves del Drac.

Temperatura del agua (T)

La temperatura del agua se mantiene más o menos constante en el tiempo (Tabla 3). En el Llac de les Delícies no aparecen grandes variaciones a lo largo del año, ya que presenta una variación de máxima de 0,5°C, con una media de 18,9°C y con el valor más alto (19,2°C) durante el final del verano y el más bajo (18,7°C) en enero y abril de 2019. Las variaciones en la temperatura del Llac Negre son mayores que en el Llac de les Delícies, con una variación que llega a 2,4°C y una temperatura media del agua de 16,7°C. Los valores más altos fueron registrados durante el verano (17,9°C y 17,5°C) y los más bajos durante el invierno del 2019 (15,5°C).

Conductividad, salinidad y total de sólidos disueltos

En ambos lagos los valores más altos para estos tres parámetros se dan en primavera y los más bajos en invierno del 2020, con una clara tendencia negativa general de los valores; es decir, un descenso en la conductividad, salinidad

y total de sólidos disueltos desde la primavera de 2019 al invierno de 2020 (Tabla 4). Por otro lado, todos los parámetros presentan valores más altos en el Llac de les Delícies que en el Llac Negre.

Los datos de conductividad medidos en el Llac de les Delícies presentan el pico máximo durante la primavera, con un valor de 16,7 mS/cm, mientras el resto del año los valores son más bajos, con una clara tendencia negativa, presentando un valor mínimo de 13,38 mS/cm durante el invierno del 2020. La media obtenida a partir de esta toma de datos anual es de 15,3 mS/cm y la máxima variación entre los valores pico es de 3,3 mS/cm. Igual que en el caso anterior, en el Llac Negre el máximo se corresponde con el periodo primaveral, con un valor de 15,28 mS/cm y el mínimo valor, de 11,38 mS/cm, con el invierno del 2020. La media anual en este lago es de 14 mS/cm y la variación máxima entre el valor máximo y el mínimo es de 3,9 mS/cm, un poco mayor que en el Llac de les Delícies.

La salinidad varía de forma prácticamente paralela en ambas masas de agua presentando los mismos picos, tanto positivos como negativos, que los datos de la conductividad. Los valores más altos se localizan en los meses de más calor (primavera y verano) destacando el valor más alto en ambos lagos para primavera, con 9,17 PSU en el Llac de les Delícies y 8,59 PSU en el Llac Negre. Las variaciones entre los valores más altos y más bajos de la salinidad son de 1,74 y 2,22 PSU, respectivamente.

El total de sólidos disueltos (TDS), de la misma forma que el caso anterior, varía a lo largo del año de forma bastante paralela a la conductividad; por ello coincide que los valores más bajos fueron tomados en invierno de 2020, mientras los más altos en primavera. Siendo los máximos valores para

Fecha	Llac Negre Conductividad (mS/cm)	Llac Negre Salinidad (PSU)	Llac Negre TDS (g/L)	Llac de les Delícies Conductividad (mS/cm)	Llac de les Delícies Salinidad (PSU)	Llac de les Delícies TDS (g/L)
16/01/2019	14,47	8,09	10,26	15,91	8,99	11,25
02/02/2019	14,97	8,44	10,45	15,20	8,70	10,86
05/04/2019	15,28	8,59	10,87	16,70	9,17	11,68
12/07/2019	14,02	7,88	10,03	15,61	8,81	11,14
13/09/2019	14,61	8,05	10,26	15,23	8,18	10,86
22/11/2019	13,63	7,59	9,68	14,98	8,39	10,63
04/02/2020	11,38	6,22	8,02	13,38	7,43	9,51

Tabla 4: Valores de conductividad, salinidad y total de sólidos disueltos (TDS) para los dos lagos estudiados (Llac Negre y Llac de les Delícies) en las Coves del Drac.

Table 4: Conductivity, salinity and total dissolved solids (TDS) values of the two studied pools (Llac Negre and Llac de les Delícies) in Coves del Drac.

el Llac de les Delícies 11,68 g/L y 10,87 g/L para el Llac Negre; y los valores mínimos de 9,51 g/L y 8,02 g/L, respectivamente. El valor medio anual obtenido para el Llac de les Delícies es de 10,8 g/L y de 9.9 g/L para el Llac Negre, y la diferencias entre los valores mayores y menores son de 2,17 g/L y de 2,85 g/L, respectivamente.

pH y alcalinidad

La variación de pH en el Llac de les Delícies es bastante grande (Tabla 5), todos los valores aparecen entre 7 y 8, con una variación máxima entre los valores pico de una unidad, presentando una bajada brusca durante el verano, llegando al valor de 7,06; posteriormente las medidas ascienden hasta 7,94 a finales del verano para, a partir de otoño, comenzar un descenso en los valores de forma mucho más suavizada. Los valores del Llac Negre presentan una variación menor que en el caso anterior, pero puede observarse como en invierno de 2019 se produce un descenso seguido de un ascenso en primavera, volviendo a descender de forma más o menos continua durante los meses de verano, finalizando con un nuevo ascenso durante el otoño e invierno de 2020. En ambos lagos el valor más alto se midió en invierno de 2019 y el valor más bajo en verano.

La alcalinidad (CaCO_3) en ambos lagos, se muestra prácticamente constante sin casi variaciones, con rangos entre los 255 mL/g y los 215 mL/g.

Datos continuos de la sonda CTD instalada en el Llac Negre

Los datos preliminares obtenidos con la sonda CTD en el Llac Negre muestran que la temperatura mínima medida es de 15,4°C y el valor máximo es de 17,4 °C. Estos datos concuerdan con la temperatura media estimada anual de 16,7°C a partir de los datos puntuales de la campaña de campo desarrollada en el 2019/2020 para el Llac Negre. Los valores de pH mínimos tomados por la sonda CTD son de 7,1 y los máximos, alrededor de 8,1, y los datos obtenidos de forma puntual para este lago se mueven entre el 7,89 y 8,27, por lo que se encontraría dentro del rango de valores de la sonda CTD. La conductividad y la salinidad medida parecen moverse de forma muy paralela hasta noviembre de 2019. Los valores medidos con la sonda CTD aparecen en rangos diferentes a los medidos de forma puntual para el Llac Negre: la conductividad se mueve en valores de 11,4 mS/cm a 15,3 mS/cm de forma puntual y en la sonda CTD el rango es de 11,5 mS/cm a 13 mS/cm; y la salinidad presenta un rango de 6,2 PSU a 8,6 PSU en los datos puntuales y de 7,9 PSU a 9,2 PSU en los datos continuos. Pero ambas bases de datos presentan valores más altos para los primeros meses de 2019 y posteriormente una pendiente claramente negativa.

En cuanto a los datos recogidos por la sonda CTD de oxígeno disuelto, los valores se mantienen constantes (entre 7,5 mg/L y 8 mg/L) hasta mediados de noviembre de 2019 y posteriormente dan un salto (8,5 mg/L) para volver a estabilizarse hasta febrero de 2020.

Fecha	Llac Negre pH	Llac de les Delícies pH
16/01/2019	8,27	8,08
02/02/2019	7,89	8,02
05/04/2019	8,05	8,01
12/07/2019	8,02	7,06
13/09/2019	7,89	7,94
22/11/2019	8,16	7,98
04/02/2020	8,12	7,84

Tabla 5: Datos de pH de los lagos estudiados (Llac Negre y Llac de les Delícies) en las Coves del Drac.
Table 5: pH data of the studied pools (Llac Negre and Llac de les Delícies) in Coves del Drac.

Descripción de los precipitados en las placas de vidrio

Las placas de vidrio instaladas en la superficie de los lagos del interior de la cavidad (Llac Negre y Llac de les Delícies), después de pasar un año, presentan la precipitación de cristales de carbonato en su superficie asimilables a las cristalizaciones que forman los POS (*Phreatic Overgrowths on Speleothems*) subactuales, es decir holocenos. Pese a diversos intentos anteriores (POMAR et al., 1976 y 1979), hasta la fecha no se había conseguido obtener una muestra de precipitados en una superficie controlada teniendo presentes los parámetros geoquímicos del medio.

Para el estudio de los precipitados en las placas de vidrio se han utilizado las imágenes tomadas por microscopía electrónica de barrido (SEM). Con ello se han podido describir las características de los precipitados, analizando la cantidad, continuidad y distribución en la superficie, así como definir su mineralogía y fábrica cristalina. Todo ello para poder llegar a definir patrones y relaciones entre estas características y los parámetros descritos con anterioridad. La ubicación de las placas de vidrio en la

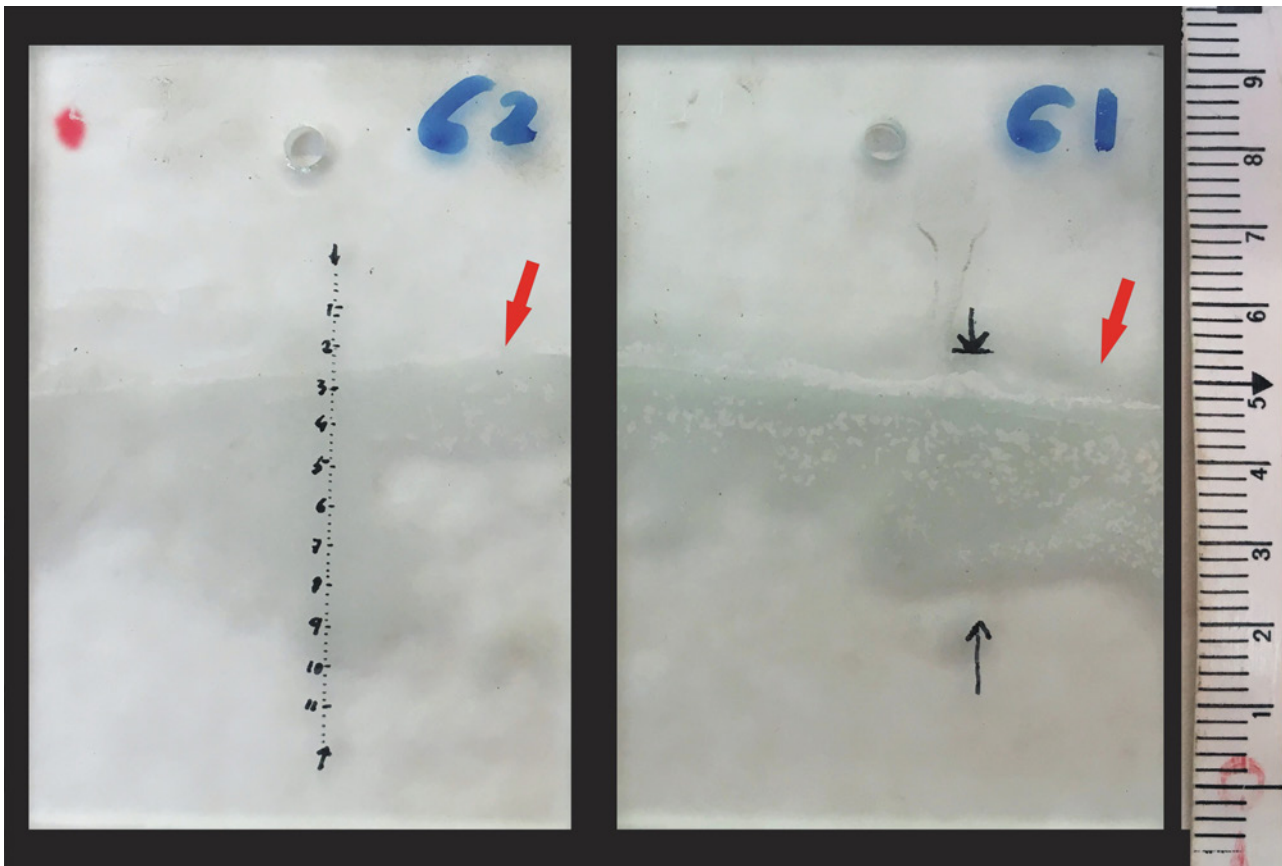


Figura 4: Foto de las placas de vidrio para precipitado donde se aprecia la zona con POS (flechas rojas) y aparecen los perfiles estudiados (señalados con escala en negro en el vidrio 6.2 y con flechas en el 6.1).
 Figure 4: Photo of glass plates where POS zone is visible (red arrow) and the studied profiles (marked with a black scale in glass 6.2 and with arrows in 6.1).

cueva puede observarse en la Figura 2. En el Llac Negre se dispusieron las placas número 5, 6 y 7; y en el Llac de les Delícies las placas 3 y 4 (todas ellas por duplicado, p.e. 5-1 y 5-2).

De forma general, una primera observación visual de las placas, permite ver que en todas ellas se ve en mayor o menor grado una porción de material adherido a sus superficies, destacando la mayor cantidad y continuidad de los precipitados en las correspondientes al Llac Negre, donde puede seguirse claramente una distribución horizontal del precipitado que, en algunos casos, puede llegar a cubrir una superficie de 5,5 cm de amplitud en la superficie de los vidrios (Figura 4). En el caso del Llac de les Delícies el máximo desarrollo es de 1 cm.

A continuación, se pasa a describir los precipitados presentes en las placas por zonas, desde la parte superior hasta la inferior, es decir, desde la zona que quedaría en contacto con el aire hasta la zona que queda bajo el agua.

Llac Negre (Placa de vidrio #5)

En la parte superior de la **placa 5-1** aparecen cristales desordenados y sin orientación de aragonito en forma acicular, junto con cristales rómbicos aislados de calcita, ambas mineralogías aparecen en igual proporción. Conforme se continúa analizando la placa en la vertical hacia abajo, el aragonito va reduciendo su porcentaje hasta llegar a desaparecer casi por completo. Posteriormente reaparece el aragonito, en forma de cristales más grandes y desordenados y, poco a poco, va desapareciendo la calcita. Hasta este punto se apreciaban huecos entre los cristales en los que se veía la placa de vidrio, a partir de esta zona aparece todo cubierto, por lo que se considera que ya se ha alcanzado la zona del vidrio que estaba en contacto con el agua del lago. El aragonito aparece como agregados fibrosos que crecen desde un punto dando morfologías radiales y globulares y cubriendo toda la superficie del vidrio (Figura 5a). Seguidamente, desaparece el aragonito y se pasa, de forma brusca, de nuevo a calcita que tapiza todo el fondo con cristales que presentan crecimiento por macla de contacto y polinucleación, con una morfología rómbica (Figura 5b). De forma progresiva, esta capa de calcita

se va volviendo menos continua, con el desarrollo de cristales independientes rómbicos y comienza a verse la placa de vidrio entre los cristales. Finalmente, aparece una última acumulación de calcita que recubre todo, con zonas diferenciables por presentar un mayor relieve y una fábrica cristalina diferente en forma de "libro o escalones" (Figura 5c), que podría relacionarse con una placa de calcita flotante (*raft*) adherida a la placa de vidrio. El precipitado termina con cristales cada vez más espaciados de calcita rómbica.

La **placa 5-2** presenta un desarrollo muy parecido al de la placa 5-1: primero cristales aciculares desordenados de aragonito y calcita en forma de rombos aislados (Figura 6a) y posteriormente creciendo en grupo, en macla de contacto por polinucleación. Después, aparece aragonito en agregados fibrosos creciendo desde un punto dando morfologías radiales y globulares y cubriendo toda la superficie de la placa de vidrio (Figura 6b). En la parte final, hay calcita que tapiza la superficie, con menos continuidad que en la placa anterior (Figura 6c). En esta zona, el precipitado se presenta con mucho relieve y formas redondeadas; predomina el crecimiento por macla de contacto, pero en las zonas finales de estas morfologías redondeadas aparece crecimiento en forma de "libro o escalones" por lo que podría asociarse con fragmentos de láminas flotantes que quedan incorporadas a la placa de vidrio.

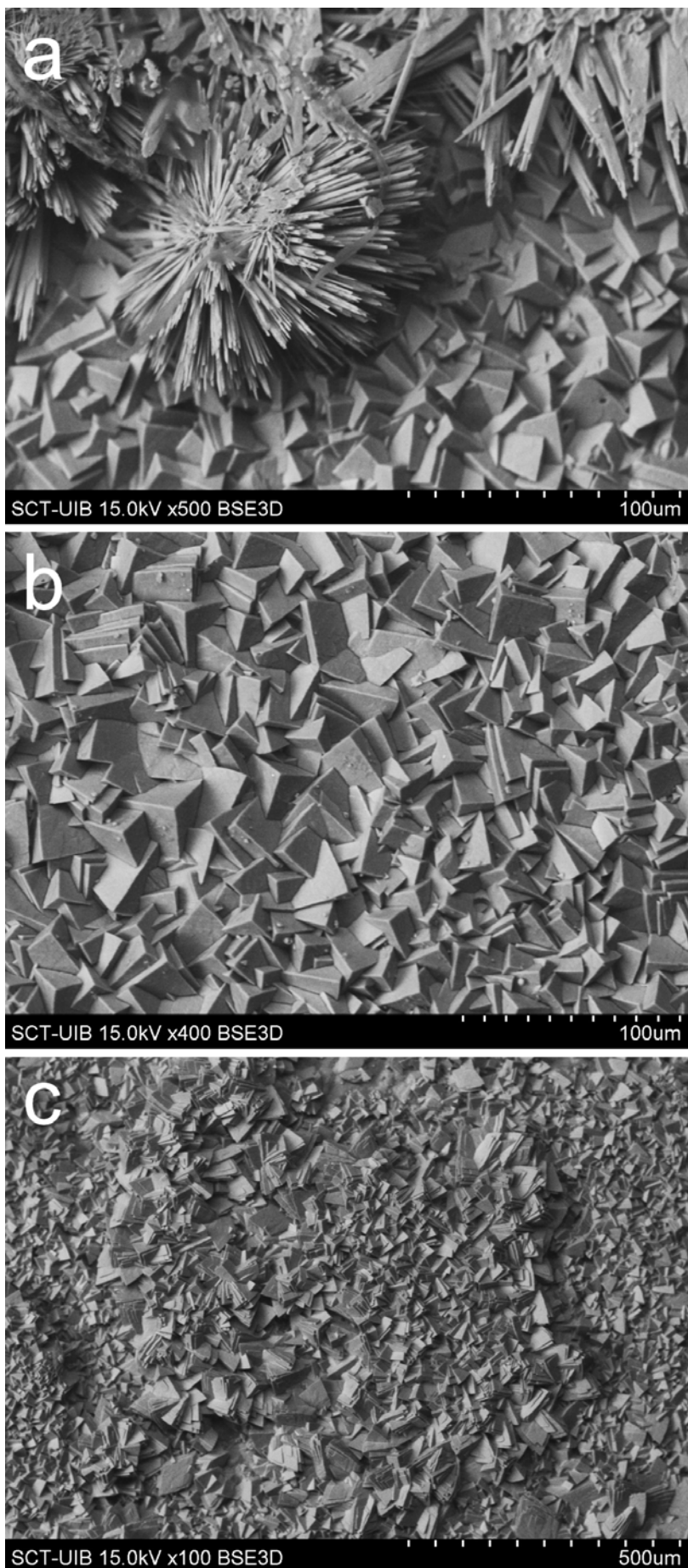


Figura 5: Placa de vidrio 5-1 (Llac Negre): a) se ve el contacto brusco entre los cristales de aragonito, que crecen desde un punto generando morfologías globulares, y la calcita que crece en polinucleación tapizando todo la superficie de la placa de vidrio; b) calcita con crecimiento en macla de contacto y polinucleación que tapiza todo el fondo de la placa de vidrio; y c) calcita que continúa tapizándolo todo, aparece con mayor relieve y cierta morfología redondeada, destacando por la fábrica cristalina en forma de "libro o escalones" relacionada con una lámina flotante (*raft*) unida a la placa de vidrio. Figure 5: Glass plate 5-1 (Llac Negre): a) an abrupt contact can be observed between the aragonite crystals that grow from one point generating globular morphologies, and the calcite that grows in polynucleation covering the entire surface of the glass plate; b) calcite exhibiting contact twin growth and polynucleation and covering the entire bottom of the glass plate; and c) the calcite covers most of the plate but it appears with greater relief and a certain rounded morphology –standing out for the crystalline fabric in the form of "book or steps" – because a raft attached to the glass plate.

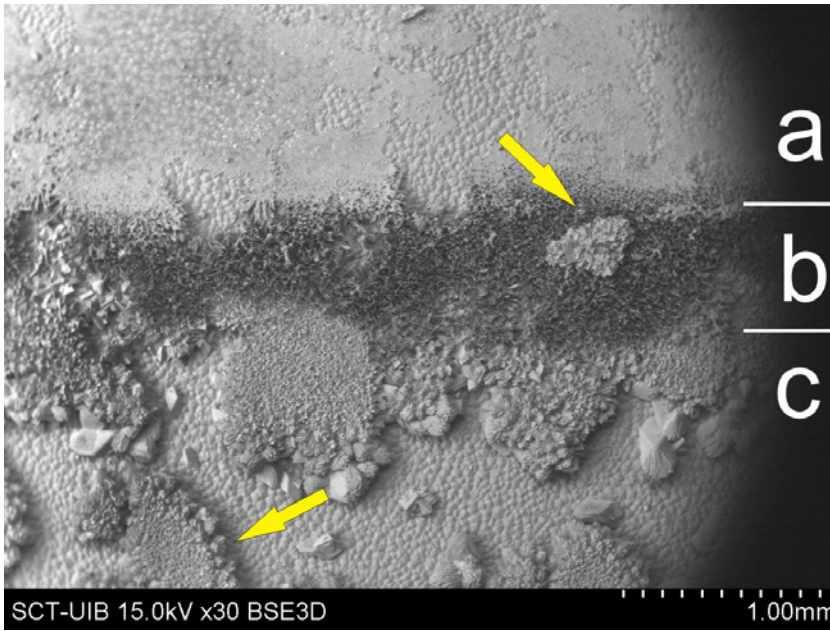


Figura 6: Placa de vidrio 5-2 (Llac Negre) en la que se han diferenciado 3 partes: a) cristales aciculares y desordenados de aragonito junto con cristales de calcita en forma de rombos aislados; b) cristales de aragonito creciendo desde un punto generando morfologías radiales y globulares; y c) calcita de polinucleación que tapiza todo en la parte superior y, hacia la parte final desaparece, se observan también mayores relieves con morfologías circulares y fábrica cristalina en "libro o escalones" que podría relacionarse con láminas flotantes (rafts) adheridas a la placa de vidrio (flechas).

Figure 6: Glass plate 5-2 (Llac Negre) with 3 different parts: a) messy and acicular crystals of aragonite with rhombohedral and isolated calcite crystals; b) aragonite crystals growing from one point generating radial and globular morphologies; and c) polynucleated calcite covering everything in the upper part and disappearing towards the end, there are also greater reliefs with circular morphologies and a crystalline "book or steps" fabrics that could be related to rafts adhered to the glass plate (arrows).

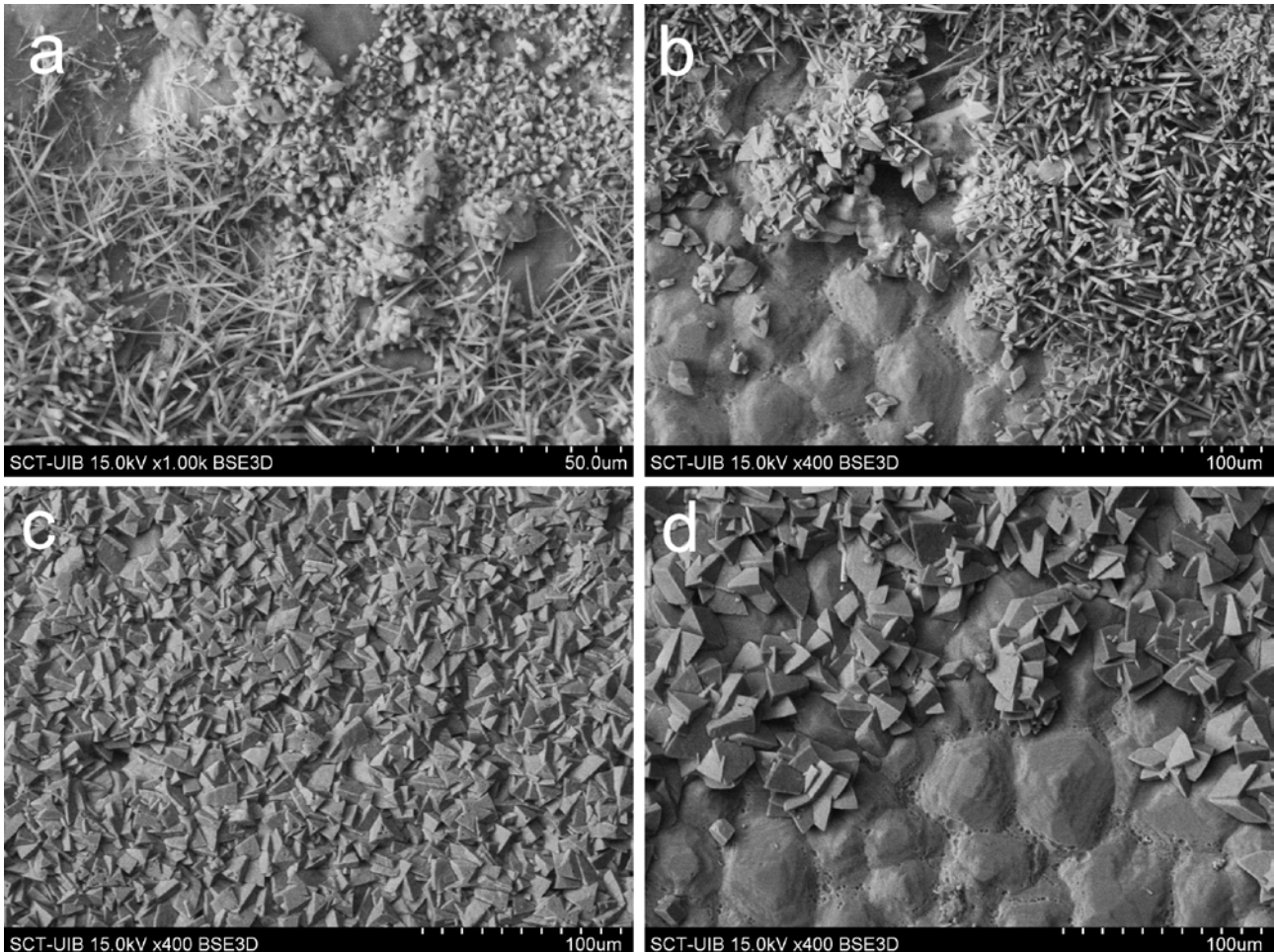


Figura 7: Placa de vidrio 6-1 (Llac Negre): a) límite brusco entre la zona en la que ha crecido la calcita, con desarrollo de polinucleación y crecimiento en macla, con la zona en la que crecen cristales de aragonito de largo desarrollo y con aspecto acicular sin orden; b) en esta zona de aragonito aparecen cristales de calcita agrupados con crecimientos en macla de contacto; c) aparece calcita cubriéndolo todo con desarrollo de cristales de crecimiento por macla de contacto y polinucleación; y d) continuación de la calcita que poco a poco deja de cubrir toda la superficie de la placa de vidrio.

Figure 7: Glass plate 6-1 (Llac Negre): a) abrupt limit between the area in which calcite has grown, with development of polynucleation and twin growth, with the area in which long-developed aragonite needles growing without order; b) grouped calcite crystals with contact twin growths appear between the aragonite; c) calcite precipitates showing the growth of crystals by contact twinning and polynucleation; and d) continuation of the calcite, which gradually stops covering the entire surface of the glass plate.

Llac Negre (Placa de vidrio #6)

La **placa 6-1** comienza con cristales aciculares desordenados de aragonito y sin orientación, mezclados con cristales de calcita que aparecen independientes con claras morfologías rómbicas y también en forma de agregados, en crecimiento por macla de contacto. En esta parte, aparece un mayor porcentaje de calcita que de aragonito; este último va desapareciendo poco a poco cuando se desciende en la vertical. En este sentido, los cristales de calcita cada vez aparecen cubriendo más superficie de la placa de vidrio y cada vez hay menos cristales aislados. Posteriormente se produce un cambio en la mineralogía, con un límite brusco entre la calcita (Figura 7a), que desaparece totalmente, y el aragonito, que aparece de forma de agregado fibroso, con cristales alargados y amplio desarrollo, pero desordenado. En algunos puntos sí aparecen pequeñas acumulaciones de cristales de calcita mezclados entre el aragonito (Figura 7b). Continuando el estudio en la vertical, hay un cambio brusco de nuevo en el que reaparece calcita en crecimiento de macla por contacto con crecimiento de polinucleación, destacando las morfologías en “roseta”, pero también aparecen huecos en los que se ve la placa de vidrio, mientras los cristales de aragonito aparecen en mucha menor proporción. Seguidamente, la calcita pasa a ser el mineral principal que tapiza toda la superficie del vidrio mientras el aragonito va desapareciendo (Figura 7c). Finalmente, en la parte baja del vidrio, el precipitado termina con estos cristales de calcita que poco a poco pierde densidad y van apareciendo más huecos de la placa hasta que desaparece totalmente la calcita (Figura 7d).

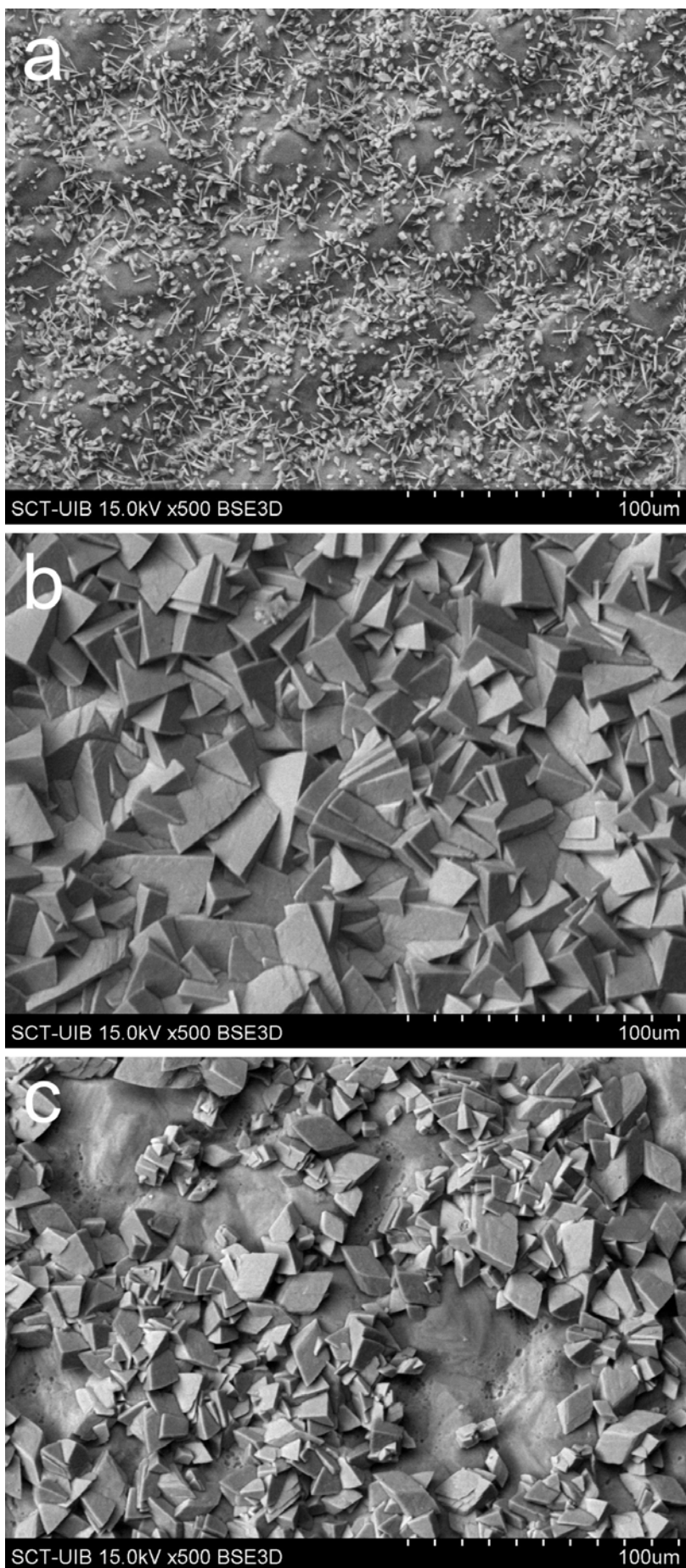
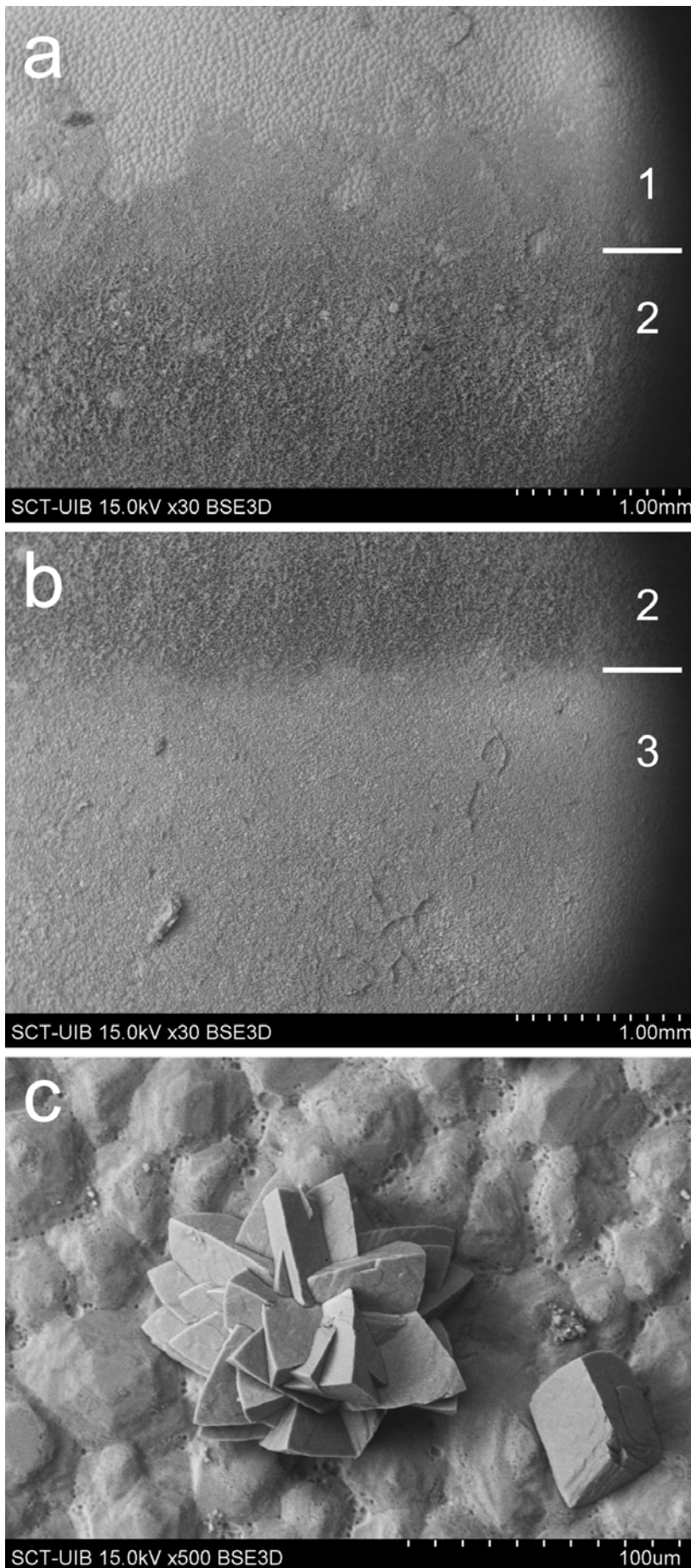


Figura 8: Placa 6-2 (Llac Negre): a) mezcla de cristales aciculares de aragonito sin orientación preferente junto con cristales de calcita rómbicos aislados; b) la calcita aparece tapizando toda la superficie de las placas de vidrio, con crecimiento en macla de contacto y polinucleación; y c) aparecen huecos en los que se ve la placa de vidrio entre los cristales de calcita que aparecen agrupados y maclados y también aislados.

Figure 8: Glass plate 6-2 (Llac Negre): a) mixture of aragonite needles without preferential orientation together with isolated rhombic calcite crystals; b) calcite covers the entire surface of the glass plates, with growth by contact twinning and polynucleation; and c) glass plate can be seen through holes that show up between the calcite crystals, that appear grouped and twinned and also isolated.



La **placa 6-2** comienza con cristales aislados de calcita en forma rómbica que posteriormente pasan a estar mezclados con cristales aciculares de aragonito que aparecen desordenados, sin una orientación preferente (Figura 8a). A continuación, los cristales de aragonito desaparecen y se ve un aumento de la cantidad de calcita de forma aislada y en crecimiento por macla de contacto; cada vez hay menos huecos en los que se ve la placa de vidrio y pasa a tapizarlo todo (Figura 8b), con variación del tamaño de los cristales. Esta parte tiene un desarrollo en la placa de varios centímetros. Finalmente empieza a haber huecos entre los cristales de calcita en los que se vuelve a ver la placa de vidrio (Figura 8c), es decir, se acaba el precipitado.

Llac Negre (Placa de vidrio #7)

Ambas placas de vidrio (la 7-1 y 7-2) presentan el mismo desarrollo; como en los casos anteriores, comienza con cristales aciculares de aragonito que aparecen sin orden aparente en la superficie de la placa (puede observarse también la presencia de cristales cúbicos de halita precipitados durante el secado en el laboratorio por la presencia del agua salobre de los lagos). Posteriormente pueden diferenciarse 3 partes muy claras: la primera en la que el aragonito cubre toda la superficie de la placa de vidrio, con fábrica formando agregados fibrosos pero desordenada, sin morfología globular o de abanico (Figura 9a-1); la segunda parte, compuesta también de aragonito, pero

Figura 9: Placa de vidrio 7 (Llac Negre): a) se diferencian claramente dos zonas la primera (1) está formada por aragonito cubriendo toda la placa de vidrio pero sin orden ni orientación preferente y la segunda parte (2) formada también por aragonito pero aparece con mayor densidad; b) la parte siglada con un 2 se corresponde con la misma sigla que en la fotografía a), mientras que la parte 3 está compuesta por calcita que recubre toda la superficie con desarrollo de macla por contacto y polinucleación; y c) ejemplo de calcita con desarrollo en "roseta".
 Figure 9: Glass plate 7 (Llac Negre): a) two zones are clearly differentiated; the first (1) is formed by aragonite covering the entire glass plate but without order or preferential orientation, and the second part (2) is also formed by aragonite but appears with higher density; b) the part marked with a 2 corresponds to the same number as in photograph a), while part 3 is composed of calcite that covers the entire surface with development by contact twinning and polynucleation; and c) example of calcite with a "rosette" development.

con mucha más densidad que en la parte anterior, continuando con la misma fábrica (Figura 9a-2); y finalmente, se pasa a calcita que aparece tapizando toda la superficie, con crecimiento en macla de contacto de los cristales rómbicos (Figura 9b-3). En esta tercera parte, primero aparece calcita mezclada con aragonito que va disminuyendo en porcentaje hasta que desaparece. Hacia el final, cuando empieza a haber huecos en los que se ve la placa de vidrio, destaca la calcita creciendo en forma de roseta (Figura 9c).

Llac de les Delícies (Placa de vidrio #3)

La principal característica diferenciable entre las placas de vidrio del Llac de les Delícies y las del Llac Negre, es la continuidad del precipitado. En el caso del Llac de les Delícies se puede intuir una fina capa de precipitado (Figura 10a), pero no de forma tan clara y continua como en las placas del Llac Negre. En cuanto a la mineralogía, en las placas de este lago únicamente aparece calcita. Por otro lado, la fábrica cristalina predominante se corresponde al crecimiento por maclas de contacto de los cristales de calcita, con morfologías rómbicas características de la calcita. Puede diferenciarse alguna placa de calcita flotante (*raft*) adherida al vidrio que presenta un mayor relieve, lo que los hace diferenciables del resto de precipitado, así como un crecimiento cristalino diferente (superficie plana). Este crecimiento está constituido por acumulación de prismas trigonales de calcita organizados en capas, que presentan terminaciones romboédricas y poros intercristalinos (Figura 10b y Figura 10c), tipo de fábrica que ha sido asociada por TAYLOR & CHAFETZ (2004) al crecimiento de láminas flotantes. Destaca la gran cantidad de materia orgánica que aparece en las placas de vidrio, asociada a

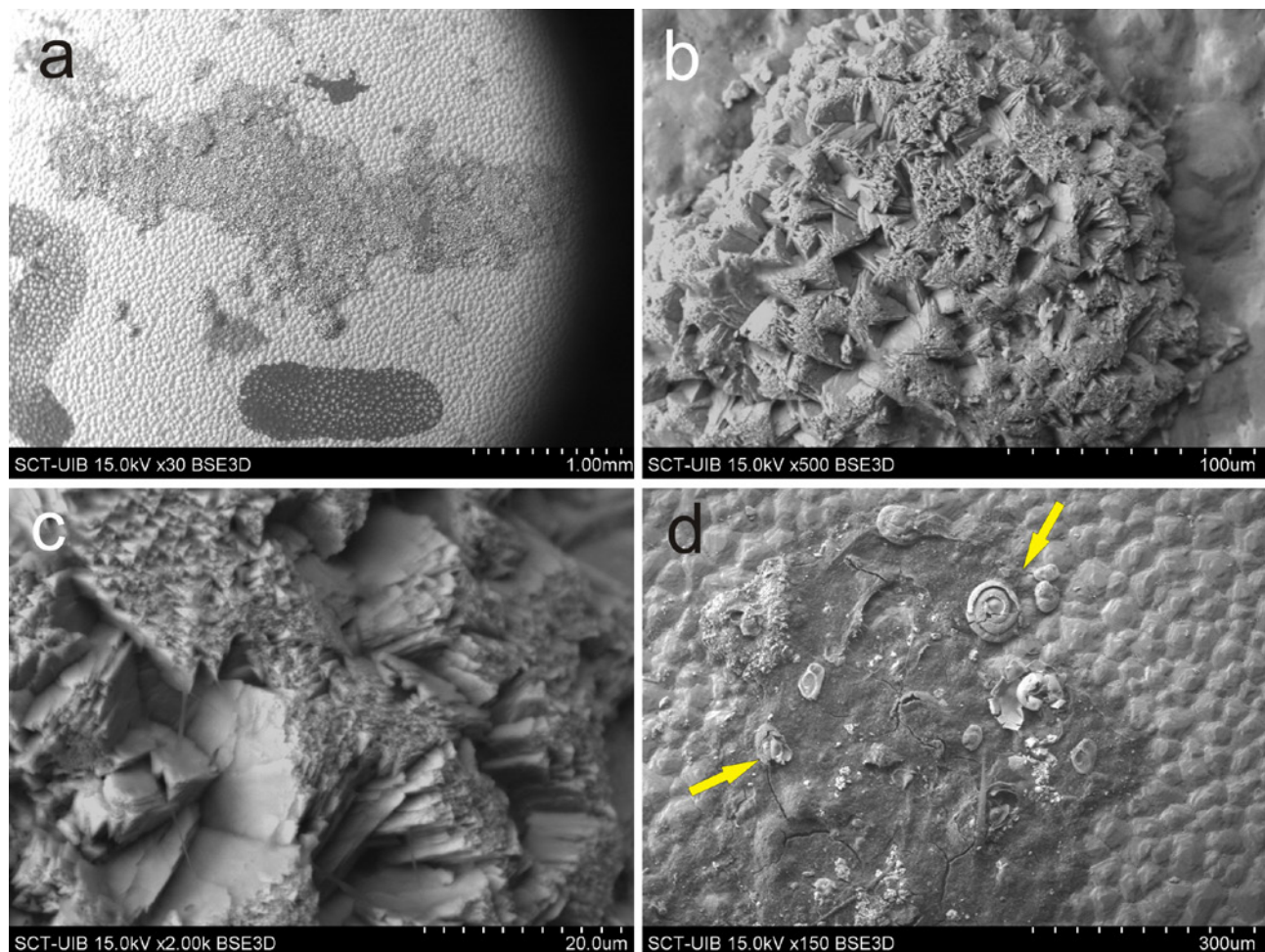


Figura 10: Placa de vidrio 3 (Llac de les Delícies): a) fotografía del precipitado con pocos aumentos, en la que se puede ver como el precipitado no es continuo en la superficie de la placa de vidrio; b) calcita con crecimiento en prismas trigonales organizados en capas superpuestas; c) zoom de la calcita de la foto b) en la que pueden diferenciarse las terminaciones de los prismas en forma de romboedros; y d) acumulación de materia orgánica junto con barros y limos, pueden diferenciarse ostrácodos y foraminíferos.

Figure 10: Glass plate 3 (Llac de les Delícies); a) a little zoom photograph of the precipitate in which it can be seen how the precipitate is not continuous on the surface of the glass plate; b) calcite with trigonal prisms growth organized in superposed layers; c) zoom of the calcite crystals in b) photo, in which the terminations of the rhombohedron prisms can be distinguished; and d) accumulation of organic matter together with mud and silts, ostracods and foraminifera can be differentiated.

acumulaciones de limos y arcillas, distinguiéndose conchas calcáreas que pueden asociarse a ostrácos de la familia de los Cypridopsis y a foraminíferos bentónicos pudiendo corresponderse con *Cyclogyra involvens*; también aparecen espículas no identificadas (Figura 10d).

Discusión y conclusiones

Los datos recogidos durante las campañas de campo de 2019/2020 junto con la revisión del trabajo de FORNÓS et al. (2018a) apuntan algunas directrices sobre el funcionamiento del sistema de precipitación de los POS. A partir del estudio de los parámetros comentados se ponen de manifiesto y se establecen algunos aspectos que pueden controlar la variabilidad de dicha precipitación:

1. La temperatura del aire, la cantidad de CO₂, el porcentaje de humedad relativa, y en menor medida la temperatura del agua, presentan variaciones siguiendo los cambios estacionales entre los meses de verano y de invierno.
2. Durante los meses de verano, con mayores temperaturas en el exterior, no se produce ventilación en el interior de la cavidad, por ello en las zonas de menor accesibilidad, como son el Llac Negre y el Llac de les Delícies, existe poca renovación del aire, generando un ligero aumento en la temperatura y un aumento un poco mayor en las cantidades de CO₂ como reflejan los datos. Por el contrario, en los meses de invierno el aire frío entra en la cavidad aumentando la ventilación y renovación del aire en el interior haciendo que, tanto las cantidades de CO₂ como la temperatura, descendan. En general, la ventilación es más efectiva en el caso del Llac Negre, que se halla mucho menos aislado topográficamente que el Llac de les Delícies.
3. La conductividad, la salinidad y el total de sólidos disueltos aparecen directamente relacionados con las estaciones de lluvia de la zona, generándose un descenso en los tres factores cuando es época de precipitaciones. Esto es debido al aumento de la cantidad de agua dulce en los lagos subterráneos por la llegada de agua meteórica de infiltración a las aguas freáticas.
4. La principal diferencia entre los parámetros ambientales de ambos lagos estudiados radica en su localización topográfica, que implica un menor o mayor aislamiento de estos ambientes subterráneos. Por un lado, el Llac Negre presenta mayor ventilación y menores cantidades de CO₂, dando lugar de este modo a una mayor difusión del CO₂ hacia la atmósfera originando mayores cantidades de precipitado en forma de POS; y, por otro lado, el Llac de les Delícies con menor ventilación y mayores cantidades acumuladas de CO₂, tiene menores cantidades de precipitado en los vidrios colocados.

Los parámetros ambientales descritos, así como la geoquímica de las aguas de los lagos, deben condicionar las características de los precipitados, tanto en lo referente a la mineralogía como a su fábrica. Así, los precipitados recogidos en las placas de vidrio del Llac Negre y del Llac de les Delícies, muestran significativas diferencias.

Llac Negre: Los precipitados presentan un desarrollo en la vertical continuo y de varios centímetros, y aparecen formados por cristales tanto de aragonito como de calcita. Los cristales de aragonito aparecen de dos formas; como cristales independientes con forma acicular, sin orientación preferente y de forma aleatoria en la superficie, o como cristales con desarrollo de crecimiento en forma de agregados fibrosos desde un único punto dando morfologías globulares. La calcita también se presenta de varias formas: como cristales aislados con morfología rómbica; como cristales creciendo por polinucleación formando cristales rómbicos que crecen por macla de contacto; y, por último, como acumulaciones de mayor relieve con morfologías semiredondeadas, formadas por calcita con fábrica cristalina diferente, en forma de “libro” o de “escalones”, las cuales se relacionan con láminas de calcita flotante adheridas a la superficie de las placas de vidrio. Ambas mineralogías aparecen por zonas y pueden encontrarse también mezcladas.

Llac de les Delícies: Los precipitados presentan un desarrollo en la vertical y una continuidad lateral mucho menor que en el otro lago y la mineralogía está constituida exclusivamente por calcita. Ésta aparece con crecimiento en maclas y polinucleación y, en ciertas zonas, caracterizadas por un mayor relieve, aparece con crecimiento en forma de acumulaciones de prismas, presumiblemente relacionada

con láminas de calcita flotante (*rafts*) adherida a las placas de vidrio. Destaca también la cantidad de materia orgánica (probablemente relacionada con las abundantes colonias de murciélagos presentes en esta zona), limos y restos calcáreos que aparecen en las placas.

En conclusión, los factores más importantes que permiten que los POS precipiten con mayor o menor facilidad están relacionados principalmente con las características de la atmósfera del interior de la cavidad (temperatura y valores de CO₂), resultado de la mayor o menor ventilación que presente. Indudablemente son necesarios más estudios relacionados con la geoquímica de las aguas de ambos lagos y con sus características mineralógicas y cristalográficas. Un seguimiento mucho más continuo y detallado en el tiempo de recogida de las placas de vidrios, permitirá concretar mejor cuáles son parámetros que favorecen la mayor o menor precipitación de POS.

Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a todo el equipo de la Societat Espeleològica Balear, que ha acudido a las campañas de campo en las Coves del Drac. Así como a los propietarios y dirección de las Coves del Drac por su apoyo y buena voluntad en la organización y desarrollo de las campañas de campo en el interior de la cavidad. Al grupo que más jornadas ha invertido durante la duración del estudio: Xisco Gràcia, Juan J. Enseñat, Miquel A. Gual, Vicenç Pla, y muy especialmente, la lectura crítica del texto por parte de Joaquín Ginés.

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación del MINECO, CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE). Nuestro agradecimiento a la ayuda prestada por Ferran Hierro i Joan Cifre de los Serveis Científicotècnics de la Universitat de les Illes Balears.

Bibliografía

- ÁLVARO, M.; DEL OLMO, P.; SÀBAT, F.; RAMÍREZ DEL POZO, J.; SIMÓ, A.; ADROVER, R.; URALDE, M.A.; GOY, A.; AGUILAR, M.; CUERDA, J.; BARÓN, A.; & BARNOLAS, A. (1991): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 700 (Manacor) y memoria*. IGME, Madrid. 59 págs.
- BOOP, L.M. (2014): *Characterization of the Depositional Environment of Phreatic Overgrowths on Speleothems in the Littoral Caves of Mallorca (Spain): a Physical, Geochemical, and Stable Isotopic Study*. Tesis Doctoral. Department of Geology, University of South Florida. 142 págs.
- BOOP, L.M.; WYNN J.G.; THOMPSON, G.; FORNÓS, J.J. & ONAC, P.B. (2017): Interactions between surface conditions, the Mediterranean Sea, and cave climate within two littoral caves in Mallorca: implications for the formation of phreatic overgrowths on speleothems. *Journal of Cave and Karst Studies*, 79 (1): 59-72.
- CSOMA, A.; GOLDSTEIN, R. & PÓMAR, L. (2006): Pleistocene speleothems of Mallorca: implications for palaeoclimate and carbonate diagenesis in mixing zones. *Sedimentology*, 53: 213-236.
- ENSEÑAT, J.J.; GRÀCIA, F.; GINARD, A.; MASCARÓ, G.; SANTANDREU, G.; FERNÁNDEZ, J.F.; TRIAS, M.; PÉREZ, J.; BOVER, P.; CIRER, A.; PLA, V.; LÁZARO, J.C.; ANSALDI, D.; BASCUÑANA, F.X.; CLAMOR, B.; LOZANO, A.; PERELLÓ, M.À.; GUAL, M.À.; VIVES, M.À.; GAVIÑO, B.; GAMUNDÍ, P.; BONNÍN, M.; GRANELL, Á.; BETTON, N.; FRANGLÉN, N. & BORNEMANN, D. (2018): Nou plànol topogràfic de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 65-76.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2004): *Baleares*. In: VERA, J.A. (ed.) *Geología de España*. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico Minero de España. p. 450-464.
- FORNÓS J.J. & GELABERT B. (2011): Condicionants litològics i estructurals del carst a les Illes Balears. *Endins*, 35: 37-52.
- FORNÓS, J.J.; ENTRENA, A. & GINÉS, J. (2018a): Dinàmica de l'atmosfera dels sectors no turístics de les Coves del Drac. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 215-236.
- FORNÓS, J.J., GÓMEZ-PUJOL, L. & MAS, G. (2018b): L'entorn geogràfic, geomorfològic de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 49-64.
- FORNÓS, J.J.; PILARES, A.; GRÀCIA, F. & ENTRENA, A. (2018c): Caracterització físico-química dels llacs de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 181-196.
- 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 págs + 29 láms. Inédito.

- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; TUCCIMEI, P., ONAC, B.P. & GRÀCIA, F. (2012): Phreatic Overgrowths on Speleothems (POS) from Mallorca, Spain: Updating forty years of research. In: GINÉS, A.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: A Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 111-146.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; GRÀCIA, F. & FORNÓS, J.J. (2018): L'espeleogènesi de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca): evolució dels coneixements i interpretació actual. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 141-163.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; ORFILA, A.; CAÑELLAS, B.; ÁLVAREZ-ELLACURIA, A.; MÉNDEZ, F.J.; MEDINA, R. & TINTORÉ, J. (2007): Morphodynamic classification of Sandy beaches in low energetic marine environment. *Marine Geology*, 242: 235-246.
- GRÀCIA, F.; MASCARÓ, G.; PÉREZ, J.; FERNÁNDEZ, J.F.; CIRER, A.; LÁZARO, J.C.; ANSALDI, D.; CLAMOR, B.; PERELLÓ, M.À.; VIVES, M.À.; GAMUNDÍ, P.; GRANELL, Á.; BETTON, N.; BORNEMANN, D. & FRANGLÉN, N. (2018): El Drac subaquàtic (Coves del Drac, Manacor, Mallorca). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 117-139.
- ONAC, B.P.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; FORNÓS, J.J. & DORALE, J.A. (2012): Late Quaternary Sea-level History: a Speleothem Perspective. In: GINÉS, A.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: A Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 147-162.
- 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.
- SANTANDREU, G.; ENSEÑAT, J.J.; GRÀCIA, F.; PLA, V. & GUAL, M.A. (2018): Les Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Descripció del sectors terrestres. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 1: 77-104.
- TAYLOR, P. M. & CHAFETZ, H.S. (2004): Floating rafts of calcite crystals in cave pools, central Texas, U.S.A.: crystal habit vs. saturation state. *Journal of Sedimentary Research*, 74: 328-341.



Les “Rundayes de Mallorca” de l’Arxiduc Lluís Salvador: una aproximació espeleològica

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

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: jginesgracia@yahoo.es

² Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Abstract

The abundant publications of Archduke Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen are notable for their contributions to the geographical knowledge and natural sciences of the Balearic Islands, although he also made a noticeable task in his role as a folklorist. His book entitled “*Rundayes de Mallorca*”, published in 1895, is undoubtedly a remarkable contribution to the popular culture of the island, which gathers tales and legends collected during his wanderings through our territories. The underground cavities are present in many of the tales, in such a way that 16 of the transcribed stories (30% of the total) present allusions to caves and chasms, an aspect that is quite logical in the case of a limestone country as Mallorca. In this paper we proceed to analyze the references to subterranean cavities contained in that book, carrying out this work from a speleological perspective that includes the identification, if possible, of caves and chasms when their respective toponyms are made explicit; altogether, 7 of the referred cavities are identified in a univocal way. An important part of the analyzed tales and legends have to do with the historical pirate incursions of the Moors on our coasts.

Resumen

Las numerosas publicaciones del Archiduque Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen son destacables por sus aportaciones al conocimiento geográfico y naturalístico de las Islas Baleares, aunque también hizo notables contribuciones en su faceta de folklorista. Su libro titulado “*Rundayes de Mallorca*”, publicado el 1895, es sin duda una aportación notable a la cultura popular de la isla, que recoge cuentos y leyendas recopilados durante sus andanzas por nuestros parajes insulares. Las cavidades subterráneas están presentes en bastantes de las narraciones, de tal forma que 16 de los cuentos transcritos (el 30% del total) presentan alusiones a cuevas y simas, aspecto que resulta completamente lógico en el caso de un territorio calcáreo como Mallorca. En este trabajo se procede a analizar las referencias a cavidades mallorquinas contenidas en esa obra del Archiduque, efectuando esta labor desde una perspectiva espeleológica que incluye la identificación, cuando es posible, de las cuevas y simas de las cuales se explicitan sus respectivos topónimos; en total, 7 de las cavidades citadas son identificadas de manera unívoca. Una parte importante de los relatos analizados tienen que ver con las incursiones piráticas de los moros en nuestras costas.

Ginés, J. i Ginés, A. (2020): Les “*Rundayes de Mallorca*” de l’Arxiduc Lluís Salvador: una aproximació espeleològica. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 83-92. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.
Rebut: 15 juliol 2020; **Revisat:** 31 juliol 2020; **Acceptat:** 4 agost 2020.
Publicat online: 17 novembre 2020.

Introducció

La relació entre la cultura popular de Mallorca i les cavitats subterrànies, tan abundants al nostre territori, és una temàtica que ha estat molt poc treballada fins al moment actual. De fet, tan sols trobem unes poques aportacions al cançoner popular referides a alguns avencs de l’illa (GINÉS et al., 2006) així com, sobretot, la recent i ben documentada anàlisi efectuada per GÓMEZ-PUJOL & ROIG LÓPEZ (2019) al voltant de les “*Rondaies Mallorquines d’En Jordi des Racó*”, recopilades per mossèn Antoni Maria Alcover a partir de finals del segle XIX (ALCOVER, 1936-1972). Aquesta acurada i recent revisió del rondallari d’Alcover se centra en aspectes geomorfològics lligats al carst de Mallorca, a més de tractar també qüestions etnogràfiques i lingüístiques; sens dubte, l’esmentada publicació ens ha esperonejat a l’hora de redactar les pàgines que seguiran.

Per altra banda, les activitats espeleològiques efectuades els darrers mesos a la zona de Galatzó permeteren a n’Antoni Rafel Valero –company de la SEB– identificar, explorar i topografiar uns avencs, que surten mencionats a una de les “*Rundayes de Mallorca*” publicades per l’Arxiduc Lluís Salvador d’Àustria, a les darreries del segle XIX (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1895a). Aquesta

conjunció de circumstàncies ens va revifar l'interès pel recull de rondalles mallorquines elaborat per l'Arxiduc, sobre el qual ja havíem anat recopilant, feia bastants anys, algunes anotacions de caire espeleològic.

La transcendència de les obres de l'Arxiduc Lluís Salvador és inqüestionable, sobretot pel que fa a les seves aportacions en els camps del coneixement de la geografia de Mallorca i de les ciències naturals (RULLAN, 2016; GINÉS, 2018), que tenen la màxima expressió en la seva magna obra coneguda com "*Die Balearen*" (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891). A més de les vessants geogràfica i naturalística, la rellevància d'aquest singular personatge en la seva faceta de folklorista resulta també remarcable, tal com s'assenyala a diverses publicacions sobre la matèria (ORIOI, 1996; VALRIU, 2017). Centrant-nos, doncs, en l'aportació que suposen "*Les Rondalles de Mallorca*" de l'Arxiduc al camp de la cultura popular de l'illa, en aquest treball es farà una anàlisi des d'una perspectiva estrictament espeleològica; cal tenir present, tal i com argumentaven GÓMEZ-PUJOL & ROIG LÓPEZ (2019), que el caràcter carbonatat de la geologia illenca justifica la presència de cavitats subterrànies en bastants de les contarelles populars. En aquest sentit, a un bon nombre de rondalles de la recopilació arxiducal s'esmenten cavitats de diferents tipus (sobretot coves) en contextos narratius ben diversos, i en alguns casos amb al·lusió a topònims concrets, aspectes tots ells que seran desenvolupats al llarg d'aquestes pàgines.

Les rondalles de l'Arxiduc

Amb el títol de "*Rondalles de Mallorca*" es recullen un conjunt de 54 contarelles populars breus, recopilades per l'Arxiduc Lluís Salvador (Figura 1) i publicades el 1895 a Würzburg (Alemanya) amb el text en el català col·loquial de l'illa, encara que sense fer constar l'autoria de l'obra (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1895a). Aquest recull comptà amb dues edicions posteriors, amb les capçaleres de les rondalles en català i els textos i la introducció en alemany, sota el títol de "*Märchen aus Mallorca*" (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1895b, 1896). Malgrat que la producció literària de l'Arxiduc està centrada majorment en la documentació geogràfica dels territoris visitats, la seva tasca com a folklorista és també rellevant en el cas de les Balears (VALRIU, 2017), i el seu rondallari esdevé una de les fites destacables. En aquest sentit, tant JASSO (1982) com sobretot ORIOI (1996) permeten documentar de manera acurada el context on se situa l'elaboració d'aquest aplec de rondalles, així com els seus trets més destacables.

És inevitable fer qualche mena de comparacions entre el rondallari de l'Arxiduc i el molt més conegut i extens "*Aplec de Rondalles Mallorquines d'En Jordi des Racó*" (ALCOVER, 1936-1972). La primera gran diferència és merament quantitativa: 54 rondalles recopilades per l'Arxiduc enfront de les més de 400 recollides per Alcover; una segona diferència es també quantitativa, donat que les rondalles transcrits per l'Arxiduc solen ser molt breus i amb escassa reelaboració literària per part de l'autor. Per altra banda, la molt diferent extracció social d'ambdós autors, fa que mossèn Alcover –com a prevere que era– defugís sistemàticament dels passatges que podien ser considerats grollers o que contenien aspectes eròtics (JASSO, 1982). Des del punt de vista literari, la prosa emprada per l'Arxiduc és molt més directa i menys elaborada, en part degut a la diferent metodologia emprada pels autors; en aquest sentit,



Figura 1: Retrat de l'Arxiduc Lluís Salvador realitzat pel dibuixant i viatger francès Gaston Vuillier el 1888, imatge que es correspon aproximadament amb les dates en que recopilà el seu recull de rondalles mallorquines.

Figure 1: Portrait of Archduke Ludwig Salvador Habsburg-Lothringen performed by the French designer and traveler Gaston Vuillier in 1888, an image that roughly corresponds to the dates on which he gathered his collection of Mallorcan folk tales.

NÚM.	TÍTOL RONDALLA	PROCEDÈNCIA	TIPUS DE FENOMEN
07	Sa cadeneta	Palma	cova amb propietats màgiques
11	S'escolanet	Sa Pobla	cova que hi sortia por
17	Es dotze lladres	Sa Pobla	cova de lladres
20	Es sac de mentides	Llucmajor	cova usada com a amagatall
21	Es dimonis boiets de Son Martí	Es Capdellà i Calvià	cova amb personatges màgics
25	S'homo que cercava es tresor de na Fàtima	Puigpunyent	forat amb tresor
26	S'encantament de na Fàtima	Puigpunyent	penyal que s'obri, amb tresor màgic
28	Es negret de sa Coma	Sóller	cova amb personatge màgic i tresor
29	Es tresor de sa cova de Son Creus	Bunyola	cova màgica amb tresor
30	Es tresor de ses cases d'Aufabi		cova màgica amb tresor
34	Es pastor de Galatzó	Es Capdellà	avencs on llançar persones
37	Es moros des castell de Santueri		cova refugi de moros
39	Es pastor des pou de ses Basses	S'Arracó, Andratx i Es Capdellà	cova que serví de refugi fugint des moros
41	Es fet de sa torre de Canyamel	Artà	coves citades en una persecució a moros
43	Es moro de dins sa cova	Santanyí	cova refugi d'un moro
47	Es desembarc des moros	Artà	cova refugi de moros

Taula 1: Relació de les rondalles de l'Arxiduc Lluís Salvador on surten mencionades cavitats subterrànies.

Table 1: List of the folk tales from Archduke Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen where underground cavities are mentioned.

sembla que Alcover recollia les seves rondalles del major nombre de fonts disponibles, essent després redactades amb els seus personals paràmetres literaris i ètics. Cal consignar que, tal i com el propi Arxiduc indica al pròleg de les seves edicions, la tasca de recollida va comptar amb la col·laboració d'Antoni Penya, fill de l'erudit mallorquí Pere d'Alcantàra Penya (ORIOL, 1996).

Val a dir que el caràcter molt directe i concís, que tenen les rondalles recollides per l'Arxiduc, fa que les narracions se centren més en els fets relatats que en l'entorn on transcorre l'acció. D'aquesta manera resulta gairebé impossible destriar possibles connotacions geomorfològiques o naturalístiques, tal com han fet GÓMEZ-PUJOL & ROIG LÓPEZ (2019) en el seu recent estudi sobre l'aplec de rondalles de mossèn Alcover.

Pel que fa a la cronologia, el rondallari arxiducal va veure la llum el 1895, just un any abans que mossèn Alcover publicqués el primer tom del seu "*Aplech de Rundayes Mallorquines d'En Jordi des Recó*" (ALCOVER, 1896), publicació que tingué continuïtat fins al 1931, poc abans de la mort de l'autor. Malgrat això, cal reconèixer que Alcover havia començat ja en la dècada dels 1880 a recopilar i publicar algunes rondalles, encara que no es pot descartar que l'aparició del rondallari de l'Arxiduc fos el detonant del començament de la publicació sistemàtica de l'aplec d'Alcover (JASSO, 1982; ORIOL, 1996). A més de les edicions originals fetes per l'Arxiduc el 1895 i 1896, s'han imprès diferents versions de les seves rondalles tant en format facsímil com en català normalitzat, publicades totes elles al llarg del segle XX (ARXIDUC LLUÍS SALVADOR, edicions de 1951, 1982, 1996). Concretament, les presents pàgines s'han basat en l'edició relativament recent publicada per J.J. de Olañeta, el 1996.

Les cavitats subterrànies a les rondalles de l'Arxiduc

D'un total de 54 rondalles recopilades per l'Arxiduc, 16 d'elles (devers un 30%) contenen referències a cavitats subterrànies, ja sigui en forma d'al·lusions a coves en general o a cavitats concretes, de les quals s'aporten dades o topònims que poden permetre reconèixer-les. A la Taula 1 es relacionen les rondalles on apareixen cavitats subterrànies, indicant: el número d'ordre dins el recull arxiducal, el títol de la rondalla (segons la grafia normalitzada de la citada edició de 1996), la seva procedència segons l'Arxiduc, i la tipologia de cavitat que s'esmenta en cada rondalla.

Pel que fa a la terminologia emprada a les contarelles, el terme predominant és sens discussió el de **cova**, que és emprat en 14 de les rondalles considerades. Una altra rondalla (*“Es Pastor de Galatzó”*, nº 34) introdueix el terme **avenc**, donat que es parla de cavitats verticals on es poden llançar persones, mentre que altres dues contarelles utilitzen vocables menys espeleològics parlant d'un **forat** (*“S'homo que cercava es tresor de na Fàtima”*, nº 25), o d'un **penyal que s'obrirà** (*“S'encantament de na Fàtima”*, nº 26); en aquest darrer cas, l'expressió utilitzada pot al·ludir als cruïes o feses d'origen mecànic, existents en aquesta elevació de Puigpunyent.

Com ja hem comentat abans, la prosa de les narracions d'aquest recull és més aviat pobre, pel que fa a la descripció dels indrets on se situen els fets. D'aquesta manera, no és possible treure informacions de caire morfològic, llevat de la dicotomia bàsica entre coves horitzontals (les predominants) i els avencs de tendència vertical (Figura 2), del qual es mencionen dos a la mateixa rondalla (*“Es Pastor de Galatzó”*, nº 34).

Les descripcions de les cavitats solen ser molt concises o gairebé inexistentes. Una de les més extenses, per bé que ben fantàstica, la trobem a *“S'homo que cercava es tresor de na Fàtima”* (nº 25):

“... Quan trobaren sa porrassa, se posaren a cavar i an es poc temps de cavar, sa terra va fer com un uial, s'afonà i romangué un forat ... Quan varen esser dedins, trobaren un empedregat i una especi de referit però antic, veí, amb degotissos. Se feren un tros endins, més retgirats que un coní ... A un cert punt trobaren un gorg d'aigo negra, i se feren por ...”

Una altra descripció fantasiosa del tot està recollida a *“Es tresor de sa cova de Son Creus”* (nº 29), encara que en aquest ocasió és probable que no es tracti d'una cova i, en canvi, es faci referència a una de les nombroses mines artificials d'aquesta contrada del terme de Bunyola:

“... En entrar-hi, lo primer que trobarem, passat aquest esfondrat serà un frare ... Mos farem endins, i més endins trobarem una monja ... Mos farem més endins i trobarem un riu que se passa amb tres passadores, i llavò trobarem un altre frare que guarda sa moneda ...”

Finalment, a la rondalla titulada *“Es moros des castell de Santueri”* (nº 37), es diu que hi havia una cova a la base del castell que arribava fins a la mar, fet que permetia als moros l'aprovisionament de peix fresc. Malgrat no es tracti realment d'una descripció de la cavitat, resulta evident que la cultura popular relaciona fàcilment les coves amb l'existència de possibles sortides fins a la costa, encara que aquesta es trobi bastant llunyana. Un cas semblant es dona també a *“Es pastor de Galatzó”* (nº 34), on l'imaginari local estableix una connexió transitable entre un avenc i una cova així mateix llunyana.



Figura 2: La rondalla *“Es pastor de Galatzó”* inclou la menció a un avenc situat a s'Esquena dets Ases. A) Vista general de les elevacions calcàries situades cap al nord-oest de les cases de Galatzó (Calvià). B) Boca de l'avenc principal que s'obre a s'Esquena dets Ases. (Fotos: J. Ginés).
 Figure 2: The folk tale *“Es pastor de Galatzó”* includes the mention of a chasm located in the place named s'Esquena dets Ases. A) General view of the limestone hillsides stretching to the northwest of the farmhouse of Galatzó (Calvià). B) Entrance to the main pot-hole that opens at s'Esquena dets Ases. (Photos: J. Ginés).

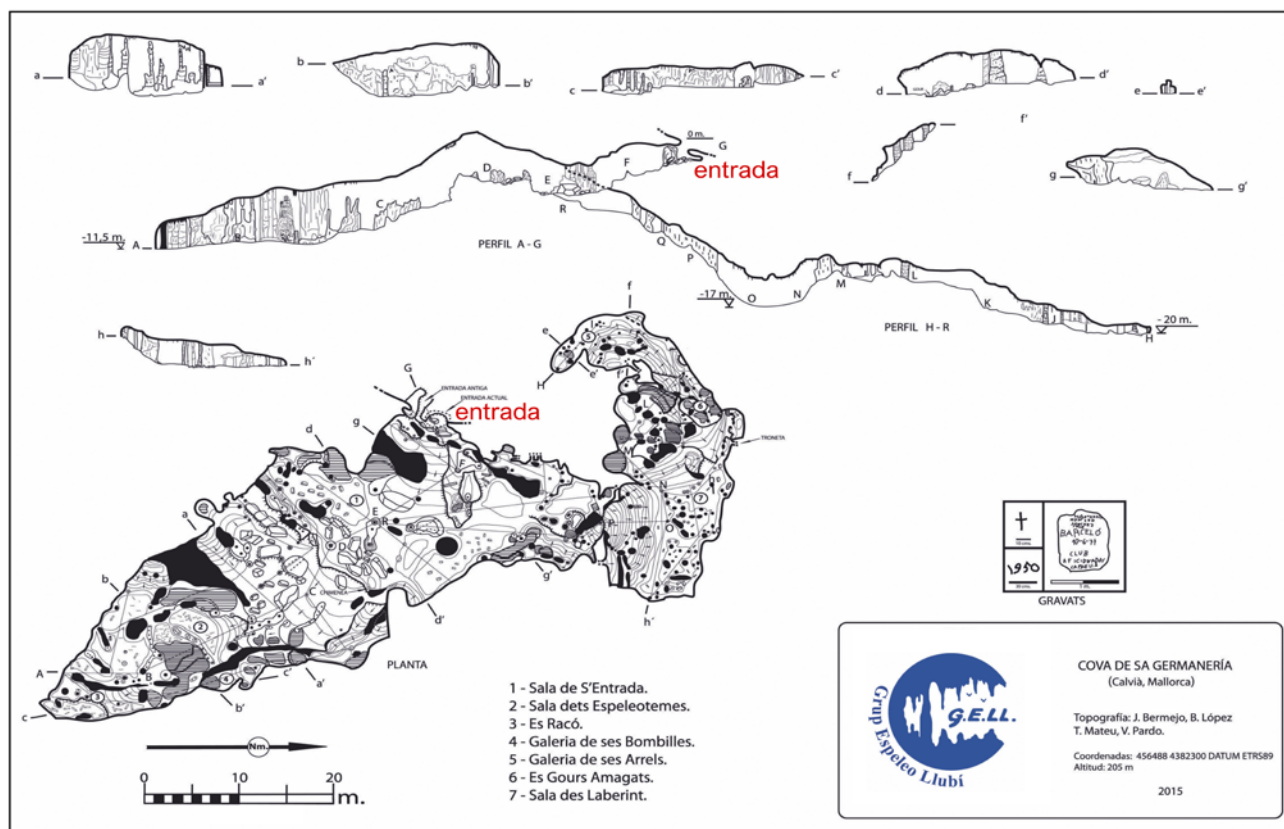


Figura 3: Topografia de la Cova de sa Germaneria (Calvià), la qual surt mencionada a la rondalla "Es dimonis boiets de Son Martí" amb el topònim de Cova d'ets Armaris, fent referència a la denominació d'un penya-segat de les rodalies. (Font: BERMEJO et al., 2015).
 Figure 3: Topographical survey of Cova de sa Germaneria (Calvià), which is mentioned in the folk tale "Es dimonis boiets de Son Martí" with the toponym of Cova d'ets Armaris, referring to the place name of a cliff in the vicinity. (Source: BERMEJO et al., 2015).

La temàtica de les rondalles

Les contarelles on se citen cavitats tenen unes temàtiques molt concretes (Taula 1) que es repeteixen en bastants dels casos. Algunes coves són citades, sense donar gaire detalls addicionals, com a: llocs que serveixen d'amagatall ("Es sac de mentides", nº 20); cavitat on es refugien lladres ("Es dotze lladres", nº 17); o cova d'on hi sortia por ("S'escolanet", nº 11).

Un altre grup consistiria en determinades coves amb propietats màgiques, com és el cas de "Sa Cadeneta" (nº 7), que tracta d'una cova amb un batiport que s'obri i es tanca, i d'on surten objectes amb propietats màgiques. Una variant d'aquesta temàtica estaria representada per la rondalla "Es dimonis boiets de Son Martí" (nº 21) en la qual es parla d'una cova on es refugiaven uns personatges màgics que donen títol a la rondalla (Figura 3).

Més importants quantitativament són les rondalles que mencionen la presència de tresors, normalment custodiats per personatges o animals màgics. En aquesta categoria entrarien: "S'homo que cercava es tresor de na Fàtima" (nº 25), "S'encantament de na Fàtima" (nº 26), "Es negret de sa Coma" (nº 28), "Es tresor de sa cova de Son Creus" (nº 29), i "Es tresor de ses cases d'Aufabi" (nº 30).

Un conjunt també nombrós de rondalles tracten d'episodis relacionats amb els "moros", en contextos factuais molt diferents. Així trobem relats de coves on es refugiaren els moros com a conseqüència de la conquesta cristiana ("Es moros des castell de Santueri", nº 37), llocs de refugi de cristians que fugien dels moros ("Es pastor des pou de ses Basses", nº 39), o episodis diversos lligats a les ràtzies dels pirates sarrains ("Es fet de sa torre de Canyamel", nº 41; "Es moro de dins sa cova", nº 43; "Es desembarc des moros", nº 47).

Finalment, atenent la singularitat de la seva temàtica, cal fer referència a la rondalla titulada "Es pastor de Galatzó" (nº 34), que ens parla de les malifetes del Comte Mal qui pretenia desfer-se d'un pastor díscol, de les seves terres, llançant-lo a un avenc de la contrada (Figura 2). De fet, aquest és l'únic relat del recull que ens ocupa en el qual es fa referència a cavitats de tendència vertical.

Topònims mencionats

Encara que la major part de les referències a cavitats subterrànies de l'illa estan fetes de mode del tot genèric, a les rondalles de l'Arxiduc s'aporten bastants topònims i altres dades geogràfiques que permeten identificar localitats concretes (Taula 2). En alguns casos, els topònims que es transcriuen a les rondalles no s'han pogut relacionar amb cap cova coneguda amb aquell nom en els ambients espeleològics, situació que es dona a la Cova Foradada localitzada aparentment a les terres artanenques (*“Es desembarc des moros”*, nº 47). En altres ocasions s'aporten topònims que apunten cap a indrets amb abundants cavitats conegudes, però sense poder reconèixer de quina cavitat concreta es tracta; això succeeix, per exemple, amb la Cova de Son Sabater (*“S'escolanet”*, nº 11), o la Cova Fonda (*“Es moros des castell de Santueri”*, nº 37) que podria correspondre a qualsevol de les cavitats ubicades a la base del castell de Santueri (Figura 4; HERNÁNDEZ-GASCH, 2009). Un cas semblant seria el de la Cova de Son Creus (*“Es tresor de sa cova de Son Creus”*, nº 29), que segurament fa referència a alguna de les nombroses boques de mina existents a la contrada, com és la mina Sant Mateu (MERINO, 1992), també coneguda com de Son Creus o s'Argentera (ENCINAS, 2014); en aquest sentit, a aquesta rondalla es diu: *“... Si hi volíeu venir amb jo, treuríem tot es vernis i tota*

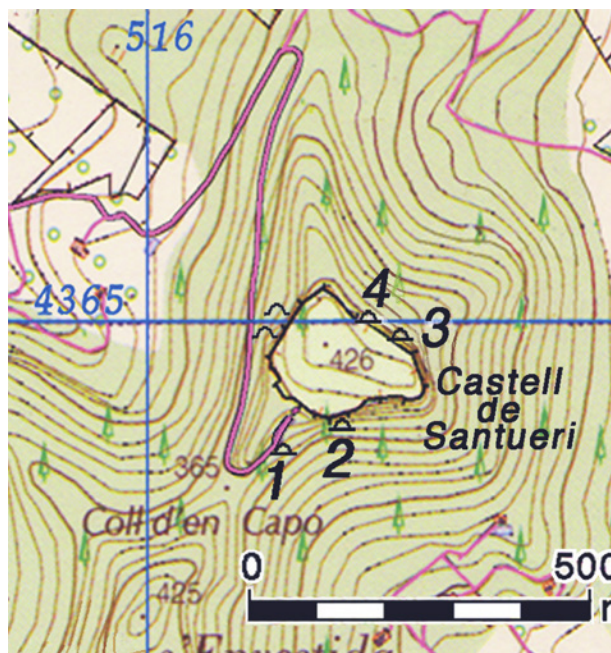


Figura 4: Mapa de situació de les coves situades a la base del castell de Santueri (Felanitx), on segons la rondalla es refugiaren els moros. 1: Cova Calenta, 2: Cova des Bous, 3: Cova des Drac, 4: Cova des Confessionari des Moros. (Font: HERNÁNDEZ-GASCH, 2009).
 Figure 4: Location map of the caves placed at the base of Santueri castle (Felanitx), where according to a folk fable the Moors took refuge. 1: Cova Calenta, 2: Cova des Bous, 3: Cova des Drac, 4: Cova des Confessionari des Moros. (Source: HERNÁNDEZ-GASCH, 2009).

TOPÒNIM	RONDALLA	NÚM.	MUNICIPI	COORDENADES UTM (31S -ETRS89)
Cova de Son Sabater <i>(alguna de les cavitats situades al Pujol de Son Sabater)</i>	S'escolanet	11	Sa Pobla	502030 – 4405465
Coves d'ets Armaris <i>(podria tractar-se de la Cova de sa Germaneria)</i>	Es dimonis boiets de Son Martí	21	Calvià	456490 – 4382300
Cova des Puig de na Fàtima	S'homo que cercava es tresor de na Fàtima S'encantament de na Fàtima	25 i 26	Puigpunyent	459300 – 4387520
Cova des Negret	Es negret de sa Coma	28	Sóller	476316 – 4400170
Cova de Son Creus <i>(segurament es refereix a alguna de les mines de la contrada)</i>	Es tresor de sa cova de Son Creus	29	Bunyola	–
Avenc de s'Esquena dets ASES <i>(cita també un avenc desconegut situat al Puig des Caragol)</i>	Es pastor de Galatzó	34	Calvià	453605 – 4385740
Cova Fonda <i>(alguna de les cavitats situades a la base del castell)</i>	Es moros des castell de Santueri	37	Felanitx	–
Cova de s'Ermita (Coves d'Artà) <i>(esmenta una Cova des Coloms, també situada al Cap Vermell)</i>	Es fet de sa torre de Canyamel	41	Capdepera	538700 – 4389675
Cova des Drac <i>(situada al Rafal des Porcs)</i>	Es moro de dins sa cova	43	Santanyí	508615 – 4350230
Cova Foradada	Es desembarc des moros	47	Artà	–

Taula 2: Topònims de cavitats subterrànies mencionades al recull de rondalles de l'Arxiduc Lluís Salvador.
 Table 2: Place names of the underground cavities that are referred in the folk tales from Archduke Ludwig Salvator Habsburg-Lothringen.

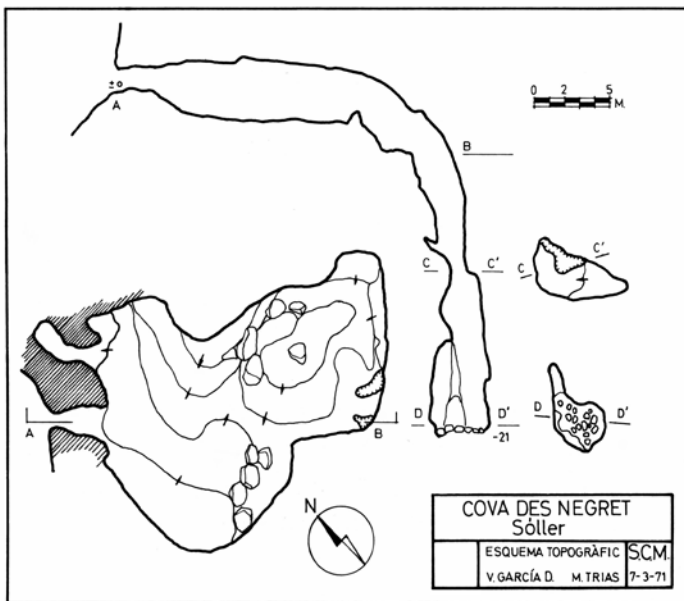


Figura 5: Topografia esquemàtica de la Cova des Negret (Sóller), on se situa l'acció de la rondalla "Es negret de sa Coma". (Font: TRIAS, 1995).
 Figure 5: Schematic topography of Cova des Negret (Sóller), where the action of the folk tale entitled "Es negret de sa Coma" is situated. (Source: TRIAS, 1995).

d'aquesta elevació del terme de Puigpunyent. De fet, en aquest pujol està documentada la Cova des Puig de na Fàtima (ENCINAS, 2014, 2020), malgrat que les dues topografies publicades –de dates i autors diferents: J. Soberats (1970) i J.A. Encinas (2016)– presenten unes diferències realment notables, les quals fan pensar que no es tracta de la mateixa cavitat. Aquesta contarella apareix també recollida al rondallari d'Alcover, tal i com assenyalen GÓMEZ-PUJOL & ROIG LÓPEZ (2019).

Pel que fa a la rondalla "Es negret de sa Coma" (nº 28), la seva acció es correspon amb un topònim espeleològic concret, com és la Cova des Negret, de Sóller (Figura 5), encara que l'Arxiduc no cita de fet cap cavitat subterrània en aquest relat. Per la seva banda, ALCOVER (1903) publicà una versió més extensa d'aquesta contarella, que situa els fets a una cova de la possessió de sa Coma. Cal precisar que al "Die Balearen" (volum 5) l'Arxiduc sí que parla explícitament de la Cova des Negret, al temps que s'explica la seva llegenda. Convé assenyalar que TRIAS (1995) es fa ressò de la possibilitat

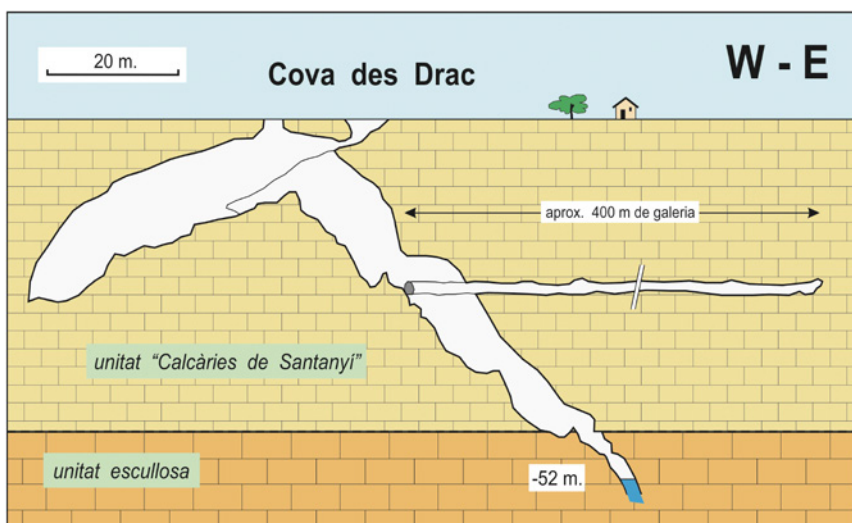


Figura 6: Perfil geològic esquemàtic de la Cova des Drac, situada al Rafal des Porcs (Santanyi), mencionada a la rondalla "Es moro de dins sa cova". (Font: FORNÓS et al., 2007).
 Figure 6: Simplified geological profile of Cova des Drac, located at Rafal des Porcs farm (Santanyi), that is mentioned in the folk tale "Es moro de dins sa cova". (Source: FORNÓS et al., 2007).

sa moneda que voldríeu ...", afegint-se una nota a peu de plana que explica que la paraula *vernis* es refereix a "Mineral que té plata, plom, etc."

A la rondalla titulada "Es dimonis boiets de Son Martí" (nº 21), l'acció se situa a les Coves d'ets Armaris on es refugiaven aquests personatges màgics. La citada caverna amb tota probabilitat es correspon amb la Cova de sa Germaneria (BERMEJO et al., 2015), que és la denominació actual d'una important cavitat molt propera a la finca de Son Martí i ben coneguda per la gent de la contrada (Figura 3). Val a dir que al volum 5 del "Die Balearen" (publicat el 1884) aquesta cavitat apareix amb el topònim de Cova de sa Germania, al·ludint a set germans que es perderen dins ella; així mateix, en la seva magna obra l'Arxiduc situa a prop de l'esmentada cova un penya-segat conegut com els Armaris, amb la qual cosa pareix evident que totes tres denominacions corresponen a la mateixa localitat.

Les dues contarelles que fan referència al Puig de na Fàtima ("S'homo que cercava es tresor de na Fàtima", nº 25; "S'encantament de na Fàtima", nº 26) descriuen, de manera molt ambigua i fantàstica, una cavitat subterrània situada al cim

que el topònim d'aquesta cova estigui relacionat amb el malnom (Negret) d'un bandejat que es refugiava a la cavitat, circumstància també recollida per l'Arxiduc al "Die Balearen".

La rondalla "Es pastor de Galatzó" (nº 34) esmenta un avenc situat a l'indret conegut com s'Esquena dets Ases (Figura 2), paratge on recentment s'han explorat i topografiat alguns avencs de boca ben vistosa (VALERO, 2020). L'acció de la rondalla parla també de la possible sortida per una cova situada a prop del Pou de ses Sínies, que podria correspondre amb l'espectacular entrada de la Cova d'en Batiat (AGUARELES et al., 2010; ENCINAS, 2014). La mateixa contarella esmenta la

presència d'un altre avenc al Puig des Caragol, també a la finca pública de Galatzó, que fins ara és desconegut. El paper d'aquests avencs en el relat és ben clar: poden servir per llançar una persona que fa nosa o resulta incòmoda.

Dins de les rondalles que tracten d'episodis relacionats amb els moros, destaca la titulada "*Es moro de dins sa cova*" (nº 43), que al·ludeix explícitament a la Cova des Drac, des Rafal des Porcs, al terme de Santanyí (Figura 6; FORNÓS et al., 2007). És interessant comentar que l'argument d'aquest relat és molt similar a la llegenda que dona nom a les Coves del Pirata, de Manacor (ESTELRICH, 1897). En ambdues coves –a les quals és possible l'aprovisionament d'aigua– el relat ens parla d'un moro que es refugia a la cavitat, en quedar-se a terra després d'una incursió sarraïna de pirateria; en els dos relats, el protagonista aconsegueix reunir-se amb companys seus i tornar a la seva terra.

Continuant amb els temes relacionats amb desembarcaments de moros a les costes mallorquines, la rondalla "*Es fet de sa torre de Canyamel*" (nº 41) ens descriu com la gent del lloc foragità els moros perseguint-los al llarg del Cap Vermell, passant per la Cova de s'Ermita (Figura 7), coneguda avui en dia com les Coves d'Artà. Aquest relat ens parla també d'una cavitat denominada Cova des Coloms –cavitat marina situada, segons el "*Die Balearen*", entre la Cova de s'Ermita i la platja de Canyamel– que ben bé podria ser la localitat que actualment es coneix com la Cova de l'Embarcador del Rei.

Per finalitzar aquest apartat, convé fer referència a una cova que apareix citada al relat titulat "*Es pastor des pou de ses Basses*" (nº 39), però que no hem inclòs en la Taula 2 per tractar-se probablement d'una cova i un topònim del tot ficticis: la Cova d'Escata-pa. L'acció d'aquesta rondalla se situa en terres andritxoles, i està també relacionada amb els episodis lligats a incursions dels moros.

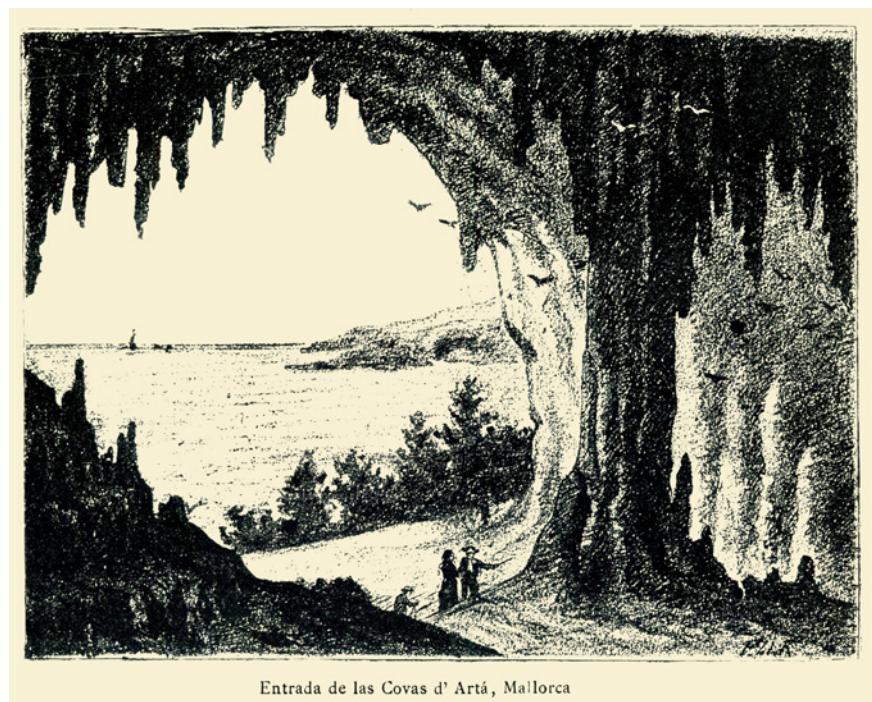


Figura 7: Vista de l'entrada de la Cova de s'Ermita (coneguda actualment com les Coves d'Artà), segons un gravat de finals del XIX publicat a TOBELLA (1882). Aquesta molt famosa cova apareix citada a la rondalla "*Es fet de sa torre de Canyamel*".
 Figure 7: View of the entrance to Cova de s'Ermita (currently known as Coves d'Artà), after an engraving from the end of 19th century published at TOBELLA (1882). This very famous cave is mentioned in the fable "*Es fet de sa torre de Canyamel*".

Consideracions finals

A més de la ingent tasca de l'Arxiduc centrada en el coneixement geogràfic de les nostres illes, amb la seva magna obra "*Die Balearen in Wort und Bild geschildert*" (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1869-1891), les seves contribucions a la cultura popular i la tradició de Mallorca mereixen també ser ressaltades. En aquest sentit, les "*Rundayes de Mallorca*" que publicà el 1895 són un bon exponent de la seva tasca com a folklorista.

El recull de rondalles fet per l'Arxiduc inclou fins a 16 contarelles on es fa al·lusió a cavitats subterrànies, aportant els topònims i dades geogràfiques que permeten identificar de manera unívoca algunes de les coves i avencs on té lloc l'acció dels relats.

La comparació amb el rondallari de mossèn Alcover és inevitable. Les principals diferències són quantitatives: només 54 rondalles integren l'aplec de l'Arxiduc, les quals són en general molt breus i concises. Des del punt de vista de l'estil, aquest recull es caracteritza per una prosa molt directa amb, aparentment, una escassa reelaboració literària posterior a la recollida oral de les contarelles; els aspectes descriptius del territori són en general minsos, sobretot si els comparem amb el recull alcoverià. Unes

poques rondalles estan presents als dos aplecs com són, per exemple, les que fan referència a "Es negret de sa Coma" i al tresor o encantament del "Puig de na Fàtima".

Quant als temes de les rondalles, predominen les referències a coves on tenen lloc episodis relacionats amb els "moros", així com al·lusions a coves on es poden trobar tresors, dotades sovint de propietats o comportaments màgics. Tan sols un relat menciona la presència de cavitats verticals, o avencs.

L'aspecte tal vegada més destacable de "Les Rondalles de Mallorca" de l'Arxiduc és la seva fidelitat a la tradició oral de l'illa i l'escassa recreació literària, deformadora del seu contingut i estil, que sol ser freqüent en els reculls sobre cultura popular de finals del segle XIX. Tal com assenyala ORIOL (1996), aquest aplec de rondalles constitueix una peça important dins la tradició folklòrica en llengua catalana.

Agraïments

Cal expressar la nostra gratitud al company de la Societat Espeleològica Balear (SEB) Antoni Rafel Valero, per les seves informacions sobre les activitats espeleològiques desenvolupades a la finca de Galatzó. Per altra banda, hem d'agrair també les facilitats donades per José Bermejo de cara a la reproducció de la seva topografia de la Cova de sa Germaneria. El present treball ha estat elaborat dins el marc del projecte d'investigació del MINECO, CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE). Els autors agraeixen les observacions i els suggeriments aportats per Lluís Gómez-Pujol, Juanjo Enseñat i Joan J. Fornós.

Bibliografia

- AGUARELES, A.; CALVO, M.; CÓZAR, E.; LÓPEZ, M.F.; POU, S. & SALOM, J.C. (2010): *Guia de la finca pública Galatzó*. Conselleria de Medi Ambient i Mobilitat, Govern de les Illes Balears. Ajuntament de Calvià. 225 pàgs. Palma.
- ALCOVER, A.M. (1896): *Aplech de Rondalles Mallorquines d'En Jordi des Racó*. Tom I. Tipografia Catòlica de Sanjuan, Germans. Palma.
- ALCOVER, A.M. (1903): Folk-Lore Balear. Tradicions populars mallorquines. *Boletín de la Sociedad Arqueológica Luliana*, 10 (278-279): 65-71. Palma.
- ALCOVER, A.M. (1936-1972): *Aplec de Rondalles Mallorquines d'En Jordi des Racó*. Editorial Moll, 24 volums. Palma.
- ARXIDUC LLUÍS SALVADOR (edició de 1951): Rondalles de Mallorca. In: DOLÇ, M. (ed.) *Obres completes [en català]*. Editorial Selecta. Col. Biblioteca Selecta, 88: 149-271. Barcelona.
- ARXIDUC LLUÍS SALVADOR (edició facsímil de 1982): *Rondalles de Mallorca*. José J. de Olañeta, Editor. Arxiu de Tradicions Populars, 16. 284 pàgs. Sa Pobla, Mallorca.
- ARXIDUC LLUÍS SALVADOR (edició de 1996): *Rondalles de Mallorca*. J.J. de Olañeta, Editor. Col. El Pou de la Lluna, 8. 106 pàgs. Palma.
- BERMEJO, J.; LÓPEZ, B.; MATEU, T.; PARDO, J.V. & DEYÀ, J. (2015): Cova de sa Germaneria (Calvià, Mallorca). *Gota a Gota*, 7: 28-36. Villacarrillo, Jaén.
- ENCINAS, J.A. (2014): *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor. 1355 pàgs. Pollença, Mallorca.
- ENCINAS, J.A. (2020): *Actualizaciones en curso, año 2020 del Corpus Cavernario Mayoricense*. 199 pàgs. Pollença. Edició online: <http://ccmallorca.net/>
- 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*. Tipo-Lit. de Amengual y Montaner. 23 pàgs. Palma.
- FORNÓS, J.J.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; RIQUELME, J. & ROSSELLÓ, V.M. (2007): Descripció geomòrfica des Màrmols fins as Balç (Santanyi): un segment modèlic del litoral marinenc a Mallorca. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfología litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 259-286. Palma.
- GINÉS, A. (2018): Ludwig Salvator, promotor y divulgador de las ciencias naturales de las Baleares, desde la perspectiva de su tiempo. In: GREGOROVICHOVÁ, E. (ed.) *Ludvik Salvátor Toskánský, Vědec a Cestovatel, V Roce 170. Výročí Narodení*. Národní Archiv. 153-161, 380-382. Praga.
- GINÉS, J.; FIOL, M. & GINÉS, A. (2006): Els avencs i el cançoner popular de Mallorca: algunes aportacions inèdites. *Endins*, 30: 83-86. Palma.
- GÓMEZ-PUJOL, L. & ROIG LÓPEZ, M. (2019): Els fenòmens càrstics a les Rondalles Mallorquines d'en Jordi des Racó: notes de geomorfologia, lingüística i etnografia. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 2: 37-54. Palma.

- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1869-1891): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Brockhaus. 7 vols. Leipzig.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1895a): *Rondayes de Mallorca*. Verlag der Kais. U. Kgl. Hofbuchhandlung von Leo Woerl. IV + 230 pàgs. Würzburg.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1895b): *Märchen aus Mallorca*. Verlag der Kais. U. Kgl. Hofbuchhandlung von Leo Woerl. XXIV + 275 pàgs. Würzburg i Leipzig.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1896): *Märchen aus Mallorca. Gesammelt von Erzherzog Ludwig Salvator*. Verlag der Kais. U. Kgl. Hofbuchhandlung von Leo Woerl. XXIV + 271 pàgs. Würzburg i Leipzig.
- HERNÁNDEZ-GASCH, J. (2009): Les coves de la cinglera del Castell de Santueri (Felanitx, Mallorca): els materials del fons Colominas del Museu d'Arqueologia de Catalunya. *Endins*, 33: 19-34. Palma.
- JASSO, V. (1982): Pròleg. In: *Arxiduc Lluís Salvador, Rondayes de Mallorca*. José J. de Olañeta, Editor. Arxiu de Tradicions Populars, 16: 5-16. Sa Pobla, Mallorca.
- MERINO, A. (1992): Aportación al conocimiento de la mina «San Mateo» (Bunyola, Mallorca). *Endins*, 17-18: 89-95. Palma.
- ORIOL, C. (1996): Les «Rondaies de Mallorca» de l'Arxiduc Lluís Salvador: oralitat i gènere dels relats. In: MASSOT, J. (coord.) *Estudis de Llengua i Literatura Catalanes / XXXII. Miscel·lània Germà Colón*. Vol. 5. Publicacions de l'Abadia de Montserrat. 77-89. Barcelona.
- RULLAN, O. (2016): El archiduque Luis Salvador Habsburgo-Lorena (1847–1915), geógrafo. In: VERA, J.F.; OLCINA, J. & HERNÁNDEZ, M. (eds.) *Paisaje, cultura territorial y vivencia de la Geografía. Libro homenaje al profesor Alfredo Morales Gil*. Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía. 895-920. Alacant.
- TOBELLÀ, F.X. (1882): XII. Excursió á Palma, Covas de Artá i de Manacor (Mallorca). 25 de Juny á 4 de Juliol de 1880. *Anuari de la Associació d'Excursions Catalana. Any primer 1881*. Tipografia de Jaume Jepús. 287-312. Barcelona.
- TRIAS, M. (1995): Arqueologia de les cavernes de Mallorca / Archaeology of the caverns of 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: 171-190. Palma.
- VALERO, A.R. (2020): Els Avencs de s'Esquena dets Ases (Galatzó, Calvià). *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 47-54. Palma.
- VALRIU, C. (2017): El folklore en las Baleares, una aproximación histórica. *Boletín de Literatura Oral*. Departamento de Filología Española, Universidad de Jaén. Vol. Extr. nº 1: 541-558. Jaén.



Aquest article es distribueix sota els termes de la llicència CC-BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Les cavitats litorals de sa Punta –Portocolom– (Felanitx, Mallorca), 1^a part. Descripció, topografia i aspectes geomorfològics

Gabriel SANTANDREU ¹, Juan J. ENSEÑAT ¹ i Bernat GAVIÑO ¹

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: bielsant@yahoo.es

Abstract

We present the study of 15 cavities located on the coastal strip of Portocolom, municipality of Felanitx, in the east of Mallorca. The description and the topographical survey of these caves are presented paying attention to their geological, lithological and structural aspects together with a great number of other geomorphological considerations. The importance of the marine erosion and weathering are highlighted, as is typical in the littoral dynamics clearly involved within the development of these kind of caves.

Resumen

Se presenta el estudio de 15 cavidades localizadas en la franja costera de Portocolom, municipio de Felanitx, en el Levante de la isla de Mallorca. El estudio se ocupa de la descripción y representación topográfica de dichas cavidades además de prestar atención a los aspectos geológicos, litológicos y estructurales así como a otras numerosas cuestiones geomorfológicas. Se constata la importancia de los procesos de meteorización y abrasión marina propios de la dinámica litoral que se han demostrado esenciales en el desarrollo de las cavidades estudiadas.

Santandreu, G.; Enseñat, J.J. i Gaviño, B. (2020): Les cavitats litorals de sa Punta –Portocolom– (Felanitx, Mallorca), 1^a part. Descripció, topografia i aspectes geomorfològics. *Papers Soc. Espeleo. Balear*, 3: 93-113. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear. **Rebut:** 26 novembre 2020; **Revisat:** 2 desembre 2020; **Acceptat:** 4 desembre 2020. **Publicat online:** 14 desembre 2020.

Introducció

A l'extens litoral de l'Illa de Mallorca s'hi concentren gran quantitat i diversitat de cavitats que, per la seva proximitat a la línia de costa presenten un tret definitori que les caracteritzen respecte d'altres tipologies subterrànies. En funció de la classificació morfogenètica lligada a l'àmbit càrstic proposada per GINÉS & GINÉS (2011), a la franja costanera bàsicament s'hi poden trobar tres tipologies de cavitats, destacant les coves de la zona de mescla costanera i les captures càrstico-marines. No obstant, existeixen altres categories amb una important representació, com les anomenades coves d'abrasió marina, allunyades dels processos càrstics i íntimament lligades als processos de la dinàmica litoral (GINÉS, 2000).

Són destacables els estudis de caire general centrats als diferents aspectes de la geomorfologia litoral de Mallorca (BUTZER, 1962; ROSSELLÓ-VERGER, 1964, 1975; CUERDA, 1975; CUERDA & SACARÉS, 1992) com a base indispensable pel seu coneixement. Tot i això, en els darrers anys, altres autors han anat incidint en aspectes més concrets de les formes costaneres, on les diferents tipologies de cavitats litorals en tenen una presència cada vegada major. En destaquen els treballs pioners de GRÀCIA et al. (1997, 1998) localitzats a aquestes mateixes costes felanitxeres o els diferents estudis que han tingut continuïtat a altres sectors costaners de Manacor (GRÀCIA et al., 2000; VICENS et al., 2001), Alcúdia (VICENS et al., 2003, 2006) o Lluçmajor (GINARD et al., 2008, 2014, 2018). És dins aquesta línia on s'ha d'incloure el present treball.

En conseqüència l'objectiu principal del text se centra en l'apartat descriptiu i topogràfic d'un conjunt de 15 cavitats ubicades al litoral de Portocolom (Felanitx - Mallorca). A més no es descuida

el tractament dels trets morfogènics en relació als processos que hagin pogut intervenir a definir-les. Ha de servir aquesta aportació per ampliar el coneixement disponible fins aleshores al respecte, que segons estimació de VICENS et al. (2017) no supera un 5% de cavitats litorals estudiades pel que fa a les considerades d'abrasió marina.

Situació, apunts generals i geogràfics de la zona d'estudi

La zona d'estudi se situa a la franja litoral del municipi de Felanitx, al Llevant de l'Illa de Mallorca. Donada l'extensió d'aquesta zona costanera i la concentració de cavitats que presenta, a efectes pràctics s'ha optat per diferenciar diversos sectors definits en funció de clares fites geogràfiques que, de manera correlativa, procuren mantenir la coherència geogràfica.

En conseqüència, el tram que dona inici a aquest treball, s'emmarca a l'indret conegut com sa Punta, extens promontori geogràfic que a manera de península orientada de S a N, tanca el coster de Llevant del Port de Felanitx configurant el seu caràcter de refugi natural. La zona es pot delimitar entre el Racó de sa Pedrera al nord i l'indret conegut com es Raconàs, al sud, molt a prop de la Punta de ses Crestes on s'aixeca el far de Portocolom. És l'excepció la cova de sa Tanca de sa Torre que es troba aïllada molt més al nord de la zona estudiada, propera al paratge conegut com ses Païsses i la no menys coneguda cala de s'Algar (Figura 1). En aquest tram de costa ja es troben documentades (GRÀCIA et al., 1997) diverses cavitats tant subaquàtiques com terrestres. Entre les darreres destaquen la cova de ses Païsses, la cova des Gànguill o l'emblemàtica cova Gran.

Es tracta d'un tram litoral orientat de S a N, disposició que situa la part frontal de la línia de costa mirant cap a Llevant. La longitud aproximada del sector és d'uns 1.200 m tot i que bona part de les coves es concentren en una àrea que es redueix a uns 600 m cap a l'extrem meridional. Aquest segment litoral està format per penya-segats d'alçada entre els 10-30 m que presenten una continuïtat lineal gairebé uniforme amb absència de cales, ni incisions de torrenteres o accident geogràfic a gran escala destacable. Les intervencions antròpiques es manifesten en aquesta àrea sobretot amb la presència de nuclis urbanitzats que cobreixen les parts superiors dels penya-segats, sense arribar a alterar ni modificar de forma significativa aquests.

És igualment necessari precisar quin serà el terreny d'estudi que baix el concepte de línia de costa, presenta una diversitat de vessants a considerar. De manera molt àmplia es defineix per l'àmbit on es relacionen terra, mar i capa atmosfèrica juntament amb les seves dinàmiques associades, però s'ha de precisar que en aquest treball s'ha optat per una consideració més acotada proposada per GINÉS (2000). D'acord amb aquesta, s'entendrà com l'àrea d'influència aquella marcada per la presència o l'acció de la mar més enllà de les zones intermareal i supramareal. Zona on tenen cabuda els penya-segats, les plataformes costaneres i les terrasses elevades fruit de l'erosió litoral.

Aspectes litològics i estructurals

Les costes del litoral de Felanitx en general i la zona de Portocolom en particular, es poden caracteritzar en funció del seu perfil característic, que consisteix en trams de costa formats per penya-segats rocosos de perfil marcadament vertical (BALAGUER, 2007). Són també destacables els trams igualment verticals però associats a la seva base a una rasa d'abrasió heretada, que amb diverses amplades i longituds, es desenvolupa de manera gairebé horitzontal (Figura 2). Aquesta circumstància confereix a alguns indrets un aspecte escalonat als penya-segats sovint condicionat per les discontinuïtats litològiques i que es pot considerar el testimoni de la successió dels canvis dels nivells del mar associats als diferents episodis de glaciacions del quaternari (CUERDA, 1975). Igualment s'hi poden apreciar les marcades empremtes geomorfològiques d'aquestes variacions (GRÀCIA et al., 2001). És aquest el perfil característic del sector, des de la tenassa de sa cova Gran fins a l'indret de ses Covetes, a prop de la Punta de ses Crestes. No obstant, al nord del Racó de sa Pedrera, es troben majoritàriament penyals verticals que cauen a plom dins la mar. Tot i això, a la zona de la cova de sa Tanca de sa Torre, s'hi localitza de nou la presència d'una plataforma relictada.

Els materials rocosos que conformen aquesta àrea litoral corresponen a una seqüència estratigràfica que pertany al miocè superior post-orogènic (GRÀCIA et al., 2001; ROSSELLÓ-VERGER et al., 2007) unitat lito-estructural que compren gairebé un 18,8% de la costa rocosa de Mallorca

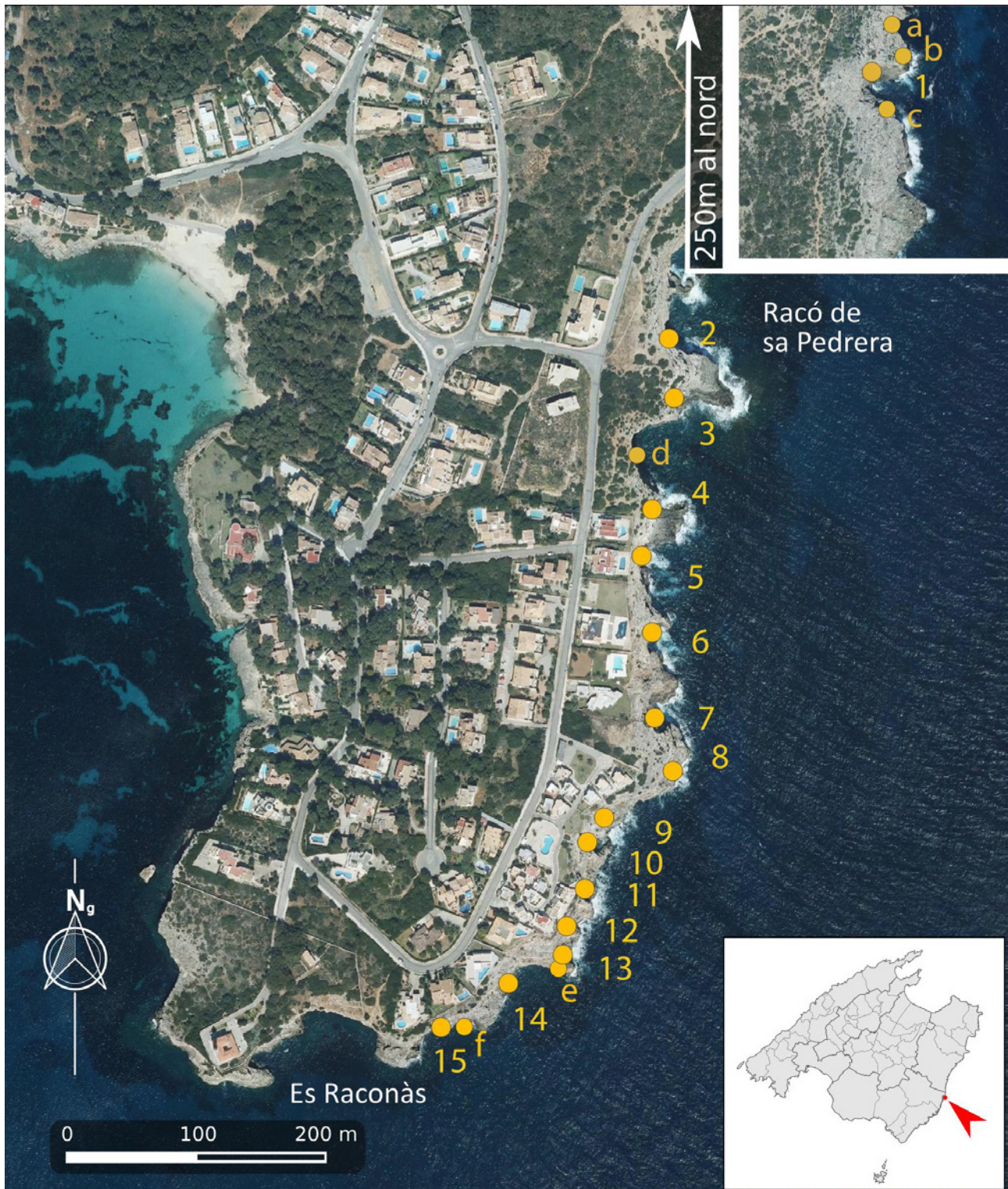


Figura 1: Mapa de la zona d'estudi i localització de les cavitats. 1) Cova de sa Tanca de sa Torre. 2) Cova des Racó de sa Pedrera. 3) Cova de sa Tenassa de sa Cova Gran. 4) Cova des Blanc. 5) Cova de s'Entrador d'en Rafel. 6) Cova de sa Pesquera de sa Roca. 7) Cova Gran de ses Falgueres. 8) Cova de sa Punta de sa Mateta. 9) Cova de s'Entrador de sa Sal. 10) Cova de sa Cassola. 11) Cova de s'Alatxa. 12) Cova des Mussolet. 13) Cova des Bufador de sa Punta. 14) Cova des Gorg. 15) Ses Covetes. (Font: Base topogràfica SEB sobre imatges ortofotogràfiques IDEIB). Les indicades en lletres minúscules corresponen a cavitats estudiades per GRÀCIA et al (1997): a) Cova de ses Païsses -a- o Cova des Bufador. b) Cova des ses Païsses -b-. c) Cova de s'Amagat. d) Cova Gran. e) Coves de la Seu. f) Cova des Pardals de Moro.

Figure 1: Location of cavities in the study area. 1) Cova de sa Tanca de sa Torre. 2) Cova des Racó de sa Pedrera. 3) Cova de sa Tenassa de sa Cova Gran. 4) Cova des Blanc. 5) Cova de s'Entrador d'en Rafel. 6) Cova de sa Pesquera de sa Roca. 7) Cova Gran de ses Falgueres. 8) Cova de sa Punta de sa Mateta. 9) Cova de s'Entrador de sa Sal. 10) Cova de sa Cassola. 11) Cova de s'Alatxa. 12) Cova des Mussolet. 13) Cova des Bufador de sa Punta. 14) Cova des Gorg. 15) Ses Covetes. (Source: SEB topographic data over IDEIB orthophotographic images). Those indicated in lower case letters correspond to cavities studied by GRÀCIA et al. (1997): a) Cova de ses Païsses -a- o Cova des Bufador. b) Cova des ses Païsses -b-. c) Cova de s'Amagat. d) Cova Gran. e) Coves de la Seu. f) Cova des Pardals de Moro.



Figura 2: Exemple de plataforma d'abrasió relict i coves d'abrasió marina a la zona d'estudi (Foto: G. Santandreu).
Figure 2: Example of a relict marine erosion platform with perched sea caves in the study area (Photo: G. Santandreu).

(GÓMEZ-PUJOL et al., 2007). Convé tenir en compte uns condicionants de base pel que fa a la litologia i estructura de la zona, íntimament lligats als processos geomòrfics resultants. Aquests materials estan formats per facies de plataforma carbonatada (GINÉS, et al., 2011) presentant dipòsits que alternen diverses unitats sedimentològiques que comprenen calcarenites i calcisiltites, calcàries esculloses massives i calcàries oolítiques (FORNÓS & GELABERT, 2011). D'aquesta manera i de forma esquemàtica es poden definir diverses unitats que n'integren el conjunt. A la base se situa la Unitat o Complex de Esculls, (POMAR et al., 1983) formada per calcàries bioclàstiques amb coralls que segons el seu subambient deposicional es poden desenvolupar formant un front escullós o mostrant taques de coralls dins de la zona de llacuna. Aquests coralls presenten una marcada porositat i mineralogia aragonítica que propicia una dissolució preferent (ROSSELLÓ-VERGER et al., 2007). Per damunt aquesta, se situa l'anomenat Complex Terminal o Calcàries de Santanyí (FORNÓS & POMAR, 1983), amb diversos subnivells que es mostren ben estratificats, destacant-ne el Complex de Manglar (FORNÓS & POMAR, 1982) de sols hidromorfes o les calcàries oolítiques amb nivells d'estromatòlits.

L'estructura i fracturació del rocam és un element que no es pot obviar, ja que en ocasions pot tenir una importància de primer ordre en el desenvolupament dels fenòmens associats a la morfologia costanera. En aquest tram de plataforma miocènica carbonatada, els sistemes de fractures a gran escala es mostren alineats amb una clara tendència N-S (ROBLEDO, 2005).

S'ha de constatar per últim, l'abundància d'estructures de deformació resultat de fenòmens de subsidència vinculada a paleocarst (FORNÓS et al., 1995; FORNÓS, 1999; ROBLEDO, 2005; GINÉS et al., 2011). Fenòmens relativament comuns a la costa del Migjorn i Llevant mallorquí, amb exemples destacats al litoral felanitxer. Aquestes estructures de col·lapse paleocàrstic juguen un important paper al mesomodelat litoral (ROSSELLÓ-VERGER et al., 2007), a més de tenir una gran incidència en la formació de coves marines.

Les implicacions geomorfològiques: les coves d'abració marina

La dinàmica litoral està associada a un seguit de processos d'erosió, transport o acumulació en els que intervenen diversos agents de caràcter mecànic, químic o biològic (SERVERA, 2004). Aquests interactuen de forma desigual al llarg de la línia de costa, i a banda de la natura dels mateixos, lliguen la seva eficàcia a la litologia i estructura dels materials on actuen. Aquests mecanismes, de manera continua i persistent en el temps, són els responsables de perfilar en gran mesura els trets morfològics de l'àrea litoral. No obstant això, s'han de tenir en compte també aquells que es produeixen en forma d'episodis discontinus i excepcionals (BALAGUER & FORNÓS, 2003) els quals en ocasions poden deixar una marcada empremta al modelat litoral, modificant o alterant de forma sobtada els elements costaners.

Sense obviar el paper de la resta d'agents, els processos mecànics que inclouen la dinàmica de les aigües marines, així com l'acció del vent i de la gravetat, destaquen per la seva incidència geomorfològica. Entre la varietat de morfologies que propicien en destaquen les coves litorals vinculades a l'abració on l'energia de l'impacte de les ones, el moviment dels materials arrabassats (blocs, pedres, arenes) a més de la contribució de l'acció d'organismes perforadors i brostejadors (GRÀCIA & VICENS, 1998; GRÀCIA et al., 2001) en són els principals agents genètics i geomorfològics. Condicionants que les allunyen de la gènesi càrstica, tot i que no es pot descartar la interferència en determinats episodis geològics de la seva història. En conseqüència, es pot parlar de morfologies resultants d'una erosió activa quan se situen a l'actual nivell marí, o bé inactives quan es troben a cotes inferiors o superiors, evidenciant antics nivells marins.

Les coves estudiades al present treball corresponen a aquesta tipologia de cavitats d'abració marina. El coneixement sobre aquestes a més de les seves característiques i trets definitoris han estat tractats de forma extensa per diversos autors (GRÀCIA & VICENS, 1998; GINÉS, 2000, GRÀCIA et al., 2001; VICENS et al., 2011). Associades a elles es podran observar altres elements com bufadors, arcs d'abració, túnels, marmites de gegant o entalladures que igualment es poden documentar a la zona d'estudi.

Per últim és obligat fer referència a un micromodelat a menor escala, que a aquestes costes carbonatades assoleix la màxima expressió baix el terme de Karren litoral (GÓMEZ-PUJOL, 2006; GÓMEZ-PUJOL et al., 2001, 2011). Són els processos de dissolució, en bona part bioinduïda, els responsables de l'existència d'un ampli ventall de formes d'alteració d'ordre mil·limètric o mètric que afecten al rocam costaner. A la zona existeix un ample repertori de morfologies: cocons, alvèols, esquerdes o pinacles.

Metodologia

En base a l'objectiu de documentar les cavitats litorals localitzades a la zona establerta, s'han fet servir diverses tècniques de prospecció i exploració en funció de les característiques de cada cavitat en qüestió. Sens dubte l'entorn costaner amb les seves característiques pròpies ha condicionat aquesta tasca. El fet que la majoria de les cavitats es localitzin a plataformes rocoses d'accés terrestre més o manco assequible, no ha requerit d'especials mesures llevat dels casos on la superació de passatges compromesos o exposats, ha fet necessari i recomanable l'ús de tècniques bàsiques de seguretat en forma de passamans o, molt puntualment, tècniques de progressió per corda pròpies de l'espeleologia vertical.

No obstant això, algunes cavitats estan localitzades a l'actual nivell marí o bé condicionades per accessos marítims. Aquesta circumstància ha determinat l'accés aquàtic que s'ha fet nedant bordejant la costa en la majoria d'ocasions, la qual cosa ha implicat un mètode prospectiu i exploratori menys improvisat. En aquests casos ha estat premissa inherent a l'exploració, l'avaluació responsable de les condicions climatològiques, parant especial esment a l'estat de la mar en els llocs concrets a explorar, tenint molt present els factors d'inestabilitat en previsió que poguessin esdevenir en situacions de risc (previsions de vent i onatge, correnties, presència de grumers o alertes).

Tot i que la majoria d'activitats de camp han estat dutes a terme en època estival, per aquests accessos aquàtics, no s'ha descuidat la indumentària ni l'equipament. S'ha fet servir vestimenta de neoprè per tal de d'evitar el fred després d'estades prolongades dins l'aigua o de treballar humits dins les cavitats, mentre que el transport de material s'ha realitzat amb bidons estancs. La prospecció dels àmbits marins o negats de les cavitats s'ha dut a terme amb tècniques bàsiques de pulmó lliure amb ulleres i tub de busseig, a més de boia de senyalització. En cap cas s'ha superat cap tram sifonat o sotaiguat ni s'han fet servir tècniques d'espeleobusseig.

Les planimetries de les cavitats s'han realitzat emprant la tècnica pròpia de l'espeleologia terrestre (Figura 3), amb representacions a escala de planta i seccions damunt paper mil·limetrat o fulls de paper sintètic resistents a l'aigua. L'ús del quadern de busseig s'ha demostrat molt útil per anotacions. El material topogràfic usat ha estat un *Tandem* de brúixola i clinòmetre Suunto, una brúixola Suunto KB-20 (precisió de 0,5°) i aparells de mesura Làser Disto Leica X310 complementat amb un mesurador làser Lomvum LV 66 U. Les mesures de profunditat s'han realitzat amb una cinta mètrica de 20 m de material plàstic, llastra-da a l'extrem. Per al muntatge final de les topografies s'ha fet servir software lliure d'edició vectorial.

Pel que fa a la toponímia de la zona en general i de les coves en particular, ens hem basat en gran mesura en els valuosos treballs recopilatoris d'AGUILÓ (1980, 1991). Malgrat tot, pel que fa a determinats buits toponímics, s'ha optat per assignar neotopònims (ex. Cova Gran de ses Falgueres, cova de s'Alatxa, cova des Mussolet o cova des Gorg) tenint en consideració els aspectes geogràfics, naturalístics o singulars de la cova o zona en qüestió.

Descripció de les cavitats

Cova ST II - de sa Tanca de sa Torre

(UTM-ETRS89 31S: 523802 4363949)

La cavitat es localitza a una antiga plataforma d'erosió ocupada per nombrosos cocons i marmites, caracteritzats per formes arrodonides i contorns treballats per l'onatge i l'erosió. Aquesta plataforma es situa a 2,30 m sobre el nivell de la mar.

És la cavitat situada més al nord del conjunt estudiat. Està excavada a les calcàries del miocè superior i bàsicament es tracta d'un gran coval d'abrasió marina d'uns 15 m d'obertura i una alçada màxima d'uns 20 m. S'endinsa una quinzena de metres, formant un colze a l'extrem que dona lloc a una galeria rectilínia orientada a 235° d'uns 11 m de recorregut (Figura 4).

La cova gairebé enllaça cap el NE amb un arc d'abrasió parcialment excavat en una duna pleistocènica (VICENS & GRÀCIA, 1998). A l'indret s'hi localitza un dipòsit d'arenes de gra gruixat i caràcter bioclàstic que formen un ric jaciment de fauna fòssil marina del neotirrenià que es coneix com a ST II –sa Tanca de sa Torre- (CUERDA et al., 1989-1990; VICENS et al., 2012). En un racó arcerat s'hi poden observar exemplars de falzia (*Adiantum capillus-veneris* L.), però en destaca una petita comunitat d'enciam de senyor (*Samolus valerandi* L.), de la família de les *primulaceae* (Det. V. PLA), únic conjunt observat a totes les cavitats estudiades.

Cova des Racó de sa Pedrera

(UTM-ETRS89 31S: 523648 4363310)

Es localitza a un indret de difícil accés on la costa forma una raconada compresa entre dues puntes rocoses que es perllonguen sotaiguades formant sendes tenasses: sa Pedrera cap al N i la Tenassa de sa cova Gran cap al S (AGUILÓ, 1991). A la primera hi destaca una gran duna fòssil adossada que s'enfila per les parets del penya-segat, i que es presenta intensament explotada com a pedrera de marès. A més a l'indret, s'hi localitza la coneguda cova del Dimoni o de sa Pedrera (GRÀCIA et al., 1997).

Es tracta d'un gran coval que s'obri a l'actual nivell marí amb les aigües inundant la meitat inferior de la cova. Presenta un considerable voladís que arriba a una alçada màxima de 21 m amb una amplada de la boca d'uns 30 m que delimita a l'extrem N amb l'esmentada cova del Dimoni. A uns 4 m s.n.m. presenta un replà d'amplada variable on a la part central s'hi obri una galeria que s'endinsa una quinzena de metres en direcció 240° (Figura 5). Tot i que s'obri a l'actual nivell marí i per tant es pot considerar una cova d'abrasió activa, la presència d'aquesta mènula podria evidenciar un episodi morfològic diferent associat a un antic nivell marí. Al marge d'aquest fet, s'hi poden localitzar a aquest replà restes d'una duna fòssil (Figura 6). Aquesta es troba molt erosionada a la part exposada a la mar,



Figura 3: Feines topogràfiques a la zona des Bufador de sa Punta (Foto: G. Santandreu).

Figure 3: Topographic surveying tasks close to Bufador de sa Punta (Photo: G. Santandreu).

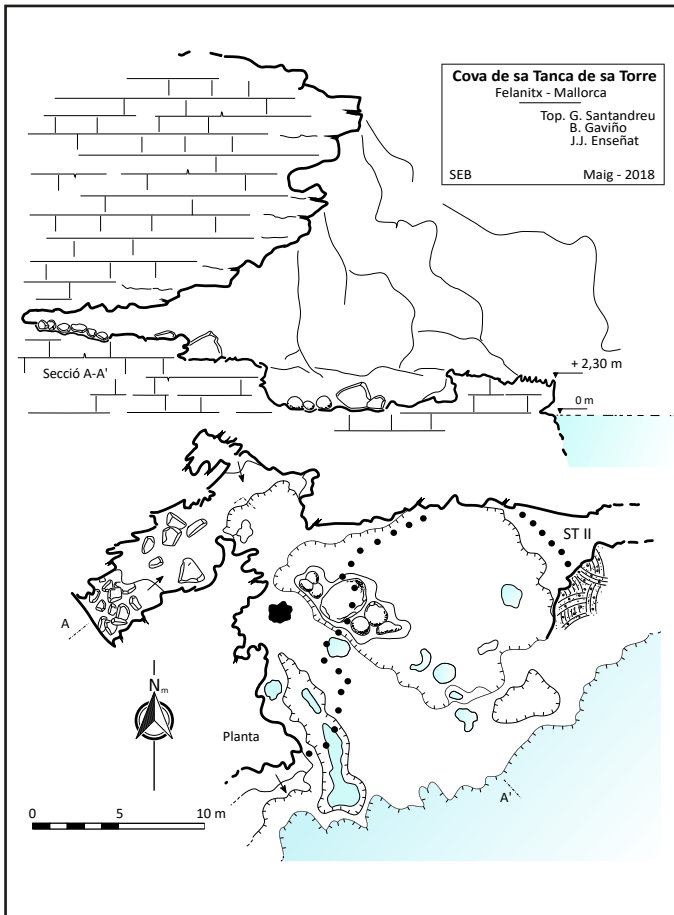


Figura 4: Topografia de la cova de sa Tanca de sa Torre (Felanitx).
Figure 4: Topographic survey of the Cova de sa Tanca de sa Torre (Felanitx).

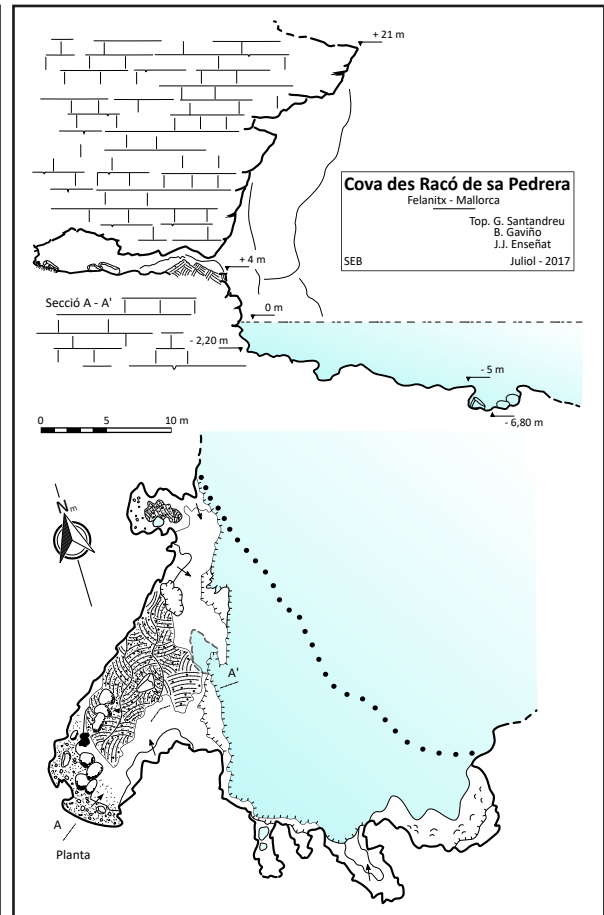


Figura 5: Topografia de la cova des Racó de sa Pedrera (Felanitx).
Figure 5: Topographic survey of the Cova des Racó de sa Pedrera (Felanitx).



Figura 6: Restes d'una duna fòssil pleistocènica que envaeix la part frontal de la galeria superior de la cova des Racó de sa Pedrera (Foto: G. Santandreu).
Figure 6: Remains of a Pleistocene fossil dune invading the front of an upper gallery at Cova des Racó de sa Pedrera (Photo: G. Santandreu).

mentre que el coster oposat s'endinsa en suau pendent reblint bona part de la galeria esmentada conservant la forma cònica, característica d'aquests rebliments (GRÀCIA et al., 1998).

A la part central i meridional del coval, i situades tan a nivell d'aigua com al replà rocós, s'hi localitzen alguns petits reductes sense continuïtat aparent. En destaca una endinsada a l'extrem sud amb un replà a nivell de l'aigua, folrat de nombrosos gorgs de pis escalonat.

No passa desapercebuda la zona superior de la cova, formada per la superposició d'estrats rocosos pertanyents a la Unitat de Calcàries de Santanyí (FORNÓS & POMAR, 1983) que configuren la seqüència terminal del conjunt del penya-segat, i que es presenten amb una marcada estratificació de característic perfil còncau, no vinculats en principi a cap estructura de col·lapse.

Cova de sa Tenassa de sa Cova Gran

(UTM-ETRS89 31S: 523652 4363264)

Es tracta d'un coval obert a uns 7 m s.n.m. a una zona on les penyes cauen en perfil escalonat a la mar. La cova s'excava a un potent paquet rocós que a grans trets i atès el context geològic de la zona, podríem considerar com a fàcies llacuna (*lagoon*) externa, caracteritzada per una coloració blanca, textura granulosa i marcada estratificació que es manifesta més erosionable que la resta del rocam que constitueix tant el trespòl com les parts superiors de la cova.

Té una boca d'uns 10 m orientada lleugerament al SE i s'endinsa poc més d'una dotzena de metres a mesura que perd amplada fins assolir a una cambreta final just uns 2,5 m d'amplada. L'alçada màxima del paladar arriba als 10 m (Figura 7). L'extrem interior és un petit reducte on s'acumulen nombrosos blocs rocosos que s'evidencien caiguts del sòtil. Ja sigui degut a causes mecàniques propiciades per la pròpia litologia o per la estructura del penya-segat aprofitant evidents junts d'estratificació, aquest fet es presenta com un procés actiu que contribueix al desenvolupament volumètric de la cavitat.

Cova des Blanc

(UTM-ETRS89 31S: 523635 4363178)

Es localitza flanquejant el coster sud de la cova Gran (GRÀCIA et al., 1997), coneguda cavitat del litoral felanitxer. Tot i que de dimensions menors que la cova esmentada, presenta una gran boca que s'obre a una plataforma a 1,80 m s.n.m. caracteritzada per nombroses formes de corrosió. En destaquen una extensa àrea amb nombrosos cocons i punxeguts pinacles d'esmolades arestes que contrasten amb diverses marmites més cap a l'interior que mostren la roca molt polida.

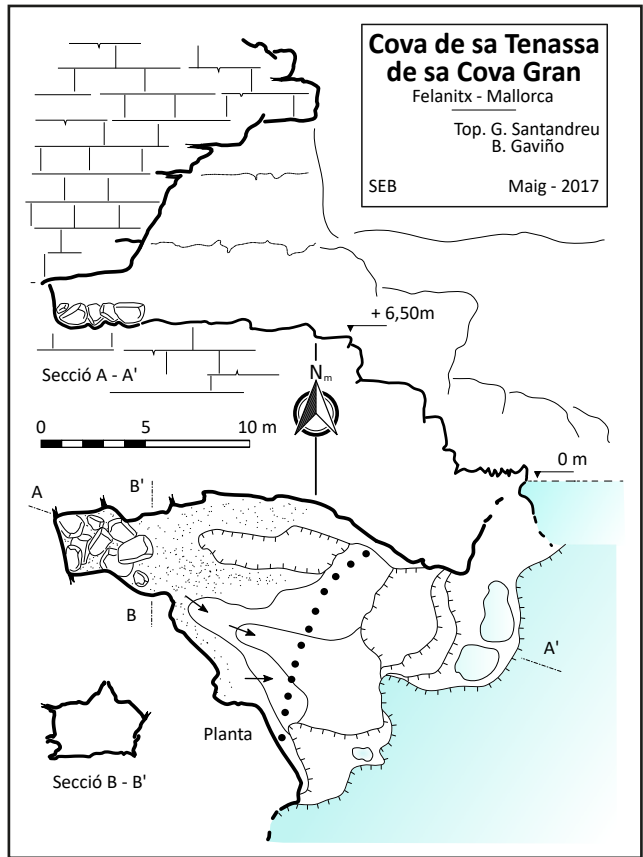


Figura 7: Topografia de la cova de sa Tenassa de sa Cova Gran (Felanitx).
Figure 7: Topographic survey of the Cova de sa Tenassa de sa Cova Gran (Felanitx).

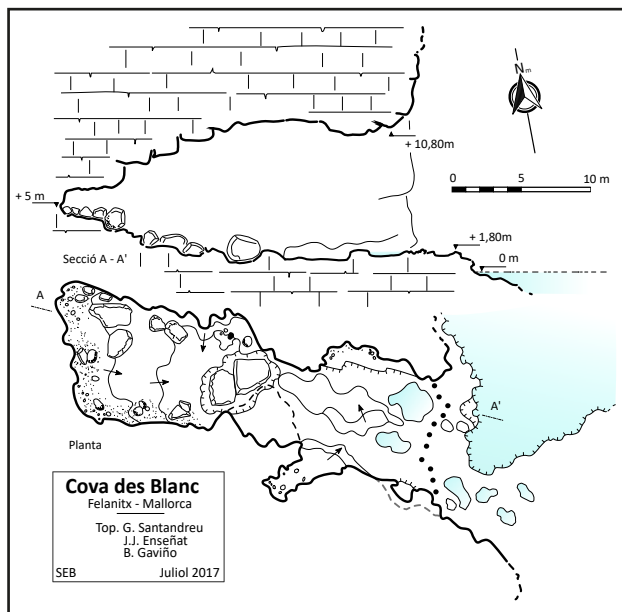


Figura 8: Topografia de la cova des Blanc (Felanitx).
Figure 8: Topographic survey of the Cova des Blanc (Felanitx).

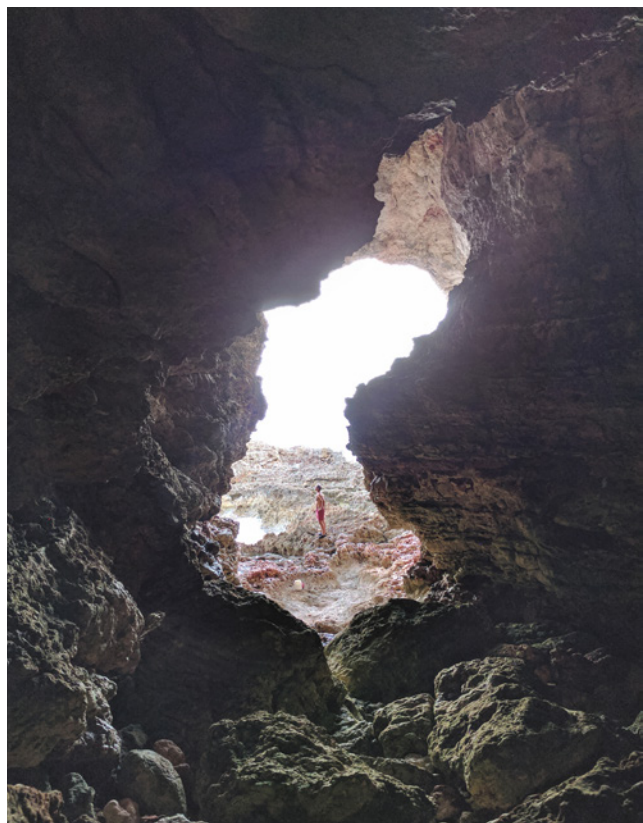


Figura 9: Interior de la cova des Blanc on s'observen les seves dimensions i els grans blocs acumulats dins la cavitat (Foto: J.J. Enseñat).
Figure 9: Inner view of the Cova des Blanc, showing its dimensions and the big stone blocks piled up inside (Photo: J.J. Enseñat).

La cavitat està formada per una única galeria rectilínia orientada a 295° que s'endinsa 25 m mantenint una amplada entre els 8 i els 10 m. L'obertura del paladar rocós és d'uns 11 m mentre que cap a l'interior l'alçada oscil·la entre els 9 i 10 m, perdent altura cap al fons amb un sostre escalonat que acaba a un reducte de poc més de 2 m (Figura 8). A la boca presenta el trespol pla i molt erosionat que a mesura que s'endinsa va accentuant un perfil ascendent entre blocs, culminant al fons de la cova a 5 m s.n.m (Figura 9).

S'hi observen paquets aïllats d'estructures verticalitzades que es poden interpretar com a sòls hidromorfs pertanyents al Complex de Manglar (FORNÓS & POMAR, 1982; ROSSELLÓ-VERGER et al., 2007) i que ben segur tenen a veure amb alguna etapa del procés d'excavació de la cavitat on s'ha desenvolupat una erosió preferencial, sobre els materials més fàcilment friables.

Cova de s'Entrador d'en Rafel

(UTM-ETRS89 31S: 523627 4363142)

S'hi documenten dues representatives formes d'abrasió marina que constitueixen dos sectors diferenciats de la cavitat. La part amb major desenvolupament està formada per una gran cavitat d'abrasió marina amb dos pisos diferenciats que s'obri a una plataforma entre uns 2,5 i 3 m damunt el nivell actual de la mar. La boca està orientada cap al E i té una obertura d'uns 25 m (Figura 10). L'alçada màxima del paladar rocós és gairebé de 20 m i presenta una marcada estratificació a les capes superiors, pertanyents a les Calcàries de Santanyí, tan característica d'aquest sector de litoral. Destaca a la part

mitja del penyal (entre els 8 i 10 m, aproximadament) un paquet rocós clarament verticalitzat que correspon al límit superior del Complex de Manglar (FORNÓS & POMAR, 1982; ROSSELLÓ-VERGER et al., 2007) i que coincideix amb una marcada junta d'estratificació on ha evolucionat l'erosió del voladís (Figura 11).

El pis de la planta inferior es caracteritza per una gran densitat de morfologies d'abrasió vinculades a la dinàmica marina, predominant marmites de gegant de diàmetres considerables, destacant-ne les que arriben a assolir entre els 4 i 5 m de diàmetre (Figura 12). Cal apuntar que totes elles es mostren despullades dels blocs rocosos que les formaren i per tant, inactives.

Entre els 3 i els 5 m sobre aquesta plataforma s'obrin dues cambres enlairades. La més meridional, de menor mida, presenta una fissura totalment reblerta de sediments o llims argilosos de color marró que presenten una fina laminació. En un altre redol i a una acumulació d'aquests sediments s'hi localitza una comunitat de falzies (*Adiantum capillus-veneris* L.). La cambra major, presenta unes dimensions d'uns 10 x 10 m i una alçada màxima de 5 m, amb presència d'alguns blocs i acumulacions d'arenas actuals.

L'altre aspecte destacat de la cavitat és l'existència al coster nord, d'un túnel que forma una galeria diferenciada de la resta de coval (Figura 13). L'entrada d'aquest a l'extrem septentrional, s'obri al penya-segat i de forma rectilínia avança uns 20 m amb direcció 225° fins desembocar al coval principal. Té una amplada i secció variable entre 1 i 4 m i una alçada que oscil·la entre 1 i 2,70 m. A l'interior també hi són presents les formes d'abrasió.

A diversos indrets de la cova es poden apreciar conjunts de motlles de gasteròpodes marins i bivalves. Més puntualment, fòssils de bivalves de la família *Arcidae* (gènere *Arca*). Igualment destaca al sòtil del pis superior i a una cota de 10,50 m sobre el nivell actual de la mar, un conjunt de perforacions de *Lithophaga lithophaga* que informen amb certa exactitud d'un antic nivell marí (CUERDA, 1975).

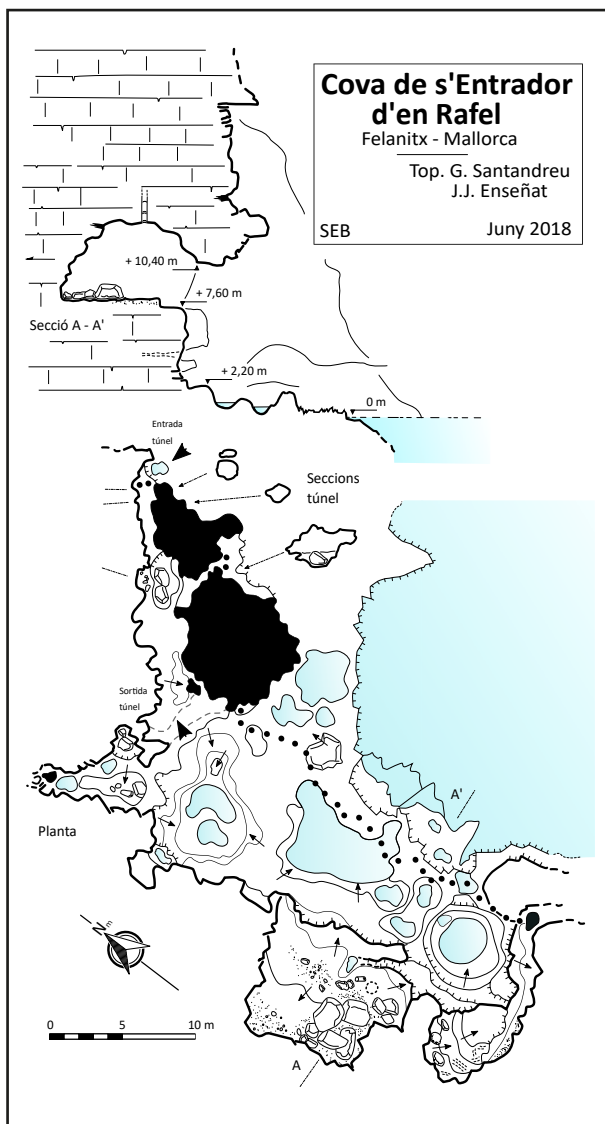


Figura 10: Topografia de la cova de s'Entrador d'en Rafel (Felanitx).
Figure 10: Topographic survey of the Cova de s'Entrador d'en Rafel (Felanitx).

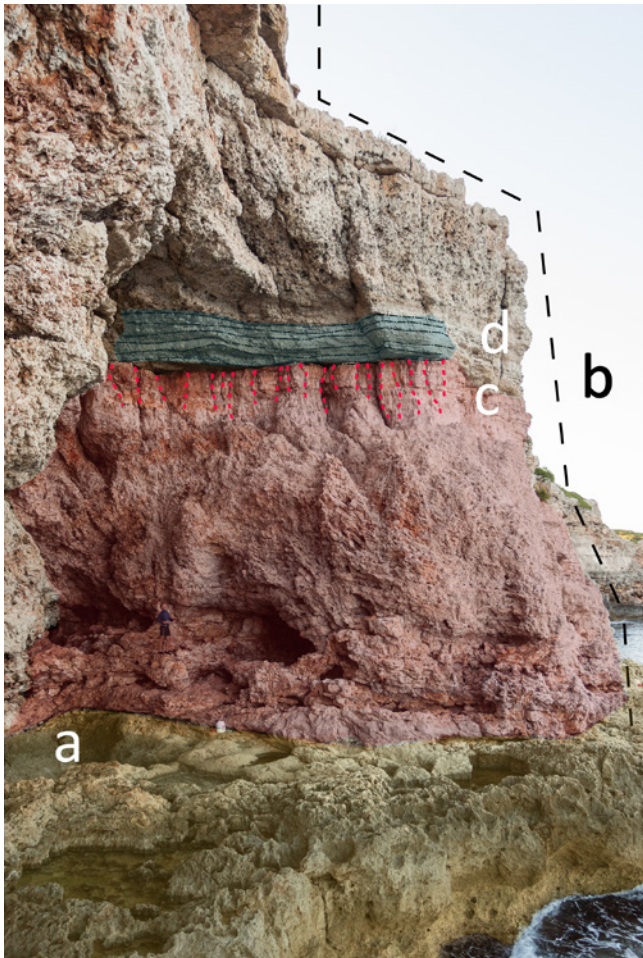


Figura 11: Cova de s'Entrador d'en Rafel. a) Plataforma d'abrasió al Complex d'Esculls amb nombrosos cocons i marmites. b) Complex Terminal o Calcàries de Santanyi. c) Complex de Manglar integrat a la Unitat de Calcàries de Santanyi amb estructures d'arrels clarament verticalitzades que marquen el límit superior del Complex. d) Nivells horitzontals formats per calcàries margoses amb presència de làmines criptalgals (Foto: J.J. Enseñat).
 Figure 11: Cova de s'Entrador d'en Rafel. a) Marine erosion platform carved in the Reef Complex with abundant basin pools and potholes. b) Terminal Complex also referred as Santanyi Limestones. c) Mangrove Complex forming part of the Santanyi Limestones Unit, showing vertical root structures that mark the upper limit of the complex. d) Horizontal levels composed by marly limestones with cryptalgal layers (Photo: J.J. Enseñat).

Cova de sa Pesquera de sa Roca

(UTM-ETRS89 31S: 523635 4363083)

Cavitat que es troba encastada entre penya-segats a un sector de litoral d'agrest fisonomia. S'obri a una plataforma enlairada 4,30 m s.n.m. que presenta una marcada entalladura al contacte amb la mar. Tot plegat fa que sigui una cova de difícil accés tant per mar com per terra. Aquest darrer accés precisa de l'ús de cordes d'assegurança.

La boca té una amplada de 25 m amb un voladís d'una alçada propera als 14 m i s'endinsa un màxim de 15 m a l'extrem N on assoleix cert desenvolupament. A més s'hi localitza un covitxol enlairat uns 4,5 m sobre la plataforma, igualment vinculat a l'erosió de la cavitat principal (Figura 14). En aquest redol destaca una gran



Figura 12: Marmita de gegant inactiva de grans dimensions excavada a la plataforma d'abrasió de la cova de s'Entrador d'en Rafel (Foto: G. Santandreu).
 Figure 12: Huge and inactive pothole carved in the marine erosion platform where the Cova de s'Entrador d'en Rafel is located (Photo: G. Santandreu).

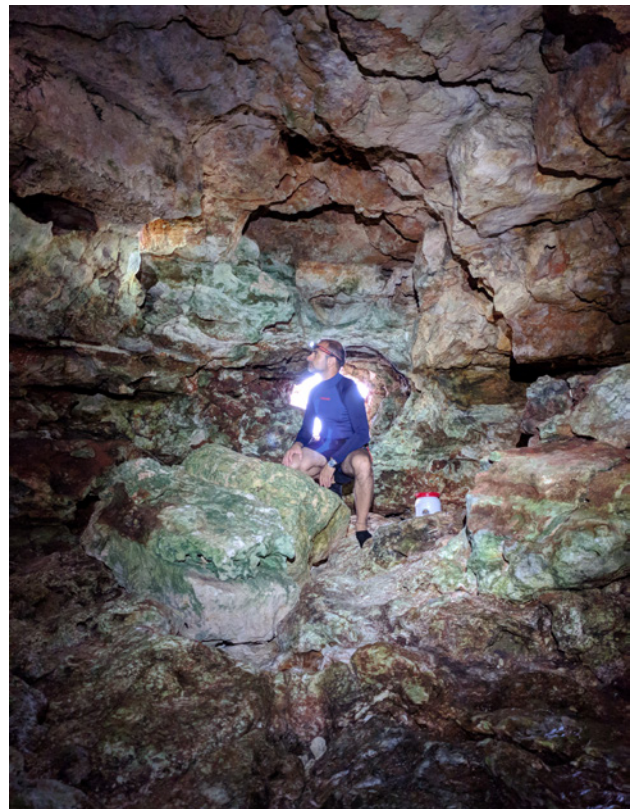


Figura 13: Vista del interior del túnel d'abrasió de la cova de s'Entrador d'en Rafel (Foto: J.J. Enseñat).
 Figure 13: View of the inner part of the sea erosion tunnel in the Cova de s'Entrador d'en Rafel (Photo: J.J. Enseñat).

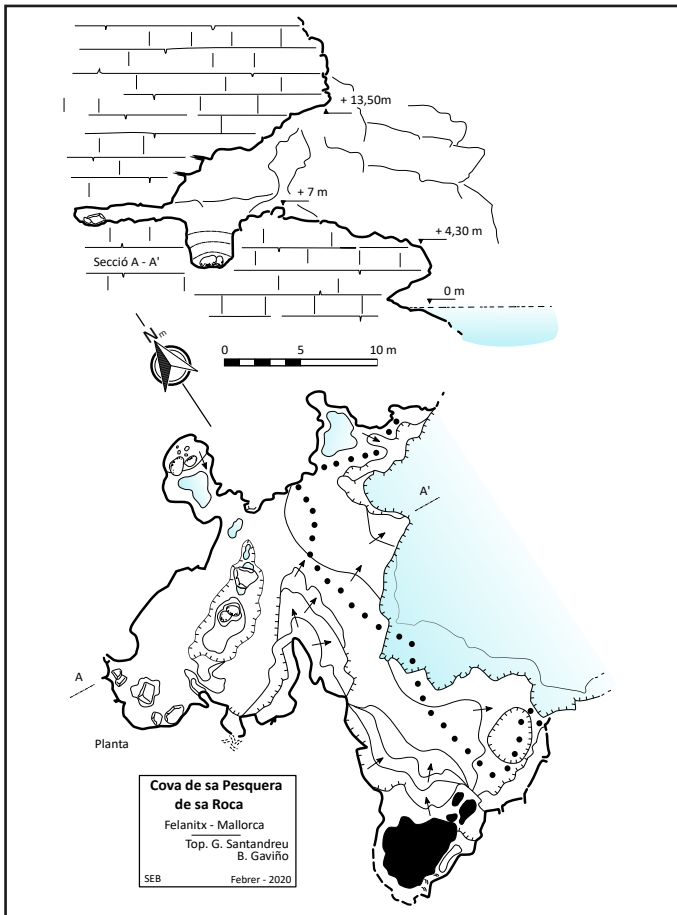


Figura 14: Topografia de la cova de sa Pesquera de sa Roca (Felanitx).
Figure 14: Topographic survey of the Cova de sa Pesquera de sa Roca (Felanitx).

marmita d'erosió d'entre 2,5 i 3 m de fondària ocupada per diversos blocs. El coster meridional del coval destaca per un rost ascendent, que al contacte amb la roca encaixant presenta diversos conductes estrets.

En algunes esquerdes i fissures es poden observar vistoses cristallitzacions de calcita.

La part superior de la cova presenta una marcada estratificació que en aquest cas es mostra molt afectada per fenòmens de subsidència vinculats a una propera estructura de col·lapse paleocàrstic localitzada més cap al sud (Figura 15).

Figura 15: Vista de conjunt de la cova Gran de ses Falgueres i de sa cova de sa Pesquera de sa Roca. Les línies blaves mostren la subsidència dels estrats del Complex Terminal, convergint cap al nucli del col·lapse (en vermell). a) Cova Gran de ses Falgueres. b) Cova de sa Pesquera de sa Roca. c) Complex de Manglar amb estructures verticals corresponents a sols hidromòrfics on parcialment s'ha excavat aquesta darrera cova. d) Nivells de calcàries oolítiques. e) Vista frontal on es pot observar la part superior de la xemeneia de col·lapse reblida de clastes sub-angulosos a més de la micro-fracturació associada i la característica deformació dels estrats (Fotos: J. Capellà i G. Santandreu).

Figure 15: General view of the Cova Gran de ses Falgueres and Cova de sa Pesquera de sa Roca. The blue lines show the subsidence of the Terminal Complex strata converging to the center of a paleokarst collapse structure (in red). a) Cova Gran de ses Falgueres. b) Cova de sa Pesquera de sa Roca; c) Mangrove Complex with vertical structures corresponding to hydromorphic soils where this last cave is partially carved. d) Oolitic limestone levels. e) Front view where can be seen the upper part of the chimney within the paleokarst collapse structure, which is filled with sub-angular clasts in addition to the associated micro-fracturing and the characteristic deformation of the overlying strata (Photos: J. Capellà and G. Santandreu).



Cova Gran de ses Falgueres

(UTM-ETRS89 31S: 523637 4363017 523637)

Gran cavitat d'erosió marina situada a una antiga plataforma d'abrasió enlairada a 7,50 m s.n.m. Té l'eix principal orientat 270° i una espaiosa boca de més de 20 m d'obertura que penetra uns 24 m amb una amplada entre els 20 i els 25 m. L'alçada és igualment remarcable assolint poc més de 8 m d'alçada. Tot plegat condiciona una àrea interior de 426 m² (Figura 16). Dues grans marmites de gegant en defineixen l'espai. Ambdues conserven les gran pedres que les formaren així com blocs aïllats de formes arrodonides, alguns de considerable mida. Destaca la marmita més interior amb un gran bloc d'aspecte irregular i caires més angulosos que amida gairebé 5 m a l'eix major i que denota els fenòmens de reajustament del sòtil, d'on clarament s'ha després. Els laterals del coval resten ocupats per grans acumulacions de còdols, arrossegats per les onades i fruit del continu moviment de vaivé produït per aquestes quan la plataforma era activa, propiciant igualment l'aspecte arrodonit de bona part del trespòl.

La part més fonda del coval presenta una marcada estratificació quasi horitzontal que cabussa lleugerament cap a l'interior.

A un lateral del fons s'hi localitzen nombroses perforacions a la roca de mol·luscs bivalves litòfags de la família *Mytilidae*. Al coster SW, molt humit i sovint amb regalims d'aigua dels penyals, s'hi localitza una vistosa comunitat de falgueres destacant especialment un frondós conjunt d'*Asplenium marinum* L. i en menor mesura exemplars aïllats d'*Adiantum capillus-veneris* L. La cavitat és refugi habitual de coloms.

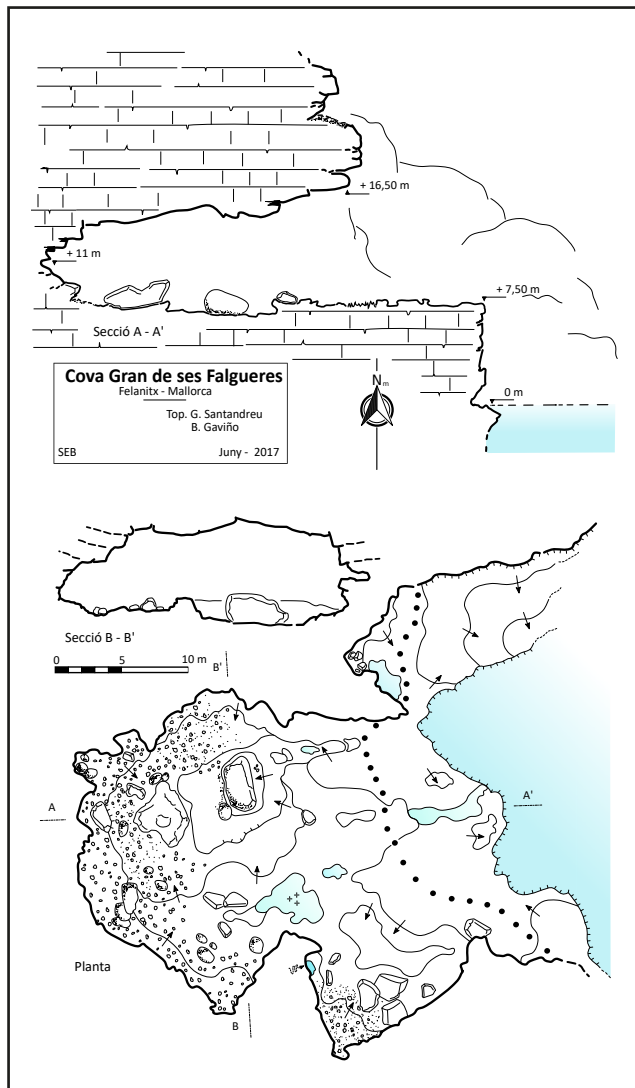


Figura 16: Topografia de la cova Gran de ses Falgueres (Felanitx).
Figure 16: Topographic survey of the Cova Gran de ses Falgueres (Felanitx).

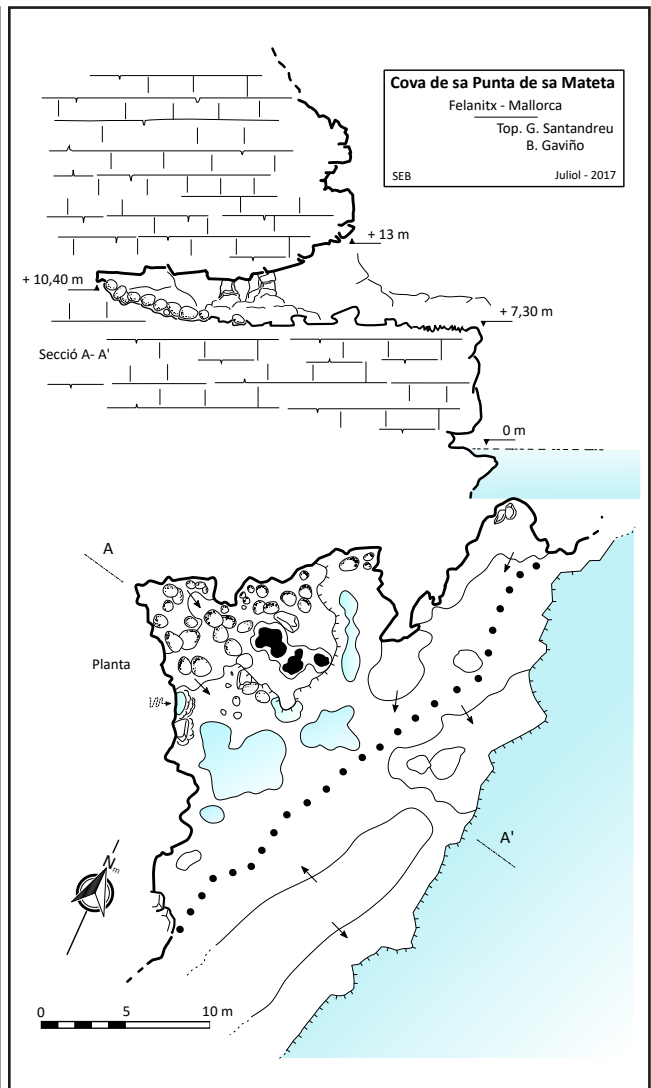


Figura 17: Topografia de la cova de sa Punta de sa Mateta (Felanitx).
Figure 17: Topographic survey of the Cova de sa Punta de sa Mateta (Felanitx).

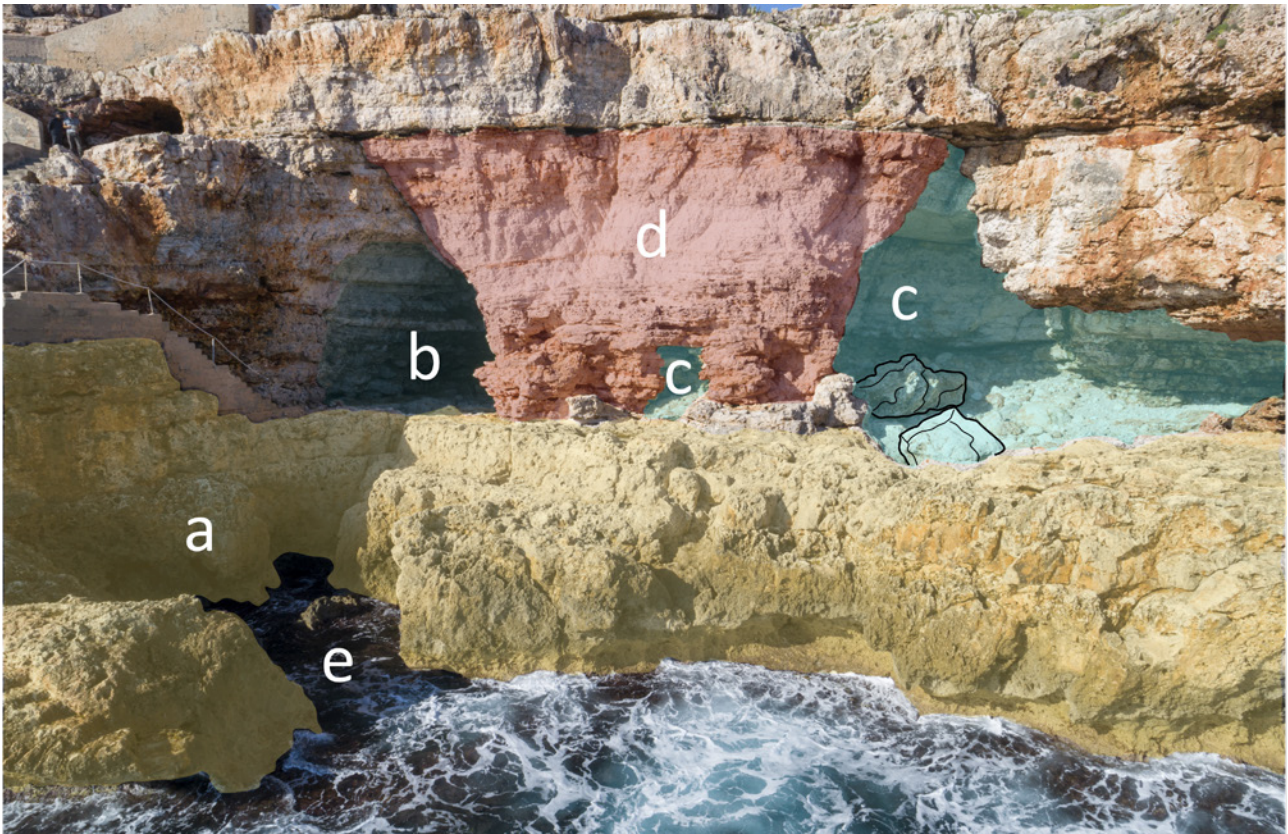


Figura 18: Zona de s'Entrador de sa Sal. a) Plataforma d'abrasió al Complex d'Escullers b) Cova de sa Cassola. c) Cova de s'Entrador de sa Sal. d) Complex de Manglar. e) Restes d'una cavitat major en l'actualitat gairebé desmantellada. Els blocs ressaltats en negre corresponen a dues grans marmites de gegant que ocupen la cova de s'Entrador de sa Sal (Foto: J. Capellà).

Figure 18: Zone known as s'Entrador de sa Sal. a) Marine erosion platform on the Reef Complex. b) Cova de sa Cassola. c) Cova de s'Entrador de sa Sal. d) Mangrove Complex. e) Remains of a larger cavity now almost dismantled. The outlined blocks correspond to two large marine erosion potholes occupying the Cova de s'Entrador de sa Sal (Photo: J. Capellà).

Igual que la cova de sa Pesquera de sa Roca, es localitza a un dels flancs d'una estructura de col·lapse paleocàrstic, situada a escassa distància cap al nord. Es poden apreciar de manera molt gràfica diverses parts d'aquest, com el buit de dissolució que es pot situar a la Unitat d'Escullers així com una caòtica acumulació detrítica de clastes de caires angulosos que en rebleix la xemeneia del col·lapse (Figura 15). Igualment és apreciable la deformació i bretxificació que s'evidencia als materials pertanyents al Complex Terminal (FORNÓS et al., 1995). És aquest un bon exemple que evidencia l'especial incidència d'aquests antics processos de carstificació i les importants repercussions sobre la morfologia litoral (GINÉS, 2000; GINÉS et al., 2011).

Cova de sa Punta de sa Mateta

(UTM-ETRS89 31S: 523651 4362976)

Està situada a una plataforma enlairada a 7,30 m s.n.m. La boca amida uns 30 m d'obertura i penetra poc més de 15 m amb una alçada entre 5 i 2 m reduint-se a la part final (Figura 17). Destaca la presència d'una considerable acumulació de blocs molts rodats (de 0,5 a 1,5 m a l'eix major) que es presenten de forma amuntegada en aquest sector. La part més exterior està ocupada per un gran cocó que conserva aigua permanentment i que sembla alimentat per un regalim del lateral del coval.

Cova de s'Entrador de sa Sal

(UTM-ETRS89 31S: 523598 4362940)

La cavitat es troba a un segment de costa on es pot apreciar de forma paradigmàtica la seqüència rocosa així com l'alternança de materials amb les seves pròpies característiques litològiques i estructurals que la formen. A la base s'hi troba la Unitat d'Escullers, que serveix de suport a la plataforma d'erosió actualment inactiva. Per sobre, el Complex de Manglar, on s'excava la cavitat, i finalment per damunt i actuant de sostre de la cova i de la pròpia seqüència rocosa, la part superior de les anomenades Calcàries de Santanyí (Figura 18).

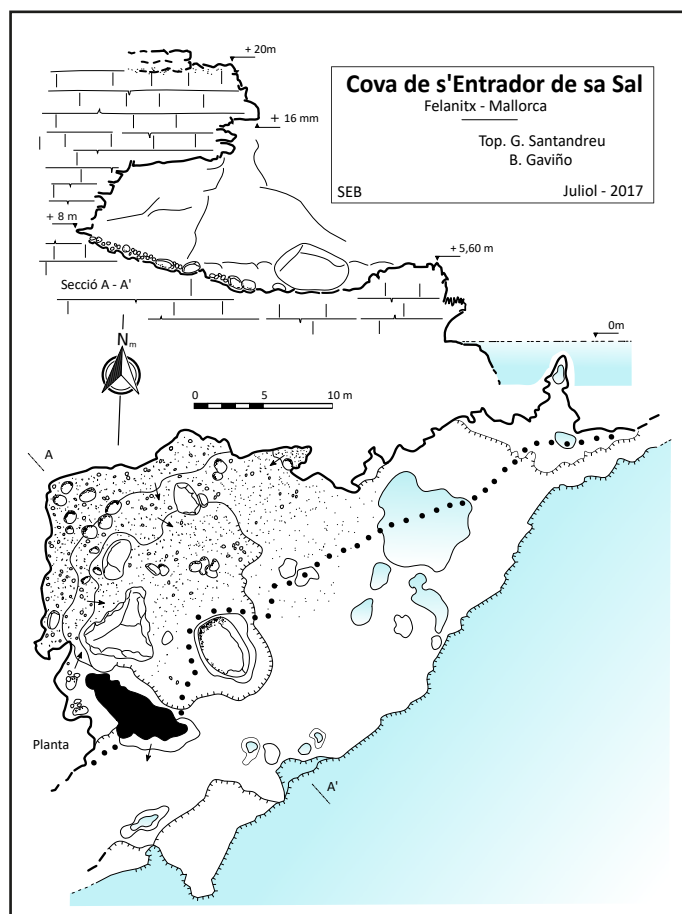


Figura 19: Topografia de la cova de s'Entrador de sa Sal (Felanitx).
Figure 19: Topographic survey of the Cova de s'Entrador de sa Sal (Felanitx).

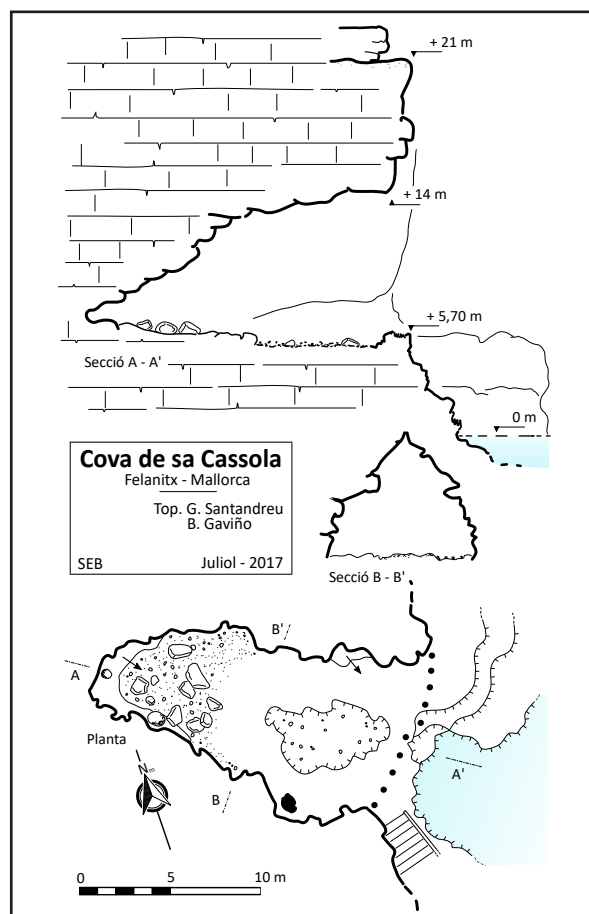


Figura 20: Topografia de la cova de sa Cassola (Felanitx).
Figure 20: Topographic survey of the Cova de sa Cassola (Felanitx).

Es tracta d'un gran coval d'abrasió marina de grans dimensions que s'obri a una espaiosa plataforma relictada enlairada 5,60 m s.n.m. La boca presenta una amplada propera als 45 m que contrasta amb el poc desenvolupament de la cova que tot just arriba als 15 m des de el fons fins el voladís. L'alçada d'aquest és de 12 m d'obertura (Figura 19).

Destaca per la presència d'algunes paradigmàtiques morfologies d'erosió marina: una gran marmita de gegant amb un bloc gegantí que l'ocupa i un petit túnel d'abrasió situat al coster meridional. A l'extrem oposat destaquen algunes formes de corrosió, un conjunt de grans cocons on sovint s'hi acumula sal, circumstància que en dona nom a l'indret i a la cavitat (AGUILÓ, 1991).

Cova de sa Cassola o Cova des Cocó

(UTM-ETRS89 31S: 523585 4362921)

Es localitza a pocs metres cap al S de la anterior amb la qual comparteix clarament condicionants litològics i estructurals, circumstància que en condiona una gènesi molt similar.

Situada a la mateixa plataforma que l'anterior, té una boca d'uns 10 m d'obertura i una fondària propera als 17 m. L'alçada a l'entrada és de 8 m reduint-se cap a l'extrem final. Mostra un marcat perfil triangular i es caracteritza per un gran cocó central molt erosionat i de contorn desfigurat (Figura 20). Al tall de la plataforma, ja al nivell marí i per sota d'aquest, s'observen certes evidències que apunten a l'existència del que podria haver estat part de una cavitat molt major, en l'actualitat gairebé desmantellada pels processos erosius que persisteixen ben actius.

Cova de s'Alatxa

(UTM-ETRS89 31S: 523583 4362885)

Cavitat d'erosió marina que es localitza a un replà rocós situat a 5,20 m s.n.m. Està formada per dues endinsades al rocam destacant la situada més al nord que penetra un màxim de 10 m. L'amplada de la galeria no arriba als 5 m reduint-se a 2 m a la part final (Figura 21). A l'entrada d'aquest passatge hi ha una depressió on s'ha format una marmita ocupada per grans blocs de caires angulars, en

conseqüència poc treballats per l'erosió mecànica pròpia d'aquests fenòmens. A un lateral del sostre de la petita galeria s'hi pot observar una cúpula de corrosió d'entre 60 i 80 cm de diàmetre (Figura 22b).

La zona meridional forma un altre reducte amb un petit tub d'abradió superposat a la planta principal. Al fons del coval s'observen morfologies de corrosió pròpies de medis freàtics (Figura 22a),

molt semblants a les regates de corrosió (GRÀCIA et al., 2011) documentades en cavitats subaquàtiques, i segons els mateixos autors, desenvolupades de forma preferent a fàcies de *lagoon* extern. En alguns indrets aquestes morfologies es troben reblertes de sediments argilosos probablement posteriors al procés de gènesi de la cavitat, tot i que no es pot descartar un caràcter contemporani a aquest.

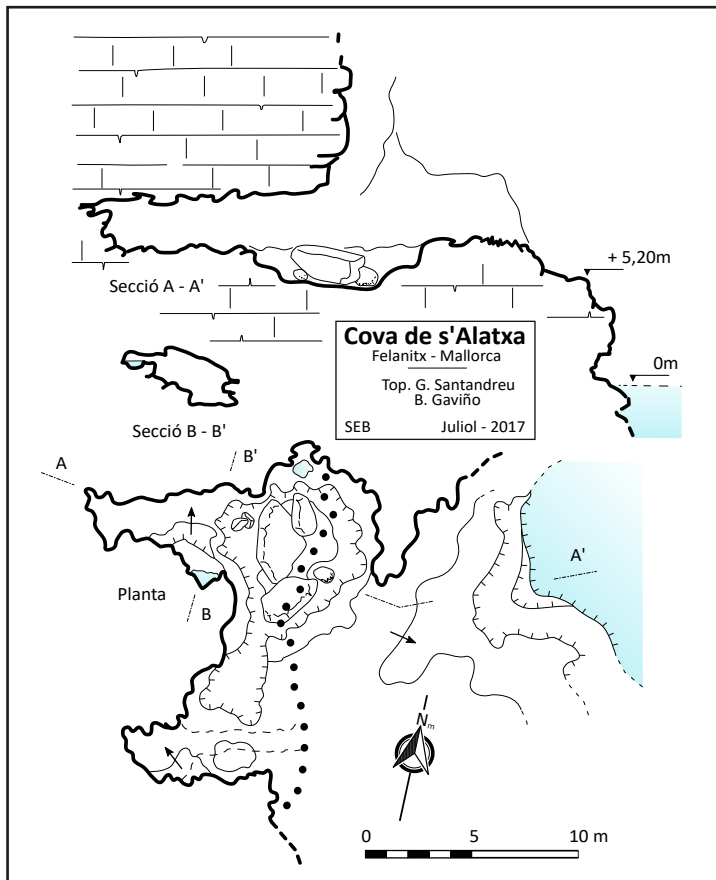


Figura 21: Topografia de la cova de s'Alatxa (Felanitx).
Figure 21: Topographic survey of the Cova de s'Alatxa (Felanitx).

Cova des Mussolet

(UTM-ETRS89 31S: 523569 4362856)

Se situa a una plataforma a 6,10 m s.n.m. que en aquesta zona presenta una fisonomia molt esquerpa amb trams esglaonats i pendents irregulars. Igualment el penya-segat on s'obri mostra un perfil molt dislocat i fracturat.

Té una gran boca d'una alçada propera als 10 m però d'un escàs desenvolupament interior, que just arriba als 6 m. Presenta una mènula enlairada 5 m sobre la planta inferior que s'endinsa entre 4 i 5 m més aprofitant un junt d'estratificació (Figura 23).

Cova des Bufador de sa Punta

(UTM-ETRS89 31S: 523566 4362834)

En aquesta cavitat hi convergeixen diverses morfologies que exemplifiquen alguns característics processos d'erosió litoral. Se situa a una plataforma d'abradió enlairada a una cota de 6,70 m s.n.m. amb importants formes de modelatge. Destaquen àrees de pinacles i nombrosos cocons, alguns d'ells de grans dimensions fruit de la coalescència de diverses d'aquestes estructures. De forma aïllada s'observen restes molt erosionats de dunes fòssils adherides al rocam de la plataforma.

La cavitat mateixa es pot definir com un extens arc de abradió, que arriba a esdevenir un túnel d'una llargària de tot el conjunt propera als 20 m (vid fig 24, secció C-C'). Està orientat NE-SO, i presenta una alçada irregular d'entre 1 i 5 m amb l'existència de diversos ressalls verticals a l'interior. L'amplada es manté gairebé constant propera als 3 m (Figura 24). Cal destacar la seva ubicació a una punta geogràfica,

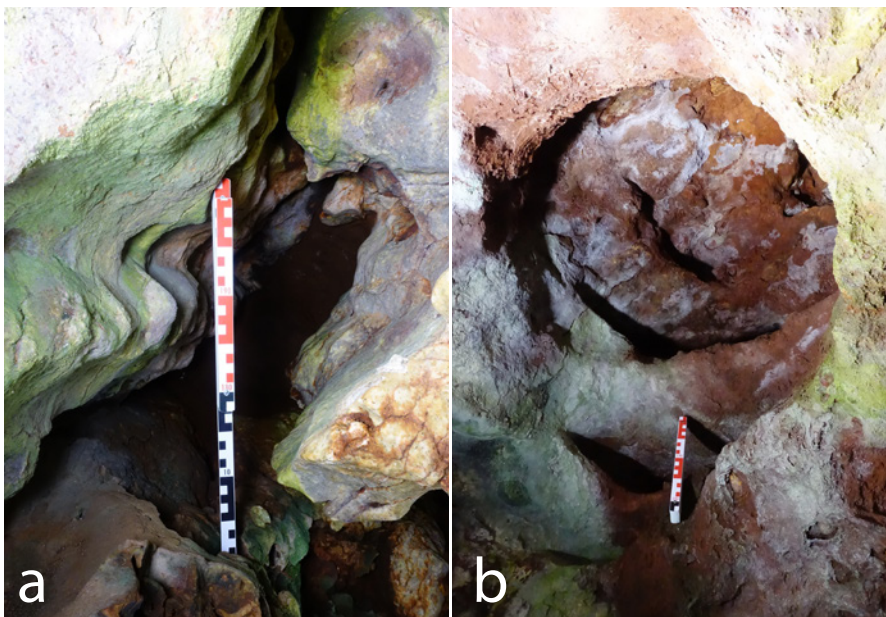


Figura 22: Morfologies de corrosió vinculades a règims freàtics localitzades a la cova de s'Alatxa. a) Regates de corrosió. S'observa el rebliment de sediments argilosos que omplen el fons de l'esquerda. b) Cúpula de corrosió (Fotos: G. Santandreu).

Figure 22: Phreatic solutional morphologies observed in the Cova de s'Alatxa. a) Solution notches. A deposit of clayey sediments filling the bottom of the crack can be observed. b) Solution cupola (Photos: G. Santandreu).

condició que sembla ser decisiva per aquests tipus de fenòmens d'erosió litoral. Ja que, quan es troben actius, afavoreixen la concentració de l'onatge als laterals propiciant el perllongament de coves d'abració existents, que acaben connectant entre sí (SERVERA, 2004; GRÀCIA et al., 2001). Al voladís exterior s'observa alguna estalactita d'escàs desenvolupament i aspecte poc comú (Figura 25a). A prop de l'accés septentrional del túnel, es poden localitzar regruixos adherits en alguns indrets que pertanyen a dunes fòssils molt erosionades.

Propers als accessos del túnel (Figura 26) s'hi localitzen grans marmites de gegant que conserven els blocs arrodonits i de gran mida que les formaren. En destaca la que es troba al coster nord que col·lapsa la part superior d'un bufador que es manifesta en dies d'onatge pel forts bramuls que produeix. Aquest fenomen ho podem relacionar amb la coneguda com a coves de la Seu (GRÀCIA et al., 1997), cavitat subaquàtica amb dues entrades a diferents nivells i que n'ocupa la part submergida de la punta.

Cova des Gorg

(UTM-ETRS89 31S: 523524 4362812)

La cavitat es troba a poca distància cap al S de la boca meridional de la cova des Bufador de sa Punta, en un paratge que es caracteritza per un mesomodelat costaner dominat per una estructura de col·lapse paleocàrstic. Es pot apreciar a la zona superior dels penyals, el nucli del col·lapse que afecta gairebé tot el penya-segat, així com; la fracturació i cabussament associat de les capes rocoses. Aquestes convergeixen cap al centre de l'estructura sobre la plataforma inferior, enmig de les cavitats esmentades. ROBLEDO (2005) en defineix la secció de l'aflorament com a forma d'embut o rellotge d'arena. No es pot deslligar l'existència d'aquesta estructura amb l'espeleogènesi de les cavitats esmentades (Figura 27).

La cova s'obri a un replà dels penya-segats situat a 3,60 m sobre el nivell de la mar i és una petita cavitat d'uns 15 m de fons i una amplada interior que oscil·la entre els 5 i els 8 m (Figura 28). En destaca un característic gorg permanent, adossat al coster nord de poc més de 0,80 m de fondària i d'un vistós color verdós. El pis és de contorns arrodonits per l'erosió, amb l'extrem més fons de la cova ocupat per una marmita amb el seu corresponent bloc rocós a l'interior.

Ses Covetes

(UTM-ETRS89 31S: 523472 4362778)

Gran coval originat per una successió de balmes i covals disposats a diverses alçades, que en conjunt ocupa una extensió màxima d'uns 30 m amb una fondària que sobrepassa els 15 m

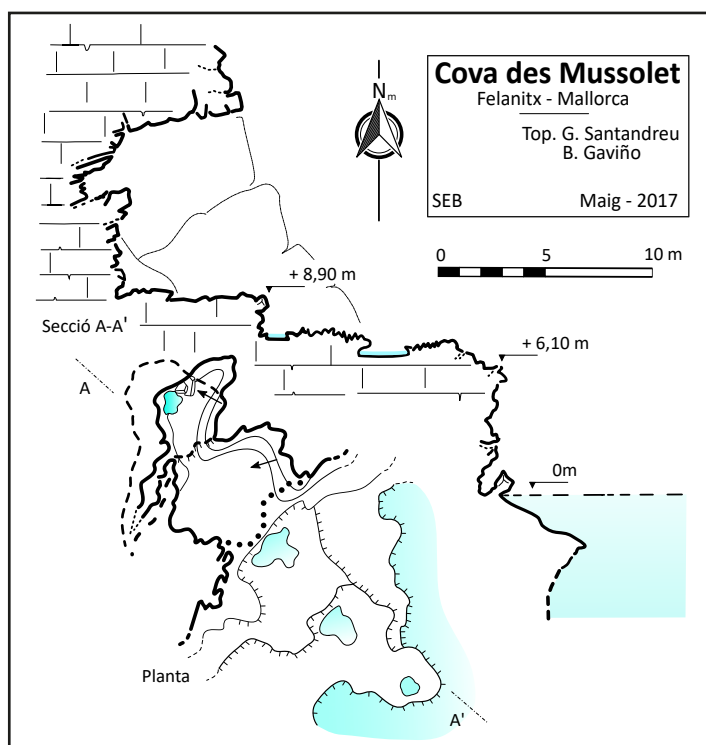


Figura 23: Topografia de la cova des Mussolet (Felanitx).
Figure 23: Topographic survey of the Cova des Mussolet (Felanitx).

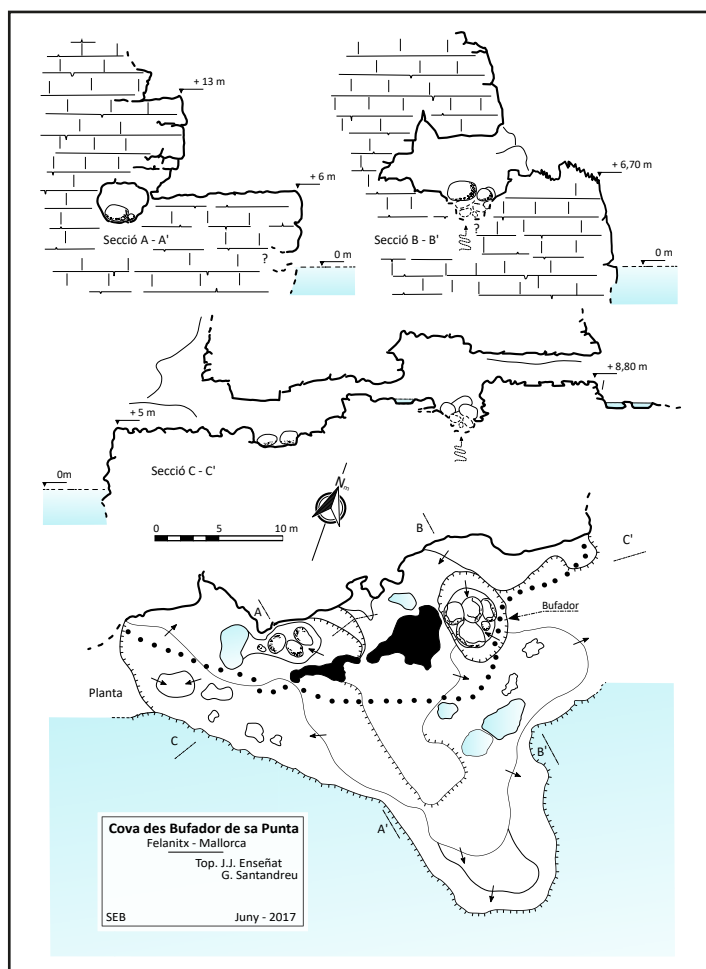


Figura 24: Topografia de la cova des Bufador de sa Punta (Felanitx).
Figure 24: Topographic survey of the Cova des Bufador de sa Punta (Felanitx).

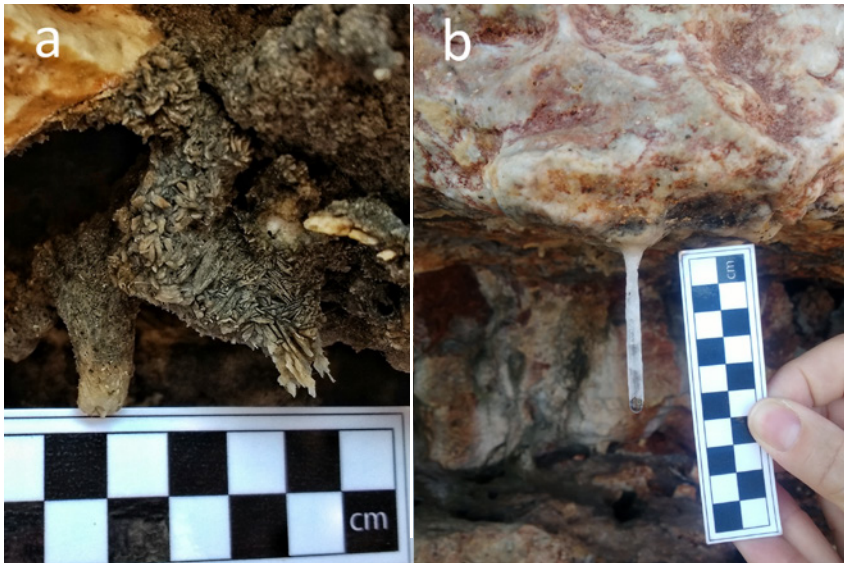


Figura 25: Les formacions resultants de degoteig són bastant inusuals en aquests tipus de cavitats. Puntualment s'han documentat incipients estalactites que poden lligar la seva gènesi a la percolació d'aigua salada acumulada als penya-segats. a) Estalactites al voladís de la cova des Bufador de sa Punta on s'aprecia clarament la disposició cristal·logràfica. b) Estalactita a una de les parets de ses Covetes (Fotos: G. Santandreu).
 Figure 25: The dripping water speleothems are rather unusual inside this type of cavities. Occasional incipient stalactites have been documented, whose genesis may be linked to the percolation of salt water accumulated on the littoral cliffs. a) Stalactites developed at the overhanging roof of the Cova des Bufador de sa Punta where the crystallographic arrangement is clearly seen. b) Stalactite observable at one of the walls of Ses Covetes (Photos: G. Santandreu).



Figura 26: Vista de l'entrada septentrional del túnel d'abrasió de la cova des Bufador de sa Punta (Foto: G. Santandreu).
 Figure 26: View of the northern entrance to the marine erosion tunnel at the Cova des Bufador de sa Punta (Photo: G. Santandreu).

en alguns punts (Figura 29). Segons AGUILÓ (1991) també es coneix com a cova de ses Cadernerres.

L'extrem més septentrional es caracteritza per l'existència de tres petites galeries rectilínies separades per diferents envans rocosos. És aquesta una morfologia de corrosió associada a règims freàtics i que es documenta sovint a cavitats subaquàtiques actuals (GRÀCIA et al., 2011). En aquest cas la interpretació d'aquestes morfologies, en la actualitat fossilitzades, complica l'especulació referent als mecanismes de gènesi del coval, posant en evidència l'alternança de diversos episodis d'espeleogènesi amb condicions molt diverses. En aquest zona s'assoleix el punt més interior del coval amb uns 20 m del front del penya-segats. La plataforma on s'ubica està ocupada per diverses marmites, cubetes i en alguns punts formes litoquímiques com colades parietals i pavimentàries.

És a l'extrem meridional on s'accentua la superposició de diverses plantes que podem insinuar, originades per successius processos d'erosió vinculats a antics nivells marins. Fenomen freqüent en cavitats d'abrasió que testimonia les oscil·lacions positives i negatives de la mar, complicant encara més la interpretació d'aquestes morfologies litorals (GRÀCIA et al., 2001; VICENS et al., 2011). La part inferior forma una sala aïllada de la resta del coval on de forma excepcional s'hi observen colades parietals i pavimentàries, així com algun conjunt de petits gours. En aquesta zona, al sector superior destaquen colades i columnes que formen un petit massís estalagmític.

En alguns racons aïllats del voladís s'han observat incipients estalactites de petita mida i color blanquinós gairebé transparents (Figura 25b). S'ha pogut observar que aquestes formacions solen tenir una vida efímera i no arriben en cap dels casos observats, a consolidar-se. Sovint desapareixen amb l'impacte de l'onatge i a alguns indrets més recòndits possiblement per l'efecte dels cops d'aire impulsat per les onades mateixes. Pel que fa a l'origen sembla estar afavorit per la percolació d'aigua salada infiltrada del penya-segats (BALAGUER & FORNÓS, 2003).

A diferents indrets del coval es poden apreciar restes de fòssils de bivalves marins de la família *Glycymeridae*, *Cardiidae* i *Limacea*. També abunden les restes d'empremtes de gasteròpodes marins a més d'*Ostrea sp.* i *Porytes sp.* destacant motlles de fauna coral·lina, possiblement d'*Astrocoenia lobatorotundata*.



Figura 27: Diverses cavitats de la zona meridional del sector de sa Punta, posades en relació amb l'estructura de paleocol·lapse que caracteritza la zona. a) Ses Covetes, b) Cova des Gorg, c) Cova des Bufador de sa Punta, extrem sud. d) Detall de la zona superior al centre del paleocol·lapse. Més o manco on es localitzen aquestes dues darreres cavitats, ROBLEDÓ (2005) hi situa l'aflorament del sostre de la paleo-cavitat. Les línies blaves emfatitzen el capbussament dels estrats del Complex Terminal cap al centre de l'estructura (Fotos: J. Capellà i G. Santandreu).
 Figure 27: Several cavities in the southern area of the Sa Punta sector, related to the paleokarst collapse structure that characterizes the area. a) Ses Covetes. b) Cova des Gorg. c) Southern end of the Cova des Bufador de sa Punta. d) Detail of the upper part at the centre of the paleokarst collapse. More or less where the last two cavities are located, ROBLEDÓ (2005) places the outcrop corresponding to the roof of the paleo-cavity. The blue lines emphasize the layers of the Terminal Complex plunging towards the center of the paleokarst structure (Photos: J. Capellà and G. Santandreu).

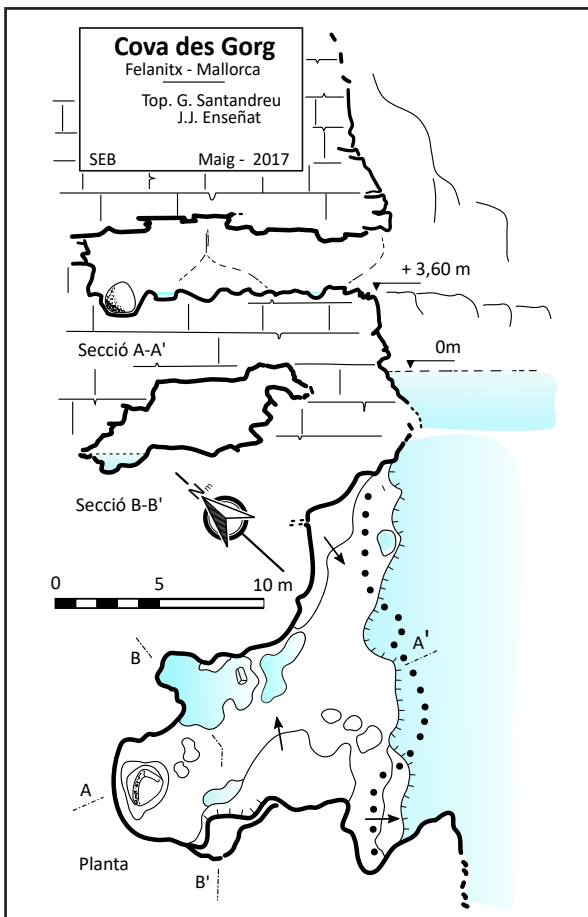


Figura 28: Topografia de la cova des Gorg (Felanitx).
 Figure 28: Topographic survey of the Cova des Gorg (Felanitx).

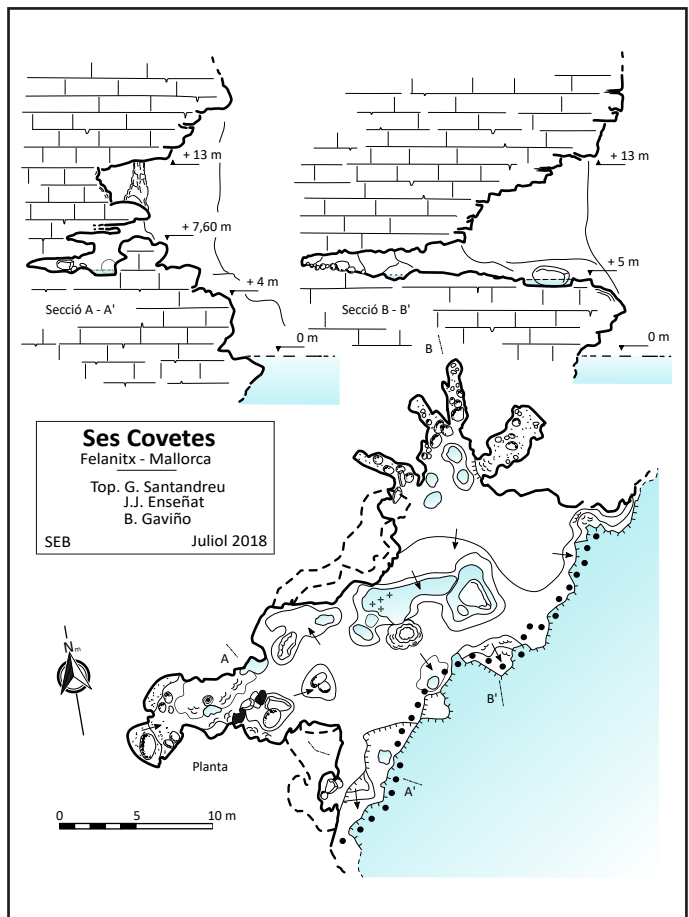


Figura 29: Topografia de ses Covetes (Felanitx).
 Figure 29: Topographic survey of ses Covetes (Felanitx).

Conclusions

S'han evidenciat diverses conseqüències morfològiques, mostres de les interaccions entre la dinàmica litoral i les oscil·lacions del nivell marí que tenen lloc al llarg de la línia de costa. En un àmbit purament hidrològic es descarta la intervenció de les aigües freàtiques en la gènesi de les cavitats. Al contrari, el control marí sí que ha condicionat les zones preferencials d'erosió excavant aquestes cavitats per abracció mecànica, afavorides puntualment per les característiques sedimentològiques del rocam i la seva evolució en temps pretèrits.

Totes les cavitats estudiades es poden considerar com a coves d'abrasió marina sense que s'hagin pogut detectar indicis de captures càrstiques. Això no lleva que en alguns episodis de la història d'alguna d'elles, hagin sofert moments d'evolució en règims freàtics com així ho insinuen morfologies de corrosió que són pròpies d'aquests tipus d'àmbits. La presència d'espeleotemes o diferents tipus de rebliments sedimentaris en complica encara més la interpretació en alguns casos.

Es constaten els principals trets que defineixen les cavitats estudiades:

- Gairebé totes elles estan relacionades amb plataformes d'erosió heretades d'antics nivells marins i per tant es poden considerar inactives. Aquestes plataformes es troben a un alçada respecte al nivell actual marí d'entre 1,80 i 7,50 m. N'és la excepció la cova des Racó de sa Pedrera, que mostra la part inferior situada a l'actual nivell marí.
- Gran amplada i extensió de les boques que oscil·len sobre una mitja de 20 m arribant en alguns casos als 40 m. Per contra la penetració als penyals es mou al voltant dels 6 als 25 m.
- Relacionades amb aquestes cavitats, abunden altres morfologies d'abrasió. Són freqüents les marmites de gegant excavades sobre les plataformes que en alguns conjunts assoleixen mides considerables al voltant dels 4 o 5 m de diàmetre o puntualment superiors (ex. cova de s'Entrador de sa Sal, cova Gran de ses Falgueres o cova de s'Entrador d'en Rafel). S'han observat marmites ocupades per blocs per davall de l'actual nivell marí. A la zona de la cova des Racó de sa Pedrera, s'ha mesurat algun exemplar submergit entre els 5 i els 6,80 m de profunditat. Es documenten túnels d'abrasió de considerable desenvolupament com el de la cova de s'Entrador d'en Rafel d'uns 20 m de llargària. Els bufadors també són presents i alguns d'ells actius com el de la cova des Bufador de sa Punta vinculat a una cavitat submarina ubicada a un nivell inferior.
- Algunes cavitats presenten rebliments de sediments d'origen eòlic i eventualment d'origen marí. L'existència de dipòsits d'eolianites originats per la intervenció conjunta de la dinàmica marina i eòlica s'ha documentat a les rodalies de la cova des Tancat de sa Torre, a la galeria de la cova des Racó de sa Pedrera i a la zona exterior de la cova des Bufador de sa Punta. Aquest fet ha propiciat l'existència de seqüències estratigràfiques complexes on es barregen sediments litorals, d'origen eòlic i bretxes d'origen càrstic.
- El creixement volumètric de les cavitats es testimonia per les evidències de desprendiments de fragments de sòtil, molt evidents a la cova Gran de ses Falgueres o a la cova de sa Tenassa.
- La presència de blocs i còdols molt treballats per l'onatge és comú a aquestes cavitats i assoleix importants acumulacions a la cova Gran de ses Falgueres, o la cova de sa Punta de sa Mateta. El mateix fenomen ha estat el responsable dels trespols de formes arrodonides i sinuoses que s'observen a algunes de les coves.
- S'ha observat un variat repertori de formes de *Karren* litoral, resultat de la combinació de processos d'erosió amb processos químics de dissolució on l'element biològic sembla tenir un pes decisiu. A les zones més exposades a l'impacte de l'onatge i la influència dels esquitxos marins, dominen les formes positives romanents com els pinacles, originant trespols abruptes i esquerps. A menor escala, moltes d'aquestes formacions es veuen recobertes per alvèols de dissolució. Igualment destacable és l'abundant presència de cocons de dissolució de mides i tipologies molt variades. Es poden destacar els cocons de la cova de s'Entrador de sa Sal o els conjunts formats per coalescència a la boca des Bufador de sa Punta. Altres formes lineals controlades per hidrodinamisme, com solcs o estries també en tenen representació.

Pel que fa a la cronologia dels fenòmens estudiats, no es compta amb cap datació absoluta i les valoracions relatives poden estar en consonància a les aportades per VICENS et al. (2017) que apunten a la intervenció de diversos episodis d'erosió marina. Els mateixos autors (VICENS et al., 2011) tan sols precisen, per a les cavitats localitzades a materials del miocè i situades a nivells marins propers a l'actual, els efectes erosius produïts durant episodis de nivell marí elevat ocorreguts durant el darrer interglacial i l'holocè.

Es constaten nombrosos fenòmens de subsidència dels estrats dels penya-segats vinculats a pretèrits processos de dissolució càrstica que es manifesten en deformacions dels materials carbonatats. També es pot destacar l'existència d'alguns col·lapses paleocàrstics que mostren clarament les xemeneies del col·lapse i les fracturacions i deformacions associades. En el cas de la cova des Gorg i la cova des Bufador de sa Punta, no es descarta una possible vinculació espeleogenètica amb aquests fenòmens.

La flora associada a aquestes cavitats es manifesta en dues espècies d'adiantàcies i aspleniàcies: les falzies *Adiantum capillus-veneris* L. i *Asplenium marinum* L.. A més s'ha documentant una comunitat de *Samolus valerandi* L., de la família de les *primulaceae*.

Agraïments

Es precis expressar el més sincer agraïment a: Dr. Joan J. Fornós per la seva disposició a aclarir dubtes i consultes, amb comentaris sempre enriquidors. Als companys Dr. Xisco Gràcia, Dr. Pere Bover i Vicenç Pla per la companyia, passejades i vives converses a ran de mar. Al Dr. Joaquín Ginés per la lectura atenta del manuscrit, els seus comentaris per millorar-lo i la traducció a l'anglès d'alguns dels textos. A Jaume Capellà per les valuoses fotografies des de l'aire. A Jaume Roig pel passeig en llaüt vorejant aquestes costes.

Bibliografia

- AGUILÓ, C. (1980): La toponímia marina de Felanitx, Santanyí i Ses Salines (Mallorca). *Randa*, 10, Homenatge a Francesc de B. Moll, 2: 25-49. Barcelona.
- AGUILÓ, C. (1991): *La toponímia de la costa de Felanitx*. Centre Cultural de Felanitx. 105 pàgs. Felanitx.
- BALAGUER, P. (2007): Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. In: PONS, G.X. & VICENS, D. (eds.) *Geomorfologia litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 201-230. Palma.
- BALAGUER, P. & FORNÓS, J.J. (2003): Processos erosius als penya-segats costaners del SE de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània Occidental): dades preliminars de l'erosió contínua per disgregació granular. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 37-50. Palma.
- BUTZER, K. W. (1962): Coastal geomorphology of Majorca. *Annals of the Association of American Geographers*, 52, 2: 191-212.
- CUERDA, J. (1975): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Instituto de Estudios balearicos. 304 pàgs. Palma.
- CUERDA, J. & SACARÉS, J. (1992): *El Quaternari al Migjorn de Mallorca*. Direcció General de Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 130 pàgs. Palma.
- CUERDA, J.; GRÀCIA, F. & VICENS, D. (1989-90): Dos nuevos yacimientos del Pleistoceno superior marino en Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 49-66. Palma.
- FORNÓS, J.J. (1999): Karst collapse phenomena in the Upper Miocene of Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Acta Geologica Hungarica*, Vol 42/2: 237-250. Budapest.
- FORNÓS, J.J. & GELABERT, B. (2011): Condicionants litològics i estructurals del carst de les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. Endins, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 37-52. Palma.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L. (1982): El complejo de manglar del Mioceno terminal de la isla de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 26: 207-228. Palma.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L. (1983): Mioceno superior de Mallorca: unidad Calizas de Santanyí (complejo Terminal). 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*, 1983: 139-175. Palma.
- FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J. & RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1995): El paleocarst a Mallorca / Paleocarst 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: 113-124. Palma.
- GINARD, A.; VICENS, D.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BOVER, P.; BALAGUER, P. & 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). *Endins*, 32: 81-104. Palma.
- GINARD, A.; VICENS, D.; BOVER, P.; CRESPI, D.; GRÀCIA, F.; GUAL, M.A. & BALAGUER, P. (2014): 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 (2ª part). *Endins*, 36: 131-150. Palma.
- GINARD, A.; VICENS, D.; BOVER, P.; CRESPI, D.; GRÀCIA, F.; GUAL, M.A.; BALAGUER, P.; BASCUÑANA, F.X.; ENSEÑAT, J.J. & PLA, V. (2018): Coves litorals i geomorfologia de la costa de Lluçmajor. In: *Actes de les I jornades d'Estudis Locals de Lluçmajor. 10 i 11 de novembre de 2017. Volum 2*: 869-885. Lluçmajor.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesi Doctoral. Inèdita. Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs. Palma.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (2011): Classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. Endins, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 85-102. Palma.
- GINÉS, J.; GINÉS, A. & FORNÓS, J.J. (2011): Dades sobre paleocarst i espeleocronologia de les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. Endins, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 213-226. Palma.
- GÓMEZ - PUJOL, L. (2006): *Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes carbonatades de Mallorca*. Tesi doctoral. Inèdita. Departament de Ciències de la Terra. Universitat Illes Balears. 223 pàgs. Palma.

- 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. Palma.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; BALAGUER, P. & FORNÓS, J.J. (2007): El litoral de Mallorca: Síntesis geomórfica. In: FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GÓMEZ-PUJOL, LL. (eds.) *Geomorfologia Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 39-59. Palma.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; FORNÓS, J.J. & POMAR, F. (2011): El *Karren* litoral a les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. *Endins*, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 69-84. Palma.
- GRÀCIA, F. & VICENS, D. (1998): Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In: *Aspectes geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. FORNÓS, J.J. (ed.). Edició en commemoració del X *Symposium* sobre l'Ensenyament de les Ciències de la Terra (AEPECT) a la Universitat de les Illes Balears: 307-329. Palma.
- 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. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & 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. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. & LAVERGNE, J.J. (2000): Les coves de Cala Varques. *Endins*, 23: 41-57. Palma.
- 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.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2011): Morfologies de corrosió de la zona de mescla a les cavitats subaquàtiques de la franja litoral del Llevant i migjorn de Mallorca. GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. *Endins*, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 133-146. Palma.
- POMAR, L.; ESTEBAN, M.; 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*, 1983: 139-175. Palma.
- ROBLEDO, P. A. (2005): *Los paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: análisis geográfico, genético, geológico y evolutivo*. Tesis Doctoral. Inédita. Universitat de les Illes Balears. Departament de Ciències de la Terra. 595 pàgs. Palma.
- ROSSELLÓ-VERGER, V.M. (1964): *Mallorca. El Sur y Sureste*. (Tesis Doctoral). Cámara de Comercio, Industria y Navegación. 553 pàgs. Palma.
- ROSSELLÓ-VERGER, V.M. (1975): El litoral de Mallorca. Assaig de genètica i classificació. Conferència pronunciada a l'acte de concessió del Premi « Ciutat de Palma » de Ciències. 11-gener-1975, *Mayurqa*, 14: 5-19. Palma.
- ROSSELLÓ-VERGER, V.M.; BALAGUER, P.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; PARDO-PASCUAL, J.E. & SEGURA, F. (2007): El modelado de la costa rocosa oriental de Mallorca: macro, meso y microformas. In: FORNÓS, J.J.; GINÉS, J. & GÓMEZ-PUJOL, LL. (eds.) *Geomorfologia Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 153-172. Palma.
- SERVERA, J. (2004): *Geomorfologia del litoral de les illes Balears*. Quaderns de natura de les Balears. Edicions Documenta Balear. 88 pàgs. Palma.
- VICENS, D. & GRÀCIA, F. (1998): Aspectes paleontològics i estratigràfics del Plistocè superior de Mallorca. In: FORNÓS, J.J. (ed.) *Aspectes geològics de les Balears (Mallorca, Menorca i Cabrera)*. X *Symposium* sobre l'Ensenyament de les Ciències de la Terra (AEPECT). Universitat de les Illes Balears: 191-220. Palma.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; LANDRETH, R.; CLAMOR, B. & DOT, M.A. (2001): La cova de ses Pedreres (Manacor, Mallorca). *Endins*, 24: 107-111. Palma.
- VICENS, D. & CRESPI, D. (2003): Les coves litorals situades a la franja costanera entre el Mal Pas i el Cap Gros (Alcúdia, Mallorca) 1ª part. *Endins*, 25: 117-130. Palma.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. & 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. Palma.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F.; BALAGUER, P.; GINARD, A.; CRESPI, D. & BOVER, P. (2011): Cavitats litorals de gènesi marina a les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El carst: patrimoni natural de les Illes Balears*. *Endins*, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 227-236. Palma.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F. & GINÉS, A. (2012): Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. In: GINÉS, A. GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L. ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: a Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 55-83. Palma.
- VICENS, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F.; BOVER, P.; CRESPI, D.; BALAGUER, P. & PONS, G.X. (2017): Cuevas de abrasión marina en el litoral de las Islas Baleares. In: *IX Jornadas de Geomorfología Litoral (Menorca, 2017)*. *Geo-Temas*: 27-30. Maó.



El nivell marí a Mallorca durant el darrer interglacial (MIS-5): estat de la qüestió basat en les datacions d'espeleotemes freàtics

Joaquín GINÉS ^{1,2}, Angel GINÉS ^{1,2}, Joan J. FORNÓS ^{1,2}, Francesc GRÀCIA ^{1,2}, Paola TUCCIMEI ³, Michele SOLIGO ³, Bogdan P. ONAC ^{2,4} i Victor J. POLYAK ⁵

¹ Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: jginesgracia@yahoo.es

² Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

³ Dipartimento di Scienze. Università Roma Tre. Roma.

⁴ School of Geosciences. University of South Florida. Tampa, FL, USA.

⁵ Earth & Planetary Sciences. University of New Mexico. Albuquerque, NM, USA.

Abstract

Among the specialized studies on the Quaternary of Mallorca, the knowledge of the sea paleolevels in the western Mediterranean basin has a significant body of research, developed during the second half of the last century by authors such as Karl W. Butzer and Joan Cuerda. The classic paleontological and geomorphological record, based on the study of the island's fossil beaches, was supplemented from the 70s with a new register that offered great geochronological possibilities: the study of the phreatic overgrowths on speleothems (POS) of Mallorcan coastal caves. These crystalline precipitates record the sea level with extraordinary resolution, and are also capable of being accurately dated using radiometric techniques based on the Uranium series (mainly U/Th). In the following pages, a review of the available knowledge about the sea level in Mallorca during the last interglacial stage (MIS-5) is made, starting from the classic vision based on the malacological study of the "raised beaches", to the data from numerous recently published radiometric datings of phreatic overgrowths on speleothems. This peculiar register provided by our littoral caves reliably documents that the sea level remained relatively stable, at an altitude of 2.15 ± 0.75 m, during the time span from 126.6 to 116 ka BP (MIS-5e), which would correspond to the Eemian (the very late Eutyrrhenian, according to the terminology used by Joan Cuerda); it is also documented a high sea level (+1 m approx.) between 82 and 80 ka BP (MIS-5a), which would be equivalent to the Neotyrrhenian stage of the same author.

Resumen

Entre los estudios especializados sobre el Cuaternario de Mallorca, el conocimiento de los paleoniveles del Mediterráneo occidental cuenta con un importante acervo de investigaciones, desarrolladas durante la segunda mitad del siglo pasado por autores como Karl W. Butzer y Joan Cuerda, entre otros. El registro paleontológico y geomorfológico clásico, basado en el estudio de las playas fósiles de la isla, se vio complementado a partir de los años 70 con un nuevo registro que ofrecía grandes posibilidades geocronológicas: el estudio de los espeleotemas freáticos (POS) de las cuevas costeras mallorquinas. Estos precipitados cristalinos registran con extraordinaria resolución el nivel marino, y además son susceptibles de ser datados con precisión mediante técnicas radiométricas basadas en las series del Uranio (U/Th principalmente). En las siguientes páginas se hace una revisión de los conocimientos disponibles sobre el nivel marino en Mallorca durante el último estadio interglacial (MIS-5), partiendo desde la visión clásica basada en el estudio malacológico de las "playas levantadas", hasta los datos procedentes de numerosas dataciones de espeleotemas freáticos publicadas recientemente. Este peculiar registro que proporcionan nuestras cuevas litorales documenta de forma fehaciente que el nivel marino se mantuvo relativamente estable, a una altitud de $2,15 \pm 0,75$ m, durante el lapso de tiempo comprendido desde 126,6 a 116 ka BP (MIS-5e), que correspondería al Eemiense (el Eutirreniense más reciente de Joan Cuerda); también se registra un nivel marino elevado (+1 m aprox.) entre 82 y 80 ka BP (MIS-5a), el cual equivaldría al piso Neotirreniense del mismo autor.

Ginés, J. et al. (2020): El nivell marí a Mallorca durant el darrer interglacial (MIS-5): estat de la qüestió basat en les datacions d'espeleotemes freàtics.

Papers Soc. Espeleo. Balear, 3: 115-132. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.

Rebut: 4 novembre 2020; Revisat: 8 desembre 2020; Acceptat: 10 desembre 2020.

Publicat online: 21 desembre 2020.

Introducció

A part de les investigacions sobre la fauna plio-quatèrnària de les Balears (ALCOVER et al., 1981; BOVER et al., 2008), la major part dels estudis sobre el quatèrnari de Mallorca s'han centrat principalment en les restes de platges elevades del litoral illenc com a eina per a la reconstrucció de la història del nivell marí en el nostre entorn geogràfic. Aquestes tasques començaren a la dècada dels 50 del passat segle, donant com a resultat alguns treballs clau com són les publicacions de BUTZER & CUERDA (1962), CUERDA (1975) o BUTZER (1975).

Altres vessants de l'estudi del quaternari han estat bastant manco treballades –entre les quals citarem per exemple les morfologies i dipòsits associats a climes freds pleistocènics–, mentre que són prou nombrosos els aspectes geocronològics que es deriven d'un seguit d'investigacions relativament recents sobre el carst i les coves de l'illa; una revisió general de tots aquests temes es pot consultar a la monografia editada per GINÉS et al. (2012a). Nogensmenys, i sense abandonar la geomorfologia litoral, cal esmentar també alguns treballs posteriors sobre ventalls al·luvials, que es presenten interdigitats amb sediments costaners eòlics i/o de platges (POMAR et al., 2018).

Al llarg dels anys 70 s'inaugura una nova línia de recerca sobre la història del nivell de la Mediterrània a Mallorca, basada en l'estudi dels espeleotemes freàtics de les coves costaneres de l'illa (GINÉS & GINÉS, 1974; POMAR et al., 1976, 1979; GINÉS et al., 1981a, 1981b). Aquesta línia de treball ofereix resultats encoratjadors durant les dècades dels 80 i 90, des del moment en que es comencen a realitzar datacions radiomètriques U/Th d'aquests dipòsits cristal·lins (HENNIG et al., 1981; GINÉS & GINÉS, 1989, 1993; GINÉS et al., 1999; TUCCIMEI et al., 1997, 1998, 2000). Tot aquest important corpus de publicacions ha permès establir una corba detallada del nivell marí a Mallorca durant el pleistocè superior i l'holocè, que s'ha anat complementant i refinant al llarg del temps (GINÉS, 2000; VESICA et al., 2000; FORNÓS et al., 2002; TUCCIMEI et al., 2006, 2010, 2012; GINÉS et al., 2012b).

Al present treball es pretén fer una revisió exhaustiva dels coneixements sobre el nivell marí a Mallorca durant el darrer interglacial, considerat aquest en sentit ampli –*Marine Isotope Stage* (MIS) 5–, començant des de les aportacions rellevants inicials de fa gairebé 60 anys fins a incorporar els darrers treballs sobre espeleotemes freàtics, fruit de diverses col·laboracions internacionals (DORALE et al., 2010; POLYAK et al., 2018). Aquesta revisió també inclou diverses contribucions més o manco recents sobre la matèria, provinents de l'estudi de les platges fòssils de l'illa (HEARTY et al., 1986; HILLAIRE-MARCEL et al., 1996; MUHS et al., 2015; ROVERE et al., 2016a; LORSCHIED et al., 2017; STOCCHI et al., 2018). Tot aquest conjunt de dades permet construir un panorama a bastament acurat sobre el nivell marí durant el pleistocè superior (emià), a la nostra àrea geogràfica.

Alguns conceptes bàsics

En aquest apartat es procura establir diversos conceptes que considerem fonamentals per tal de poder desenvolupar correctament la matèria que ens ocupa. Aquests aspectes se centren sobretot en qüestions paleoclimàtiques i geocronològiques, així com en alguns dels mecanismes geofísics que controlen la posició del nivell marí.

Variabilitat climàtica i geocronologia

És ben conegut que el clima durant el quaternari (els darrers 2,59 milions d'anys) ha estat marcat per l'alternança de glaciacions i d'episodis interglacials, amb una ciclicitat variable però propera als 100.000 anys (100 ka). Aquesta acusada variabilitat climàtica està ocasionada per causes diverses relacionades majoritàriament amb paràmetres orbitals de la Terra al voltant del Sol: excentricitat de l'òrbita, variacions en la inclinació de l'eix de la Terra, precessió i altres moviments de l'eix, així com d'altres causes degudes a sobtades reorganitzacions del sistema oceà-atmosfera (MILANKOVITCH, 1941; MARTINSON et al., 1987; BROECKER & DENTON, 1989). Els factors esmentats propiciaren, durant les glaciacions, l'acumulació d'ingents masses d'aigua immobilitzades sobre els continents en forma de gel, amb la conseqüent davallada del nivell de les aigües oceàniques, fins i tot més del centenar de metres; en contraposició, els esdeveniments interglacials es caracteritzaren per pujades del nivell oceànic global, que assolí en diferents ocasions cotes superiors al nivell d'avui en dia (TOOLEY & SHENNAN, 1987).

Als treballs més antics, aquestes variacions del nivell de les aigües oceàniques –o *eustàsia*– foren ubicades, a la conca mediterrània, dins del marc geocronològic de les cinc grans glaciacions alpines: Donau, Gunz, Mindel, Riss i Würm, de més antic a més recent (FAIRBRIDGE, 1961; GUILCHER, 1969); dins d'aquest context, el terme tirrenià (actualment obsolet) fou encunyat a començaments del segle XX, per fer referència a l'interval de temps comprès entre el final del pleistocè mitjà –sicilià– i l'holocè (CITA et al., 2005). Amb posterioritat, aquest esquema cronològic dels temps quaternaris s'ha vist substituït per l'ús dels estadis isotòpics establerts a partir del registre sedimentari marí (*Marine Isotope Stages*, MIS), ús que fou introduït primerament per EMILIANI (1955) i generalitzat amb els

treballs de SHACKLETON & OPDYKE (1973). Aquest registre està basat en les paleotemperatures deduïdes a partir dels isòtops de l'oxigen de les closques de foraminífers presents a la sedimentació marina profunda; tot això, sustentat per una cronologia cada vegada més acurada (LISIECKI & RAYMO, 2005). Actualment es distingeixen més de cent estadis isotòpics al llarg del quaternari, que van numerats començant per l'estadi 1, que correspon a l'holocè, fins arribar al 104 ja als inicis del pliocè. Dins d'aquest esquema general, els estadis senars corresponen a esdeveniments relativament càlids, mentre que els parells representen estadis de signe fred. El darrer període interglacial (MIS-5), que serà el nostre objecte d'atenció, comprèn més o manco dels 130 als 80 ka BP, i normalment és divideix en cinc subestadis que van del 5a (el més recent) fins al 5e, el més antic, que representa el màxim tèrmic d'aquest interglacial.

Causas que influeixen en la posició del nivell marí

Les variacions eustàtiques del nivell marí són un tema que presenta una notable complexitat. Alguns autors, com per exemple MÖRNER (1983), distingeixen diversos tipus de variacions eustàtiques amb molt diferents amplituds mètriques i freqüències temporals que, de major a menor, serien: la *tectono-eustàsia*, que es referiria a les modificacions en el volum de les conques oceàniques; la *glacio-eustàsia* i la *hidro-eustàsia*, que operen mitjançant la variació del volum de les aigües oceàniques, a causa de l'alternança entre glaciacions i períodes interglacials; i la *eustàsia geoidal*, que implica la redistribució irregular de les aigües oceàniques com a conseqüència de l'equilibri entre forces gravitacionals i rotacionals de la Terra. La primera d'elles actuaria amb freqüències de fins a milions d'anys, mentre que la *glacio-eustàsia* operaria en cicles al voltant dels 100 ka, amb amplituds de les variacions superiors als 100 m; la *eustàsia geoidal*, pot implicar diferències en el nivell marí superiors als 100 m, amb una freqüència normalment inferior als 10 ka (MÖRNER, 1983). A tot això, caldria afegir encara el diferent volum de les masses oceàniques en funció de la seva temperatura.

La visió general que hem descrit fins ara, de fet encara assoleix major complexitat degut a la intervenció de tota una sèrie de variables de caràcter més local, que són descrites de manera molt didàctica al treball de ROVERE et al. (2016b). Entre els factors que determinen la posició del nivell marí a un punt concret del planeta, a part de les variacions eustàtiques pròpiament dites, cal tenir en compte tota una sèrie de variables, entre les que esmentarem: els ajustaments isostàtics produïts per la redistribució de les càrregues de masses glacials i oceàniques, a causa de l'alternança climàtica (*Glacial Isostatic Adjustment*, GIA); els moviments verticals deguts a fluxos dinàmics regionals al mantell de la Terra (*Mantle Dynamic Topography*, DT); o, finalment, fenòmens molt més localitzats d'elevació o subsidència tectònica.

Nivell marí relatiu (RSL - Relative Sea Level) i nivell marí eustàtic (GMSL - Global Mean Sea Level)

L'actuació conjunta de totes les causes i factors esmentats ens dona origen a un registre de la posició del nivell marí –per exemple, una platja fòssil aixecada– corresponent a un moment determinat i a una àrea concreta. Es tractaria del que es denomina un *nivell marí relatiu* (*Relative Sea Level*, RSL), ja que aquest nivell no obeeix exclusivament a causes eustàtiques, sinó que incorpora variables d'altres factors com, per exemple, elevació neotectònica, ajustaments isostàtics, etc. (ROVERE et al., 2016b).

Per altra banda, als investigadors que treballen en paleoclima els resulta de gran interès conèixer la dinàmica global del sistema atmosfera-hidrosfera, per tal de poder establir prediccions sobre aspectes com el canvi climàtic i les seves conseqüències. Així, les investigacions recents tendeixen a aportar dades que intenten depurar els registres de *nivells marins relatius* (RSL), eliminant la contribució d'aspectes que no estan lligats estrictament a l'eustàsia, com són per exemple els ajustaments isostàtics glacials (GIA). Aquestes correccions, per tal d'eliminar la contribució del GIA en el registre de paleonivells marins, es fa mitjançant models matemàtics que avaluen el comportament visco-elàstic de l'astenosfera. D'aquesta manera s'arriba al concepte de *nivell marí mitjà global* (*Global Mean Sea Level*, GMSL), o *nivell marí eustàtic* (*Eustatic Sea Level*, ESL), que correspondria a les variacions del nivell del conjunt dels oceans produïdes per causes exclusivament eustàtiques.

A tall de conclusió, quan observem un indicador d'un paleonivell marí –per exemple, uns sediments de platja fòssil, o una alineació d'espeleotemes freàtics litorals– situat a una cota concreta, hem de tenir present que es tracta d'un RSL ja que la seva posició està determinada per l'eustàsia, però afectada per factors locals no eustàtics. És a dir, la seva altitud no implica l'existència d'un nivell marí global d'aquesta mateixa magnitud.

Els treballs clàssics (J. Cuerda i K.W. Butzer)

Les investigacions modernes sobre el quaternari marí de Mallorca comencen a la dècada dels 50 del segle passat, de la mà dels treballs realitzats pels naturalistes locals Andreu Muntaner Darder i Joan Cuerda Barceló (VICENS et al., 2012; VICENS, 2015); alguns anys més tard s'afegeix a aquestes tasques el geomorfòleg nord-americà Karl W. Butzer, que complementarà de manera eficaç les recol·leccions malacològiques de Joan Cuerda.

Fruit de les diverses campanyes realitzades per aquests dos autors, es publicà un treball clau que aporta una visió completa de les seves investigacions sobre la cronoestratigrafia del pleistocè superior i mitjà al sud de Mallorca (BUTZER & CUERDA, 1962). En aquest treball es mostra una corba dels nivells marins relatius, deduïts dels dipòsits pleistocènics de la zona meridional de l'illa (Figura 1). L'escala

cronològica d'aquesta corba inclou tan sols la posició de les dues darreres glaciacions alpines (Riss i Würm), sense aportar cap estimació sobre edats absolutes. Pel que fa a la terminologia, distingeix tres grups de dipòsits tirrenians: el *Tyrrhenian I*, que correspon als jaciments anteriors al Riss; el *Tyrrhenian II* amb fauna termòfila que es relaciona, de manera àmplia i ambigua, amb l'interglacial Riss-Würm; i finalment el *Tyrrhenian III*, que designa els dipòsits immediatament anteriors a la glaciació Würm, amb fauna termòfila empobrada. Per tal d'anar situant l'àmbit cronològic objecte de la nostra atenció, podem intentar avançar que els jaciments corresponents al MIS-5 serien previsiblement els pertanyents als estadis *TIIb* i *TIII* (Figura 1), amb alçades que oscil·larien entre els +2 i els +9 m s.n.m.; els dipòsits atribuïts a l'estadi *TIIa* haurien de correspondre, amb bastant probabilitat, com a mínim al MIS-7.

Al llarg dels anys 60 i 70, l'activitat investigadora de Joan Cuerda cristal·litza en la publicació d'una important monografia sobre la matèria, titulada *Los tiempos Cuaternarios en Baleares* (CUERDA, 1975), que aglutina les observacions efectuades anteriorment amb Karl W. Butzer, juntament amb les dades procedents de jaciments emblemàtics del pleistocè superior de la badia de Palma, com és el cas del Camp de Tir situat a la zona d'es Carnatge (VICENS et al., 2012). La monografia en qüestió aporta una nova corba del nivell marí, basada en els dipòsits estudiats per Joan Cuerda a Mallorca (Figura 2); aquesta corba, a més de situar els jaciments en el marc de les dues darreres glaciacions alpines, proporciona una escala absoluta d'edats, basades en les datacions radiomètriques de mol·luscs efectuades en el seu moment per STEARNS & THURBER (1965). La terminologia emprada per CUERDA (1975) difereix de la utilitzada anys abans per BUTZER & CUERDA (1962): el *TIII* és designat ara amb el terme *Eutyrrheniense* (o eutirrenià), mentre que el *TIIb* és referit com el *Neotyrrheniense* (o neotirrenià). De bell nou el significat cronoestratigràfic de l'eutirrenià és molt ambigu, donat que abraça fins a tres paleonivells marins relativament antics (amb alçades entre +14 i +3 m) que probablement haurien de correspondre als estadis MIS-7 o 9. Els nivells marins que poden ser atribuïts al MIS-5 (Figura 2), se situen entre +1 i +3 m, de tal

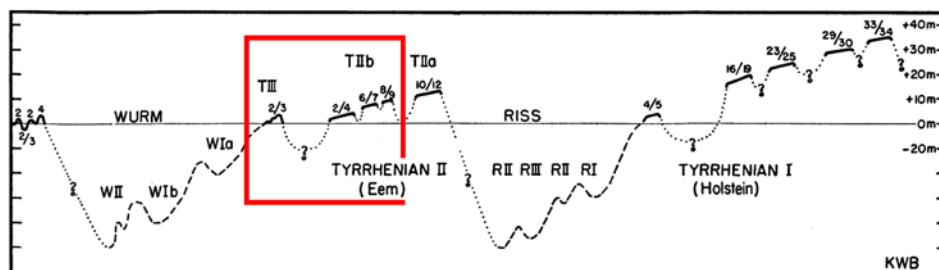


Figura 1: Corba generalitzada del nivell marí relatiu a Mallorca deduïda a partir dels dipòsits quaternaris del sud de l'illa, segons BUTZER & CUERDA (1962); dibuix original sense escala temporal. El requadre vermell indica els paleonivells marins que presumiblement corresponen a l'estadi isotòpic MIS-5.
Figure 1: Generalized curve of relative sea level deduced from Quaternary deposits of southern Mallorca, after BUTZER & CUERDA (1962); original sketch without time scale. The red box indicates the high sea stands presumably corresponding to stage MIS-5.

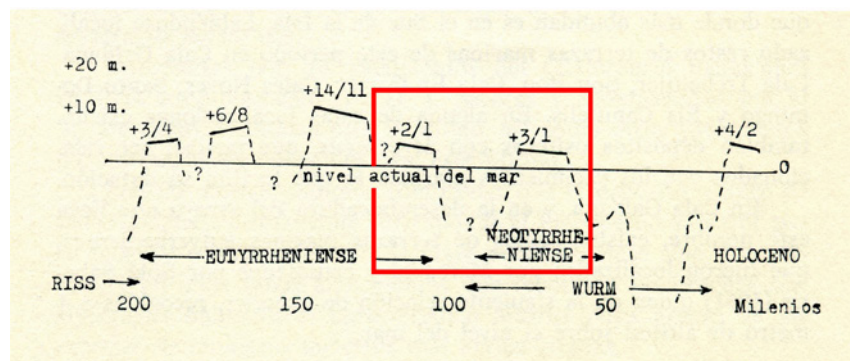


Figura 2: Els nivells marins del pleistocè superior a Mallorca, segons CUERDA (1975). El requadre vermell assenyalava els paleonivells marins que poden correspondre a l'estadi isotòpic MIS-5.
Figure 2: The Upper Pleistocene sea levels in Mallorca, according to CUERDA (1975). The red box shows those high sea stands that would correspond to stage MIS-5.

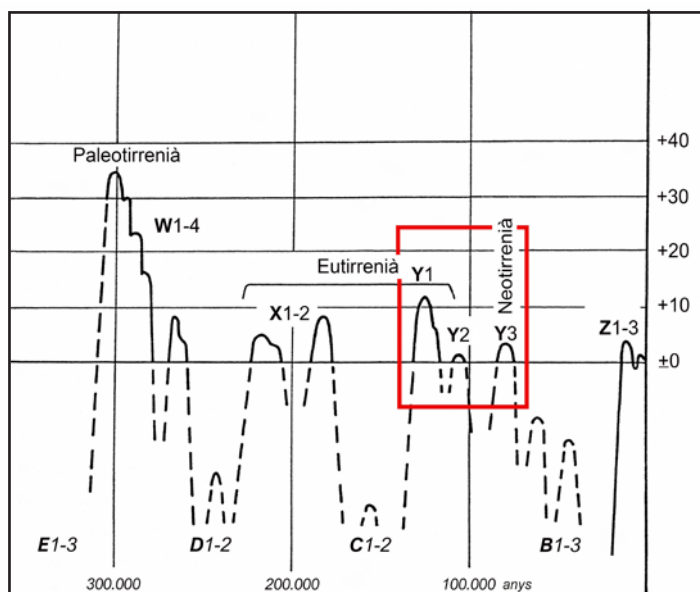


Figura 3: Cicles sedimentaris quaternaris i nivells marins relatius tal i com es troben enregistrats a Mallorca (modificat, a partir de BUTZER, 1975). El requadre vermell indica els hemicles marins que corresponen a l'estadi MIS-5.

Figure 3: Quaternary sedimentary cycles and relative sea levels, as recorded in Mallorca (modified from BUTZER, 1975). The red box indicates the marine hemicycles that would correspond to stage MIS-5.

representats no s'assignen a una successió geocronològica concreta, és a dir no es relacionen amb les glaciacions alpines clàssiques, ni amb els estadis isotòpics marins que ja començaven a estar en ús generalitzat. La corba del nivell marí proposada per BUTZER (1975) mostra una gran semblança

manera que l'eutirrenià recent (*TIIB* de BUTZER & CUERDA, 1962) correspondria al MIS-5e, mentre que el neotirrenià (*TIII*) podria referir-se als dipòsits del MIS-5a.

Els hemicles marins-continents (K.W. Butzer)

El mateix any que Joan Cuerda publicava la seva important monografia, el seu col·lega Karl W. Butzer va treure a la llum un interessant treball on reinterpretava les seves observacions sobre el quaternari litoral de Mallorca (BUTZER, 1975). En aquest article es plantejava una successió d'hemicles marins, amb nivells de la Mediterrània superiors a l'actual (designats amb lletres de la Z, l'holocè, fins a l'U ja en el pleistocè mitjà), separats per hemicles continentals regressius designats amb lletres de la B, la darrera glaciació, a la F (la lletra A designa els dipòsits terrestres subactuals).

La corba del nivell marí a Mallorca, presenta en aquesta ocasió una escala cronològica que arriba fins als 300 ka (Figura 3), però els hemicles amb la corba publicada per CUERDA (1975), emperò amb algunes diferències cronològiques substancials (Figura 3). En aquest sentit, Butzer col·loca el pic corresponent a l'hemicle Y1 en torn als 125 ka BP, mentre que Cuerda dibuixa un pic semblant però més tardà, a prop dels 150 ka BP. Aquesta interpretació de Butzer implicaria que durant l'hemicle Y1 –que es correspondria clarament amb el MIS-5e– el nivell marí a Mallorca hauria pujat per sobre dels +10 m s.n.m. Amb la intenció de clarificar les correspondències terminològiques i cronològiques entre els treballs clàssics de Butzer y de Cuerda, hem elaborat la Taula 1 on s'intenta, així mateix, una atribució dels diferents episodis que distingeixen aquests autors als estadis isotòpics marins (MIS) actualment utilitzats.

Cronologia (ka B.P.)	Estadis isotòpics	BUTZER & CUERDA (1962)	CUERDA (1975)	BUTZER (1975)
10	1	FLANDRIÀ	FLANDRIÀ	Z1-3
	2	WÜRM		B1-3
	3			
	4			
85	5 a	TIRRENIÀ III	NEOTIRRENIÀ	Y3
125	5 e	TIRRENIÀ IIb	EUTIRRENIÀ	Y2 Y1
	6			C1-2
	7	TIRRENIÀ IIa		X1-2
300	8	RISS		D1-2
	9	TIRRENIÀ I	PALEOTIRRENIÀ	W1-4
	10			E1-3
400	11	SICILIÀ II ?	SICILIÀ II ?	V1-2

Taula 1: Correspondència entre les nomenclatures utilitzades als treballs clàssics de Joan Cuerda i Karl W. Butzer, i l'escala cronològica basada en els estadis isotòpics marins (modificat a partir de GINÉS, 2000). El requadre vermell indica els paleonivells marins que presumiblement corresponen a l'estadi isotòpic MIS-5.

Table 1: Correspondence between the nomenclatures used in the classical papers of Joan Cuerda and Karl W. Butzer and the chronological scale based on marine isotopic stages (modified from GINÉS, 2000). The red box indicates the high sea stands presumably corresponding to stage MIS-5.

Els espeleotemes freàtics: primers resultats

L'any 1972 arran de l'exploració i topografia de la Cova de sa Bassa Blanca (Alcúdia) es va inaugurar una profitosa línia d'investigació, que s'inicià aquell mateix any amb una comunicació presentada al *II Congreso Nacional de Espeleología*, celebrat a Oviedo, i que fou publicada dos anys després (GINÉS & GINÉS, 1974). A l'esmentat treball es relacionaven

els espeleotemes freàtics, observats en aquesta excepcional cavitat, amb els paleonivells marins del pleistocè mitjà i superior reconeguts al registre de línies de costa i platges fòssils de l'illa (BUTZER & CUERDA, 1962). Els espeleotemes freàtics consisteixen en bandes horitzontals de cristallitzacions de carbonats (calcita i/o aragonita) que es formen a la superfície dels llacs de les coves litorals, la posició al·timètrica dels quals està controlada en tot moment per les variacions actuals o pretèrites del nivell de les aigües marines. Aquests dipòsits constitueixen un excel·lent registre del nivell marí postglacial (Figura 4A), així com dels paleonivells marins que tingueren lloc en relació amb les fluctuacions glacio-eustàtiques del pleistocè (Figura 4B-E).

L'estudi d'aquest tipus d'espeleotemes es va veure complementat als anys següents amb observacions morfològiques, mineralògiques i cristal·logràfiques, tant dels dipòsits de la Cova de sa Bassa Blanca, com de precipitats similars subactuals, com els de la Cova de Cala Varques-A, a Manacor (POMAR et al., 1976, 1979). El potencial geocronològic dels espeleotemes freàtics resultava molt prometedora, i així fou divulgat a nivell internacional en dues comunicacions presentades al *Eighth International Congress of Speleology*, que tingué lloc a Bowling Green, USA (GINÉS et al., 1981a, 1981b).

Com a resultat de la projecció internacional d'aquest peculiar registre cronològic dels paleonivells marins a Mallorca, fou possible disposar ben aviat de les primeres datacions radiomètriques d'aquests dipòsits (HENNIG et al., 1981), efectuades mitjançant el mètode U/Th a l'Institut für Kernchemie der Universität zu Köln. Aquestes datacions, encara que molt preliminars i poc precises, confirmaven l'edat holocena dels dipòsits situats al voltant del nivell marí actual (Cova de Cala Varques-A) i, per altra banda, demostraven que alguns dels espeleotemes procedents de la Cova de sa Bassa Blanca corresponien a paleonivells de la Mediterrània ocorreguts durant el pleistocè mitjà.

Continuant amb aquesta darrera localitat alcudienca, també durant aquest mateix any 1981 comencen les activitats del *Projecte Hades*, el qual tenia com a objectiu la recollida de mostres d'espeleotemes freàtics mitjançant la perforació de les parets de la cova, per tal d'obtenir dades estratigràfiques i cronològiques detallades d'aquesta excepcional cavitat (HADES, 1985).

Per tal de donar una idea del grau d'acceptació que tingué a l'àmbit il·lenc aquest nou registre espeleològic de les variacions del nivell marí, bastarà comentar que al llibre *Los Tiempos Cuaternarios en Baleares* (CUERDA, 1975) el seu autor es fa ressò de les recents investigacions en la Cova de sa Bassa Blanca, incloent-hi els espeleotemes freàtics en un gràfic representatiu sobre els aspectes geomorfològics que permeten la identificació dels paleonivells marins (Figura 5).

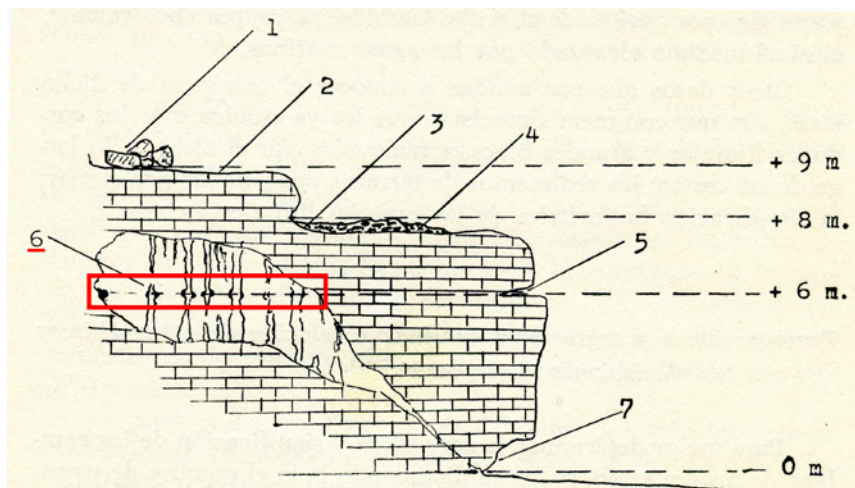


Figura 5: Representació esquemàtica de les conseqüències geomorfològiques dels paleonivells marins en les costes calcàries del sud i llevant de Mallorca (segons CUERDA, 1975). Dins el requadre vermell es representa una alineació horitzontal d'espeleotemes freàtics (POS), que enregistra un antic nivell marí superior a l'actual.

Figure 5: Schematic representation of the geomorphological consequences of ancient sea levels in the limestone coasts of the south and east of Mallorca (according to CUERDA, 1975). Inside the red box a horizontal alignment of phreatic overgrowths on speleothems (POS) is represented, which records an ancient sea level higher than the current one.

Algunes aportacions cronològiques sobre jaciments marins de l'illa

En les darreres dècades del segle XX cal comentar diverses aportacions sobre la cronologia d'alguns jaciments clàssics de Mallorca, com per exemple el Camp de Tir, situat a la zona coneguda com Es Carnatge. Per una banda, HEARTY et al. (1986) publicaren els resultats de datacions de mol·luscs de diversos jaciments quaternaris de la badia de Palma (Camp de Tir) i del sud de l'illa (Son Grauet, Cala Pi, Torre de s'Estalella), obtingudes mitjançant la racemització d'aminoàcids. Les datacions situaren bona part de les mostres analitzades dins del MIS-5e, amb edats al voltant dels 125 ka BP. En canvi, les dates obtingudes al jaciment del Camp de Tir foren bastant contradictòries i poc concloents ja que,

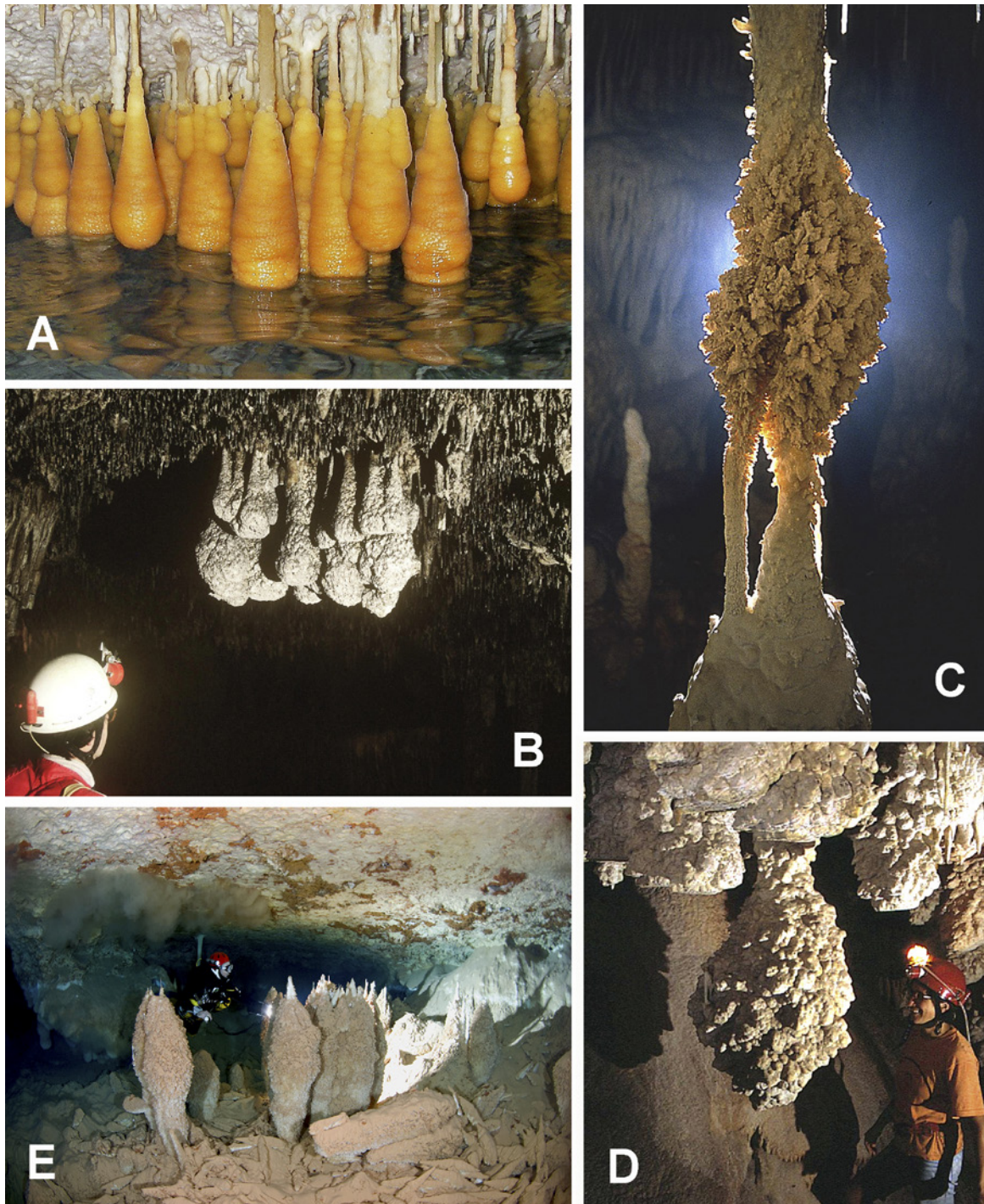


Figura 4: Algunes fotografies d'espeleotemes freàtics (POS) de diverses coves de Mallorca. A: sobrecreixements d'aragonita de singular bellesa que es desenvolupen al voltant del nivell freàtic actual a la Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Foto: A. Merino). B: agrupació d'espeleotemes freàtics que enregistren un paleonivell marí a les Coves del Drac (Manacor), a una alçada de +4 m per sobre del present nivell de la mar (Foto: J. Ginés). C: espectacular sobrecreixement de calcita corresponent al subestadi MIS-5e dins la Cova des Pas de Vallgornera (Lluçmajor), localitzat a una alçada de +2,6 m s.n.m. (Foto: A. Merino). D: dipòsits boteruts d'espeleotemes freàtics de la Cova de na Mitjana (Capdepera), que enregistren un nivell marí pleistocènic a una alçada de +6 m s.n.m. (Foto: J. Ginés). E: banda horitzontal d'espeleotemes freàtics corresponent a un esdeveniment regressiu, submergida a la Cova de sa Gleda (Manacor) a una fondària de -15 m b.n.m. (Foto: A. Cirer).

Figure 4: Some pictures of phreatic overgrowths on speleothems (POS) from several Mallorcan caves. A: nice aragonite encrustations growing at the current water table in Cova des Pas de Vallgornera, Lluçmajor (Photo: A. Merino). B: group of POS crystallizations that record an ancient sea stand in Coves del Drac (Manacor), at an elevation of +4 m above the present-day sea level (Photo: J. Ginés). C: spectacular calcite overgrowth corresponding to MIS-5e in Cova des Pas de Vallgornera (Lluçmajor), located at an elevation of +2.6 m a.s.l. (Photo: A. Merino). D: bulky macrocrystalline POS deposits from Cova de na Mitjana (Capdepera), recording a Pleistocene high sea-stand at +6 m a.s.l. (Photo: J. Ginés). E: band of POS deposits corresponding to a regressive event, submerged in Cova de sa Gleda (Manacor) at a depth of -15 m b.s.l. (Photo: A. Cirer).

mentre la fauna i l'estratigrafia apuntaven cap al MIS-5, les datacions aportaven edats corresponents al MIS-7, entorn als 200 ka BP.

Per altra banda, cal fer referència a les investigacions de HILLAIRE-MARCEL et al. (1996), que es centraren en el jaciment ja esmentat del Camp de Tir. Aquests autors distingeixen dipòsits corresponents a dues pulsacions transgressives del nivell marí, amb alçades entre +2,5 i +3 m, ocorregudes durant el MIS-5e amb unes edats al voltant de 135 i 117 ka BP. Aquesta interpretació, que situa un breu episodi regressiu dins el màxim tèrmic de l'últim interglacial (MIS-5e), està en la línia del que documentaria més tard HEARTY (1998) en estudiar el quaternari marí de l'illa d'Eleuthera, a les Bahames.

Els programes de datació sistemàtica dels espeleotemes freàtics

Al llarg dels anys 80 i 90 del segle passat es desenvolupen successius programes de datació radiomètrica dels espeleotemes freàtics, utilitzant el mètode U/Th. Primerament, i gràcies a la dedicació del desaparegut col·lega Gerd H. Hennig (Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover) es continuà amb la datació de mostres de diverses localitats mallorquines, ja iniciades abans (HENNIG et al., 1981). Els resultats foren encoratjadors, encara que no massa concloents pel que fa al darrer interglacial, donat que bàsicament s'analitzaren mostres bastant antigues (Cova de sa Bassa Blanca, Coves Petites, Cova de na Mitjana), així com espeleotemes de l'holocè (Cova de Cala Varques-A); no obstant això, ja s'obtingué una primera edat pertanyent a l'últim interglacial, procedent de la Cova des Serral (Manacor), amb una cronologia de 105-113 ka BP corresponent a un paleonivell situat a +1,4 m s.n.m. (GINÉS & GINÉS, 1989, 1993).

A partir de 1994 s'emprèn una fructífera col·laboració amb Paola Tuccimei i altres investigadors del Dipartimento di Scienze Geologiche de la Università Roma III, gràcies al finançament inicial que va dotar el Museu Balear de Ciències Naturals (Sóller), i que després va tenir continuïtat amb finançament obtingut, per part de la Universitat de les Illes Balears, dels Ministeris pertinents. Aquesta línia de recerca encara roman activa i ha aportat interessants resultats. En una primera fase es dataren mostres procedents de 8 localitats del llevant de Mallorca, totes elles recol·lectades per sobre del nivell marí actual (TUCCIMEI et al., 1997, 1998). En una fase posterior, es varen datar mostres recol·lectades per davall del present nivell marí en 4 coves del llevant de l'illa, amb la finalitat de documentar els esdeveniments regressius que pogueren estar registrats per alineacions d'espeleotemes freàtics (GINÉS, 2000; TUCCIMEI et al., 2000). Durant aquests mateixos anys es publiquen els primers resultats en revistes internacionals (VESICA et al., 2000; FORNÓS et al., 2002), i es comença a generalitzar l'ús de l'acrònim POS (*Phreatic Overgrowths on Speleothems*) per a designar aquest dipòsits a la bibliografia en llengua anglesa. Cal deixar constància que, en aquestes primeres campanyes, les datacions U/Th eren realitzades mitjançant la tècnica d'espectrometria-alfa, la qual posteriorment va anar sent substituïda per diferents tècniques d'espectrometria de masses, molt més precises; una bona part de les datacions foren efectuades a l'Institut für Geologie, Universität Bern (Suïssa), on es va comptar amb la col·laboració del col·lega Igor M. Villa.

Els successius programes de datació donaren com a resultat una corba del nivell marí relatiu (RSL) a Mallorca, publicada per TUCCIMEI et al. (2006). Aquesta corba estava construïda a partir de 24 mostres d'espeleotemes freàtics, procedents de 11 cavitats del llevant de Mallorca, recol·lectades tant per damunt com per davall del nivell marí actual (Figura 6); el

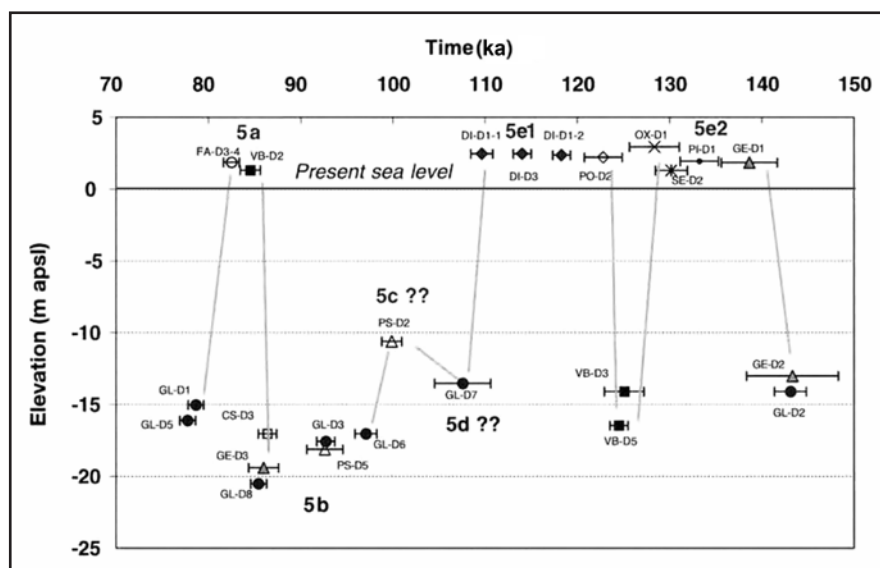


Figura 6: Corba del nivell marí relatiu a Mallorca durant l'estadi MIS-5, basada en les datacions U/Th d'espeleotemes freàtics (POS) publicada per TUCCIMEI et al. (2006).

Figure 6: Relative sea level curve in Mallorca based on U/Th ages of phreatic overgrowths on speleothems (POS), according to TUCCIMEI et al. (2006).

conjunt de les dades presentava en principi una robustesa major que els primers programes de datació, donat que les edats estaven obtingues per diferents tècniques d'espectrometria de masses (TIMS i MC-ICPMS). La corba obtinguda mostrava dos subestadis amb nivell marí superior a l'actual: el MIS-5e entre +2 i +3 m (de 138 a 110 ka BP) i el MIS-5a entre +1,4 i +1,9 m s.n.m. (al voltant dels 84-82 ka). Les datacions efectuades sobre mostres recollides per sota del nivell de la mar, documentaven diversos episodis regressius (MIS-5b, MIS-5d), entre els quals cal destacar una davallada del nivell marí al voltant de -15 m ocorreguda sobre els 125 ka BP, a mitjan del subestadi MIS-5e. Aquest breu episodi regressiu, coincidiria més o manco amb el que observava HILLAIRE-MARCEL (1996) en el jaciment del Camp de Tir. En qualsevol cas, cal comentar que les datacions procedents de mostres recollides per davall del nivell freàtic actual han mostrat algunes febleses, tal i com es comentarà més endavant.

Algunes informacions procedents de la datació d'espeleotemes vadosos

Malgrat que l'objectiu d'aquestes pàgines està focalitzat en les informacions obtingudes de l'estudi dels espeleotemes freàtics, convé també fer una ullada a algunes dades que es poden despendre de les datacions d'espeleotemes vadosos procedents de cavitats costaneres (estalagmites i colades, bàsicament). Aquest tipus d'espeleotemes convencionals són susceptibles de documentar també la posició dels paleonivells marins, donat que la deposició d'aquesta mena de dipòsits requereix que el nivell marí sigui inferior a la cota on ha tingut lloc la seva formació. En poques paraules, els espeleotemes vadosos poden permetre una reconstrucció indirecta dels nivells màxims assolits per les aigües marines durant les pulsacions de signe càlid, tal com s'assenyala a ONAC et al. (2012).

Les investigacions que aporten dades cronològiques d'aquest tipus de registre del nivell marí en Mallorca són escasses. Cal referir-se, d'una banda, a les datacions publicades per ANDREWS et al. (1989) referides a les colades estalagmítiques de la Cova de na Barxa (Capdepera) que suporten el jaciment-típus de *Myotragus balearicus*, bòvid del pleistocè i holocè de les Gimnèsies. El gruix de les datacions de les colades basals del jaciment subministren edats compreses entre 198 i 157 ka BP; és a dir, aquestes capes estalagmítiques es dipositaren durant el MIS-6, que és l'estadi de signe fred immediatament anterior al darrer interglacial. Òbviament, la deposició d'espeleotemes vadosos degué aturar-se durant el subestadi MIS-5e, degut a que aquests dipòsits es troben a una alçada inferior als +2 m. No obstant això, una datació de les capes superiors d'aquestes colades dona una edat de 119 ka que podria relacionar-se amb la finalització de la transgressió corresponent al darrer interglacial; però tampoc es pot descartar una relativa feblesa d'aquesta dada cronològica, deguda a contaminació detrítica de les capes superficials de la colada, a més de tractar-se de datacions relativament antigues i efectuades encara amb tècniques d'espectrometria-alfa.

Per altra banda, l'estudi d'una estalagmita procedent de la Cova de Cala Falcó (Manacor) documenta amb claredat l'existència d'un hiatus en el creixement d'aquest espeleotema vadós (HODGE et al., 2008), que els autors atribueixen a la seva immersió a causa d'una transgressió marina puntual i relativament breu. Les datacions de l'esmentada estalagmita situen el seu creixement entre els 112,2 fins al 48,5 ka BP, amb una clara interrupció ocorreguda dels 84,6 als 75,3 ka BP; aquestes dates confirmarien un nivell marí elevat (aprox. +2 m) corresponent al MIS-5a (el neotirrenià, de Cueda), compatible amb el paleonivell d'aquesta cronologia que apareix enregistrat en aquesta mateixa localitat i en altres coves del llevant de l'illa (TUCCIMEI et al., 2006).

Noves datacions d'espeleotemes freàtics del subestadi MIS-5a

Una nova remesa de datacions d'espeleotemes freàtics efectuades gràcies a la col·laboració amb Bogdan P. Onac, de la University of South Florida (Tampa, USA), i Jeffrey A. Dorale, de la University of Iowa (USA), aportaren interessants precisions sobre el nivell marí durant els moments més recents del MIS-5, publicades en una prestigiosa revista internacional (DORALE et al., 2010). En aquesta nova campanya de datacions U/Th s'analitzaren 12 mostres d'espeleotemes freàtics provinents de 5 coves del llevant i sud de Mallorca. Un total de 10 de les datacions efectuades documentaven un nivell marí situat entre +1,25 i +1,6 m s.n.m., amb una cronologia de 80,1 a 81,9 ka BP, que es correspon amb claredat amb el MIS-5a; aquestes datacions vindrien a confirmar l'existència d'un episodi

transgressiu ocorregut al voltant dels 81 ka BP –ja detectat a la corba aportada per TUCCIMEI et al. (2006)– que correspondria al pis neotirrenià, segons la terminologia de CUERDA (1975). En la publicació de DORALE et al. (2010) també s'aportaven 2 datacions de POS procedents de la Cova des Pas de Vallgornera, que documentaven un paleonivell relatiu marí situat a +2,6 m, amb unes edats de 116,2 i 120,6 ka BP; òbviament es tracta de mostres atribuïbles al màxim tèrmic del darrer interglacial, és a dir al MIS-5e.

A la Figura 7 es pot observar la corba del nivell marí a Mallorca proposada per DORALE et al. (2010), juntament amb la corba del nivell oceànic global deduïda per SHACKLETON (2000) a partir del registre marí d'isòtops de l'oxigen (part superior de la figura). Els esdeveniments regressius que apareixen reflectits a la meitat inferior de la Figura 7 (signes blaus) reproduïxen les dades publicades prèviament per TUCCIMEI et al. (2006).

Un aspecte a ressaltar dins la publicació de DORALE et al. (2010) consisteix en el fet que es discuteix la possible influència dels ajustaments isostàtics glacials (GIA), en el nivell marí relatiu documentat a Mallorca en correspondència amb el subestadi MIS-5a. Els autors proposen la possibilitat de que l'illa es trobi, a efectes del GIA, en una estreta zona de transició entre regions d'emersiò o d'immersiò, de tal manera que el nivell marí al nostre entorn geogràfic segueix amb bastant fidelitat la corba eustàtica global. D'aquesta forma, un nivell oceànic global (GMSL) de devers +1 m per sobre del present nivell marí, implicaria que durant el MIS-5a el conjunt del planeta presentava menys massa glacial que l'existent avui en dia.

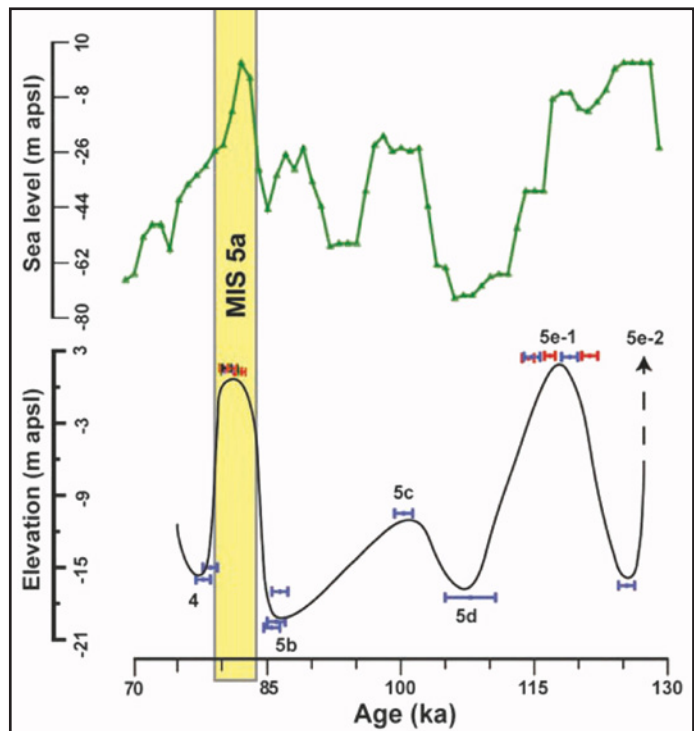


Figura 7: Reconstrucció del nivell marí a Mallorca durant l'estadi MIS-5 (corba inferior) incloent, dins la columna groga, les datacions d'espeleotemes freàtics corresponents al MIS-5a (modificat, a partir de DORALE et al., 2010). La corba verda de la part superior representa una estimació del volum global de les aigües oceàniques, en base al registre marí profund (SHACKLETON, 2000).

Figure 7: Sea level reconstruction of MIS-5 in Mallorca (lower curve) including, inside the yellow column, the datings of MIS-5a POS samples (modified from DORALE et al., 2010). The green curve in the upper part of the figure represents an estimation of oceanic global water volume, deduced from the deep marine record (SHACKLETON, 2000).

Workshop “Sea level changes into MIS-5” (Palma, 2012)

L'abril de 2012 es va desenvolupar a Palma una trobada internacional sobre els canvis del nivell marí durant el darrer interglacial, impulsada per la National Science Foundation (USA), la Universitat de les Illes Balears i la Societat d'Història Natural de les Balears, esdeveniment que comptà amb el suport del MINECO. En ocasió d'aquest *workshop* es va publicar una monografia sobre el quaternari de Mallorca, que feia a més les funcions de llibre-guia per als participants a la trobada (GINÉS et al., 2012a).

L'esmentada monografia inclou un treball que s'ocupa d'actualitzar els coneixements derivats de 40 anys d'investigacions sobre els espeleotemes freàtics de Mallorca (GINÉS et al., 2012b). Centrant-nos en el pleistocè superior, se subministren dades de 36 mostres de POS procedents de 13 cavitats del llevant i sud de l'illa. La corba actualitzada del nivell marí que s'aporta (Figura 8) és molt semblant a la prèviament publicada a TUCCIMEI et al. (2006); les diferències més significatives serien, per una banda, la documentació més robusta del nivell marí durant el MIS-5a (aprox. +1 m s.n.m., entre 80 i 82 ka BP) en incorporar les datacions efectuades per DORALE et al. (2010) i, per altra banda, el fet que l'episodi regressiu dibuixat a mitjan MIS-5e (aprox. 125 ka BP) es planteja amb un clar interrogant. En aquest sentit, cal tenir present que aquesta davallada del nivell marí està documentada només per dues datacions d'una sola localitat. A més a més, en aquells moments es començaren a aixecar dubtes raonables sobre la bondat d'algunes de les datacions d'espeleotemes freàtics recollits per davall del present nivell marí. Això es deu a que molts d'aquests POS, que es troben actualment

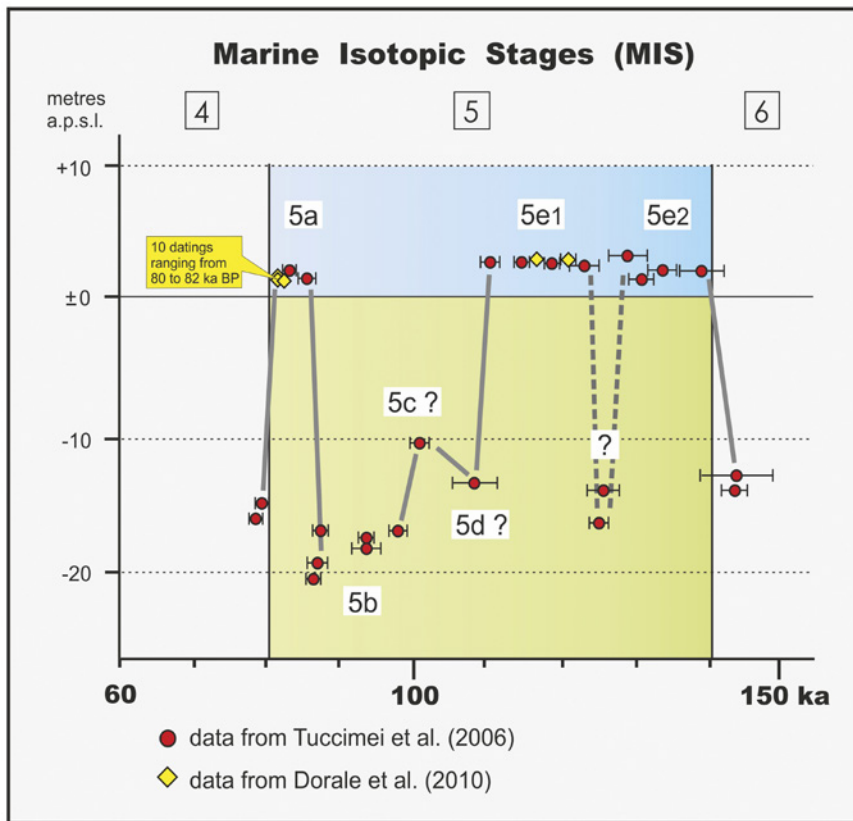


Figura 8: Corba del nivell marí relatiu a Mallorca al llarg de l'estadi MIS-5, basada en les datacions U/Th d'espeleotemes freàtics (POS), segons GINÉS et al. (2012b). Els resultats corresponents als subestadis MIS-5e i MIS-5a han estat refinats recentment, tal i com es pot consultar a les Figures 10 i 12.

Figure 8: Relative sea level curve during MIS 5 in Mallorca, deduced on the basis of U/Th ages of phreatic overgrowths on speleothems (POS), according to GINÉS et al. (2012b). The results corresponding to the MIS-5e and MIS-5a high sea stands have been improved recently, and the refined data are shown in Figures 10 and 12.

submergits sota les aigües salabroses freàtiques, han estat afectats per importants processos de corrosió que poden haver ocasionat pèrdues post-deposicionals d'urani, de tal manera que algunes mostres es poden considerar com a sistemes isotòpics oberts.

En aquest mateix any es publica un treball on es discuteixen les alçades relatives del nivell marí a Mallorca i a Sardenya durant el MIS-5e i l'holocè, en base a les datacions d'espeleotemes freàtics d'ambdues illes (TUCCIMEI et al., 2012). Pel que fa al subestadi MIS-5e, les diferències altimètriques observades són relativament notòries: +2,5 m d'alçada en el cas de Mallorca, en front dels +4,3 m s.n.m. de l'illa de Sardenya. Aquestes diferències són analitzades a la llum dels models usualment emprats per avaluar la incidència dels ajustaments isostàtics glaciars (GIA) i les alteracions del geoide, de tal manera que s'observa un comportament diferencial ben clar, el qual pareix denotar que la participació del GIA està possiblement sobreestimada en el cas de Mallorca, on el nivell marí local pareix seguir de bastant a prop el nivell eustàtic global (GMSL).

Aquest comportament diferenciat de Mallorca, en termes dels ajustaments atribuïbles al GIA a la conca Mediterrània occidental, està també documentat en els dipòsits holocènics de l'illa (VACCHI et al., 2016), el que fa argumentar als autors que els ajustaments isostàtics post-glaciars han estat mínims.

Altres aportacions recents sobre jaciments marins

En un article publicat per MUHS et al. (2015), els autors s'ocupen de la cronologia del neotirrenià basant-se en la datació U/Th d'exemplars de coralls recol·lectats en dipòsits considerats neotirrenians, procedents sobretot de jaciments com el Camp de Tir - Es Carnatge. Les datacions radiomètriques efectuades sobre aquestes bioconstruccions coral·lines donen edats compreses entre 126 i 118 ka BP, dates que situarien clarament els dipòsits analitzats dins del subestadi MIS-5e.

Amb les dades cronològiques obtingudes, aquest treball qüestiona la presència de dipòsits del neotirrenià –tant a Mallorca, com a l'àrea mediterrània en general– considerant-los com una fàcies lleugerament diferenciada (*beachrock*) del conjunt de sediments corresponents a l'eutirrenià (MIS-5e). Val a dir que aquesta proposta cal considerar-la massa agosarada, tenint en compte les majors incerteses que presenten les reconstruccions del nivell marí basades en la datació dels coralls, en comparació amb els molt precisos paleonivells marins documentats pels espeleotemes freàtics de Mallorca (DORALE et al., 2010), amb edats corresponents amb claredat al MIS-5a, és a dir al neotirrenià.

Unes de les últimes aportacions sobre aquestes matèries són els articles de ROVERE et al. (2016a) i de LORSCHIED et al. (2017), liderats per investigadors de la Universitat Bremen (Alemanya). Fent referència a la darrera publicació esmentada, es pot dir que el plantejament d'aquest treball és bastant singular: s'utilitzen tècniques de GPS diferencial per a determinar l'altimetria (amb precisions de l'ordre

del decímetre) de vestigis d'antigues línies de costa, atribuïdes al darrer interglacial, les quals tenen unes elevades incerteses tant posicionals com cronològiques.

Els principals resultats obtinguts per LORSCHIED et al. (2017) es poden visualitzar a la Figura 9, on els autors es permeten individualitzar dos grups d'indicadors de paleonivells marins atribuïts en principi al MIS-5e, situats a alçades ben disperses: $+2,9 \pm 0,8$ m i $+11,3 \pm 1$ m. Emperò, els autors no presenten arguments sòlids que justifiquin l'existència d'aquests dos nivells marins tan diferents dins del darrer interglacial, encara que atribueixen el nivell més elevat a una màxima pulsació de fusió glacial ocorreguda al començament del MIS-5e. Per altra banda, la modelització aportada en el treball sobre els possibles ajustaments deguts al GIA tampoc justifica de cap manera aquesta dualitat d'altimetria força dispar. En aquest sentit, cal consignar que els propis autors suggereixen que les línies de costa més elevades que s'han estudiat ($+11,3$ m) probablement tenen una cronologia molt més antiga i corresponen al MIS-11. Uns resultats i enfocaments similars es poden trobar al treball de STOCCHI et al. (2018).

Centrant-nos en els dipòsits i morfologies que pertanyen de manera inequívoca al MIS-5e, els models de GIA utilitzats per LORSCHIED et al. (2017) suggereixen que els indicadors geomorfològics i paleontològics que trobem al voltant dels $+2,9 \pm 0,8$ m, podrien correspondre a un nivell oceànic global (GMSL) situat entorn als $+8$ m als inicis de l'interglacial; malgrat això, les dades aportades no confirmen ni desmenteixen aquesta possible subsidència associada al GIA. En el treball que estem comentant no s'aporta cap dada referent al nivell marí durant el subestadi MIS-5a.

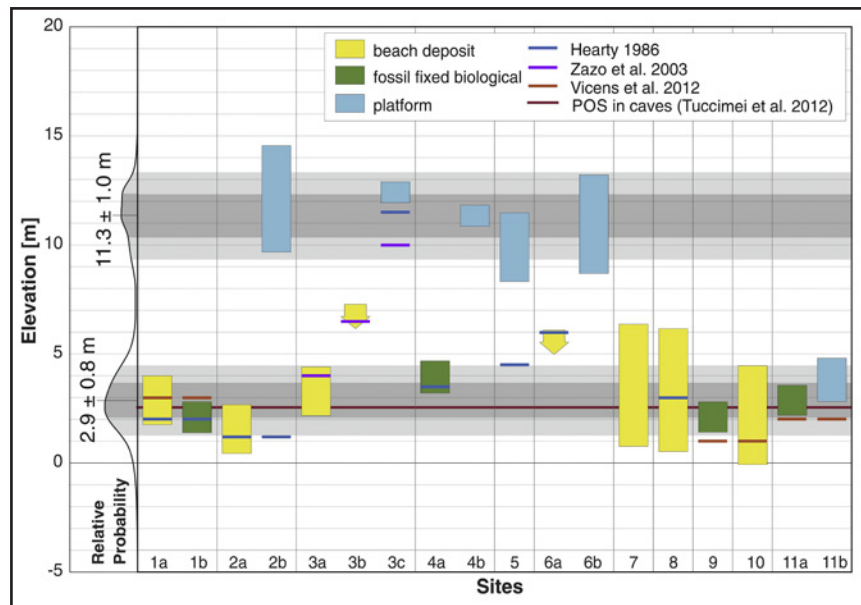


Figura 9: El nivell marí relatiu a Mallorca durant el subestadi MIS-5e, segons les dades publicades per LORSCHIED et al (2017). Les paleoformes d'erosió representades a la franja superior, a una alçària de $+11,3$ m, corresponen presumiblement a antigues línies de costa prèvies a l'estadi MIS-5. Les xifres que figuren a l'eix d'abscisses identifiquen les diferents localitats estudiades en el citat treball.
 Figure 9: Relative sea levels in Mallorca during the substage MIS-5e, according to the data published by LORSCHIED et al. (2017). The upper band erosional forms, recorded at an elevation of $+11.3$ m, presumably corresponds to ancient shore-lines previous to MIS-5. The numbers in the X-axis identify the different sites investigated in that paper.

Les darreres investigacions sobre els espeleotemes freàtics

El treball més recent sobre la temàtica que ens ocupa, se centra exclusivament en el subestadi MIS-5e i es troba sustentat per la realització de 48 datacions U/Th, efectuades al *Radiogenic Isotope Laboratory* de la University of New Mexico amb les tècniques i metodologies més rigoroses aplicades avui en dia a aquest tipus d'espeleotemes (POLYAK et al., 2018). Aquestes datacions s'efectuaren sobre un total de 11 mostres, de 8 localitats diferents, de les quals es dataren les successives capes de creixement dels espeleotemes estudiats.

Els resultats obtinguts (Figura 10) apunten a que el nivell marí relatiu (RSL) a Mallorca es va mantenir relativament estable a una alçada de $+2,15 \pm 0,75$ m s.n.m. entre els $126,6 \pm 0,4$ ka i els $116,0 \pm 0,8$ ka BP. Els autors argumenten que els resultats de les investigacions no donen suport a l'existència de ràpides fluctuacions regressives dins del MIS-5e, donada la continuïtat cronològica que aporten les datacions obtingudes (POLYAK et al., 2018). En aquest article també s'inclouen unes poques datacions que surten fora del marc cronològic del MIS-5e. Per una banda, s'aporta una edat de 130 ka BP per a una estalactita recol·lectada a -13 m en les Coves del Drac (Manacor), que va créixer immediatament abans de la pujada del nivell marí corresponent al darrer interglacial; per altra banda, la datació d'un POS recol·lectat a la Cova del Dimoni (Manacor), a $+1,1$ m s.n.m., subministra una edat de 326,7 a 331,8 ka BP, que correspondria a un nivell marí elevat ocorregut previsiblement durant el MIS-9.

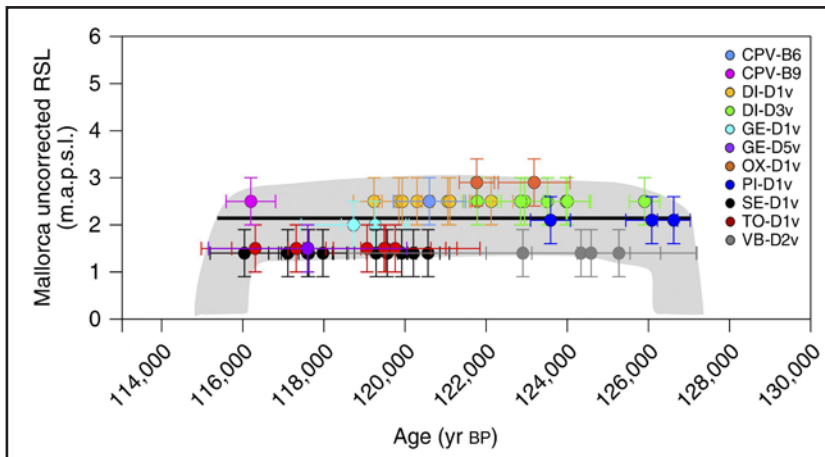


Figura 10: El nivell marí relatiu a Mallorca durant el subestadi isotòpic MIS-5e, segons les datacions d'espeleotemes freàtics publicades per POLYAK et al. (2018).
 Figure 10: The relative sea level during the MIS-5e high stand in Mallorca, based on POS datings published by POLYAK et al. (2018).

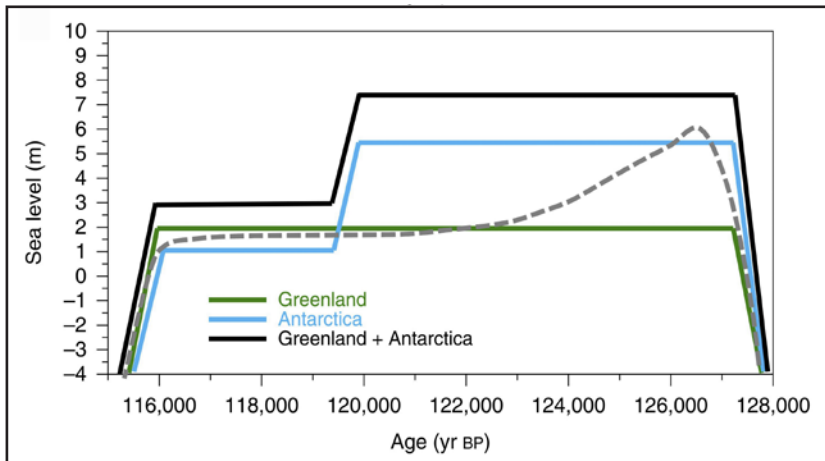


Figura 11: Possible escenari explicatiu del nivell marí mitjà global (GMSL) durant el subestadi MIS-5e a Mallorca, segons POLYAK et al. (2018). En aquest escenari es contempla una important contribució inicial procedent de la fusió del gel antàrtic; la línia discontinua representa el nivell marí eustàtic a Mallorca, d'acord amb els models de GIA utilitzats a aquest treball.
 Figure 11: Possible scenario of global mean sea level (GMSL) during MIS-5e in Mallorca, as reported by POLYAK et al. (2018). In this scenario, an early important contribution from Antarctica melting is envisaged; the dashed line represents the eustatic sea level in Mallorca, according to the GIA models used in the mentioned paper.

Sobre la base dels diversos models d'ajustament isostàtic (GIA) emprats, els autors proposen una fusió glacial molt ràpida i important durant el començament del MIS-5e, seguida d'una gradual recuperació dels casquets glacials cap a les darreries d'aquest subestadi isotòpic. D'entre els models de GIA utilitzats, els escenaris que millor s'adapten als resultats obtinguts es troben propers al model proposat per WAELBROECK et al. (2002), estimant-se un nivell eustàtic global (GMSL) entre +6 i +7 m superior a l'actual als inicis del subestadi MIS-5e (Figura 11), que s'explicaria per una important fusió del gel antàrtic, a més del retrocés del gel a Groenlàndia, menys rellevant en termes absoluts; s'estima que durant la part final del MIS-5e, aproximadament a partir de 122 ka BP, el nivell eustàtic global es podria situar al voltant dels +2 m s.n.m. No s'observen evidències que sustentin l'existència de dos pics elevats del nivell marí al llarg del MIS-5e.

Finalment cal consignar les datacions, encara pendents de publicació, que s'han portat a terme els darrers anys sobre mostres d'espeleotemes freàtics recollits per davall del nivell marí (POLYAK et al., treballs en curs). Aquestes noves dades, obtingudes amb tècniques més recents i acurades, permetran precisar millor els paleonivells marins corresponents a esdeveniments de relatiu signe fred.

El MIS-5: els coneixements actuals a Mallorca

Els treballs més antics que tractaven de la història del nivell marí a Mallorca es basaven en criteris geomorfològics, estratigràfics i paleontològics de les restes d'antigues línies de costa, i estaven referits a escales geocronològiques menys sòlides que les actuals i emmarcades dins de les glaciacions clàssiques alpines (BUTZER & CUERDA, 1962; BUTZER, 1975; CUERDA, 1975; POMAR & CUERDA, 1982). La terminologia utilitzada per a definir els diversos pisos individualitzats era força ambigua, ja que restaven agrupats en diversos nivells del que es qualificaven com a dipòsits *tirrenians* (amb la utilització d'una nomenclatura avui ja desfasada o en un ús molt marginal); aquesta ambigüitat és molt patent en els dipòsits atribuïts per CUERDA (1975) a l'eutirrenià (Figura 2), denominació que inclouria tot un ample ventall d'antics nivells marins clarament anteriors al MIS-5. En aquest sentit, les platges amb fauna termòfila plena serien exclusivament les de l'eutirrenià més recent, corresponents per tant al MIS-5e (GINÉS, 2000; VICENS et al., 2012; VICENS, 2015), mentre que altres dipòsits de major antiguitat es relacionarien amb esdeveniments transgressius previs al darrer interglacial (estadi MIS-7, o anteriors). Per altra banda, el que CUERDA (1975) denomina com a neotirrenià (o *TIII*

de BUTZER & CUERDA, 1962) correspon amb claredat al subestadi isotòpic MIS-5a (Taula 1), el qual suposa un nivell marí elevat immediatament previ a la important regressió associada a la darrera glaciació. Avui en dia, i a nivell internacional, el terme tirrenià s'aplica exclusivament al pleistocè superior, comprnent l'espai de temps entre la transició MIS-6/MIS-5 i el començament de l'holocè, que correspon a la transició MIS-2/MIS-1 (CITA et al., 2005).

Els anys 70 i 80 del segle passat s'inicien les investigacions sobre els espeleotemes freàtics (POS) de les coves costaneres de l'illa, amb uns resultats força destacables. Des dels primers treballs que aporten datacions absolutes (HENNIG et al., 1981; GINÉS & GINÉS, 1989, 1993), l'escala geocronològica emprada es basa en els estadis isotòpics marins, quedant del tot ben delimitat l'abast temporal del darrer esdeveniment interglacial, considerat en un sentit ample, és a dir el MIS-5 que abraça més o manco dels 130 als 80 ka BP. En comparació amb el registre basat en l'estratigrafia i la paleontologia dels sediments associats a antigues línies de costa, els espeleotemes freàtics presenten avantatges força importants: delimiten amb molta precisió els nivells d'estabilització del nivell marí, a més de ser susceptibles de datacions radiomètriques precises utilitzant el mètode U/Th; concretament, la datació absoluta d'aquest tipus d'espeleotemes presenta moltes menys febleses que les datacions realitzades sobre conquilles de mol·luscs o coralls. Les observacions sobre el nivell marí relatiu (RSL) a l'illa de Mallorca, que s'han anat publicant, han estat cada vegada més nombroses i detallades (VESICA et al., 2000; FORNÓS et al., 2002; TUCCIMEI et al., 2006; GINÉS et al., 2012b), incorporant també dades sobre els episodis regressius associats a esdeveniments de signe relativament fred. Avui en dia, el reconeixement internacional del gran potencial geocronològic que ofereixen els espeleotemes freàtics és inqüestionable, tal i com queda patent, per exemple, als recents treballs de síntesi sobre carst litoral publicats per DUTTON (2013) i VAN HENGSTUM et al. (2015).

Per altra banda, les recerques portades a terme en platges fòssils i altres restes d'antigues línies de costa han anat subministrant informacions que en cap cas resulten a bastament concrets. Per exemple, els treballs de HEARTY et al. (1986) i de MUHS et al. (2015) no han aconseguit millorar el marc cronoestratigràfic dels jaciments del pleistocè superior de Mallorca, i les investigacions de LORSCHIED et al. (2017) han aportat dades bastant qüestionables sobre els nivells marins a l'illa durant el MIS-5e. Centrat també en el darrer interglacial, HILLAIRE-MARCEL et al. (1996) proposen l'existència de dos nivells marins elevats corresponents al subestadi MIS-5e i separats per un breu episodi regressiu, fet que no resulta confirmat per investigacions posteriors.

En canvi, les publicacions recents més rellevants sobre els espeleotemes freàtics han permès establir amb claredat dos aspectes destacables. Per una part, DORALE et al. (2010) deixaren ben documentada la presència d'un nivell marí superior a l'actual durant el MIS-5a (+1 m aprox., entre 80 i 82 ka BP), que es correspondria amb el neotirrenià de CUERDA (1975). D'altra banda, a la publicació de POLYAK et al. (2018) es fixa amb precisió la durada del subestadi MIS-5e –l'últim interglacial pròpiament dit– que abraçaria el lapse de temps comprès entre els 126,6 i els 116 ka BP, amb un nivell marí relatiu molt estable, situat al voltant dels $+2,15 \pm 0,75$ m s.n.m.

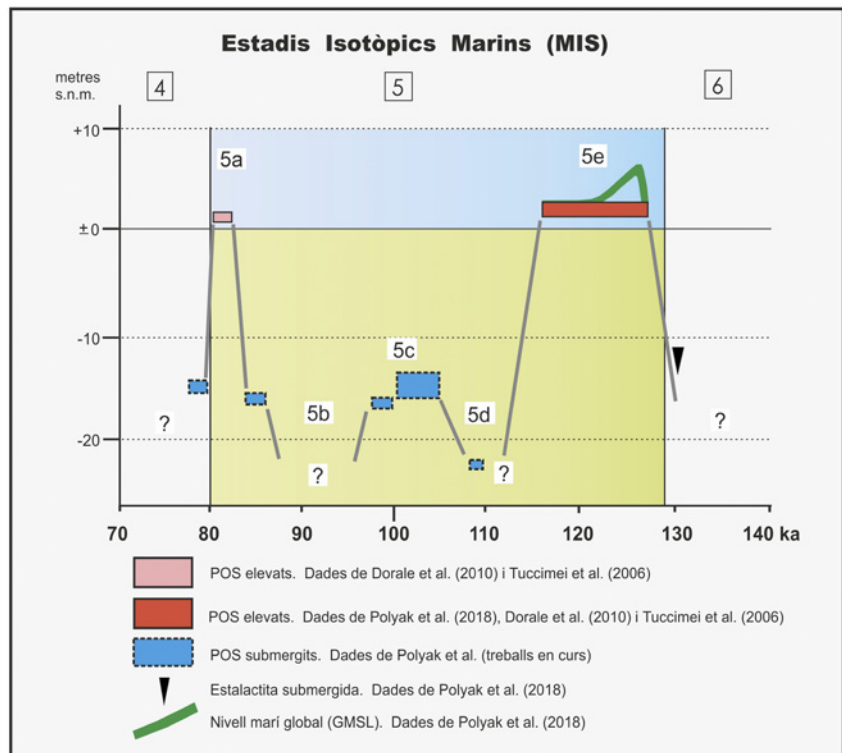


Figura 12: El nivell marí a Mallorca al llarg de l'estadi isotòpic MIS-5, en base als coneixements actuals procedents de la datació radiomètrica (U/Th) d'espeleotemes freàtics (POS) de les coves litorals de l'illa. Els requadres de colors representen els rangs d'elevació i d'edat dels paleonivells d'espeleotemes freàtics que han estat datats.

Figure 12: The sea level history during isotopic stage MIS-5 in Mallorca. Reconstruction based on the current knowledge supplied by the radiometric dating (U/Th) of phreatic overgrowths on speleothems (POS) from littoral caves of the island. The colored boxes represent the elevation and age ranges of the dated POS paleolevels.

Per tal de posar en clar la situació dels coneixements sobre el nivell marí a Mallorca al llarg del conjunt de l'estadi MIS-5, s'ha elaborat una gràfica que intenta reunir les dades més actuals subministrades pel registre d'espeleotemes freàtics (Figura 12). Aquesta gràfica incorpora bàsicament les informacions aportades als treballs de TUCCIMEI et al. (2006), DORALE et al. (2010), GINÉS et al. (2012b) i POLYAK et al. (2018). Cal reconèixer que, mentre les dades corresponents als pics transgressius (MIS-5e, 126,6 a 116 ka BP; MIS-5a, 82 a 80 ka BP) se sustenten sobre datacions molt sòlides i precises (DORALE et al., 2010; POLYAK et al., 2018), les dades obtingudes sobre els nivells marins regressius mostren unes incerteses majors (TUCCIMEI et al., 2006; GINÉS et al., 2012b), degudes als processos geoquímics que han afectat els espeleotemes freàtics en romandre submergits a la zona de mescla costanera. Concretament, a més d'una estalactita vadosa recol·lectada a -13 m (datada en 130 ka BP) que es va formar cap al final de l'esdeveniment regressiu del MIS-6 (POLYAK et al., 2018), nombroses alineacions de POS submergits enregistren estabilitzacions del nivell marí entre -13 i -23 m, corresponents als subestadis MIS-5d, 5c i 5b (entre 109 i 82 ka BP); una bona part de les mostres, recollides a profunditats d'entre -13 i -16 m, se situen en el rang d'edat de 101 a 106 ka BP, i correspondrien presumiblement als nivells més elevats del subestadi MIS-5c (POLYAK et al., treballs en curs). Finalment, algunes mostres recol·lectades a una profunditat de devers -15 m enregistren la davallada del nivell marí al començament del MIS-4 (aprox. 78 ka BP).

Les investigacions més actuals sobre els espeleotemes freàtics de Mallorca han intentat avaluar la participació dels ajustaments isostàtics (GIA) en el registre de nivells marins relatius de les nostres coves litorals. Per una part, DORALE et al. (2010) en donar precisions sobre els precipitats corresponents al MIS-5a suggerien que l'illa es trobava en una zona de transició entre regions d'emersió i immersió, de tal forma que el nivell marí en el nostre entorn segueix amb bastant fidelitat la corba eustàtica global. Altres treballs han posat de manifest el comportament isostàtic diferencial de la conca Mediterrània occidental, amb unes discrepàncies notables dels ajustaments atribuïbles al GIA entre les illes de Mallorca i Sardenya, tant en l'últim interglacial com en la pujada marina post-glacial (TUCCIMEI et al., 2012; VACCHI et al., 2016). Finalment, POLYAK et al. (2018) proposen diversos escenaris per a modelitzar la incidència del GIA durant el MIS-5e, deduint un probable nivell eustàtic global (GMSL) situat entre +6 i +7 m al començament del darrer interglacial (Figura 12), que es veuria compensat per una gradual subsidència isostàtica que originaria un nivell marí relatiu (RSL) bastant estable entorn a $+2,15 \pm 0,75$ m, al llarg del rang d'edat dels 126,6 als 116 ka BP.

Agraïments

El present treball s'emmarca dins del projecte d'investigació finançat pel MINECO, CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE), i és el resultat de la informació obtinguda en molts d'altres projectes també finançats pel MICINN així com per la *National Science Foundation* (USA). El Museu Balear de Ciències Naturals (Sóller) va aportar també ajut econòmic per a les primeres campanyes de datació. Els autors desitgen agrair la implicació en aquestes investigacions d'altres col·legues, entre els que esmentarem: Yemane Asmerom (New Mexico, USA), Maria Cristina Delitala (Roma), Jeffrey A. Dorale (Iowa, USA), Carling Hay (Massachusetts, USA), Lluís Pomar (Palma), Adriano Taddeucci (Roma), Pier Luigi Vesica (Roma) i Igor M. Villa (Berna). Els mostres a les cavitats subaquàtiques han estat possibles gràcies a la participació del col·lectiu d'espeleobussejadors illencs, bona part d'ells integrats actualment a la Societat Espeleològica Balear. Cal expressar també el nostre agraïment als gestors de les Coves del Drac (Manacor) per les facilitats dispensades durant les tasques d'investigació a aquesta cova turística. Les activitats desenvolupades a determinades cavitats han comptat amb el suport administratiu de la Conselleria de Medi Ambient i Territori del Govern Balear.

Bibliografia

- ALCOVER, J.A.; MOYÀ-SOLÀ, S. & PONS-MOYÀ, J. (1981): *Les quimeres del passat. Els vertebrats fòssils del Plio-Quaternari de les Balears i Pitiüses*. Editorial Moll. Monografies Científiques, 1. 261 pàgs. Palma.
- 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. 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.

- BROECKER, W.S. & DENTON, G.H. (1989): The role of Ocean-Atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53 (10): 2465-2501.
- BUTZER, K.W. (1975): Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin: a Mallorquin view. In: BUTZER, K.W. & ISAAC, G.L. (eds.) *After the Australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*. 25-71. Chicago.
- 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 (4): 398-416. Chicago.
- CITA, M.B.; CAPOTONDI, L. & ASIOLI, A. (2005): The Tyrrhenian stage in the Mediterranean: definition, usage and recognition in the deep-sea record. A proposal. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 9 (16): 297-310.
- CUERDA, J. (1975): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Diputación Provincial de Baleares. Instituto de Estudios Baleáricos. 304 pàgs. 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 + 4 pàgs supl. Washington.
- DUTTON, A. (2013): Use of cave data in sea-level reconstructions. *Encyclopedia of Quaternary Science*. 2nd edition. Elsevier. 460-466.
- EMILIANI, C. (1955): Pleistocene temperatures. *The Journal of Geology*, 63 (6): 538-578. Chicago.
- FAIRBRIDGE, R.W. (1961): Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 4: 99-185.
- FORNÓS, J.J.; GELABERT, B.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; TUCCIMEI, P. & VESICA, P.L. (2002): Phreatic overgrowths on speleothems: a useful tool in structural geology in littoral karstic landscapes. The example of eastern Mallorca (Balearic islands). *Geodinamica Acta*, 15: 113-125.
- 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. Palma.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1989): Absolute dating of phreatic speleothems from coastal caves of Mallorca (Spain). *Proc. 10th Int. Congress Speleol.*, 1: 191-193. Budapest.
- 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.; 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.; GÓMEZ-PUJOL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) (2012a): *Mallorca: a Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18. 219 pàgs. 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. 595 pàgs + 29 làms. Inèdit.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1993): Dataciones isotópicas de espeleotemas freáticos recolectados en cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 19: 9-15. Palma.
- 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.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; TUCCIMEI, P.; ONAC, B.P. & GRÀCIA, F. (2012b): Phreatic Overgrowths on Speleothems (POS) from Mallorca, Spain: updating forty years of research. In: GINÉS, A.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: a Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 111-146. Palma.
- GUILCHER, A. (1969): Pleistocene and Holocene sea level changes. *Earth-Science Reviews*, 5: 69-97. Àmsterdam.
- HADES, Equipo (1985): Los espeleotemas freáticos de las cuevas costeras de Mallorca: estado actual de las investigaciones. *Geomorfología litoral y Cuaternario. Homenaje a Juan Cuerva*. Universidad de València. 103-122. València.
- HEARTY, P.J. (1998): The geology of Eleuthera Island, Bahamas: a Rosetta stone of Quaternary stratigraphy and sea-level history. *Quaternary Science Reviews*, 17: 333-355.
- HEARTY, P.J.; MILLER, G.H.; STEARNS, C.E. & SZABO, B.J. (1986): Aminostratigraphy of Quaternary shorelines in the Mediterranean basin. *Geological Society of America Bulletin*, 97: 850-858.
- 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. Palma.
- HILLAIRE-MARCEL, C.; GARIÉPY, C.; GHALEB, B.; GOY, J.L.; ZAZO, C. & CUERDA, J. (1996): U-Series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca. Further evidence for two last-interglacial high sea levels in the Balearic Islands. *Quaternary Science Reviews*, 15: 53-62. Oxford, U.K.
- 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.

- LISIECKI, L.E. & RAYMO, M.E. (2005): A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20 (1): 1-17.
- LORSCHIED, T.; STOCCHI, P.; CASELLA, E.; GÓMEZ-PUJOL, L.; VACCHI, M.; MANN, T. & ROVERE, A. (2017): Paleo sea-level changes and relative sea-level indicators: precise measurements, indicative meaning and glacial isostatic adjustment perspectives from Mallorca (Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 473: 94-107.
- MARTINSON, D.G.; PISIAS, N.G.; HAYS, J.D.; IMBRIE, J.; MOORE, T.C. & SHACKLETON, N.J. (1987): Age dating and the orbital theory of the ice ages; development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 27: 1-29.
- MILANKOVITICH, M. (1941): *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Roy. Serb. Acad. Sp. Publ. 133. 633 pàgs. Belgrad.
- MÖRNER, N.A. (1983): Sea Levels. In: GARDNER, R. & SCOGING, H. (eds.) *Mega-Geomorphology*. Clarendon Press. 73-91. Oxford.
- MUHS, D.R.; SIMMONS, K.R.; MECO, J. & PORAT, N. (2015): Uranium-series ages of fossil corals from Mallorca, Spain: The "Neotyrhenian" high stand of the Mediterranean Sea revisited. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 438: 408-424.
- ONAC, B.P.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; FORNÓS, J.J. & DORALE, J.A. (2012): Late Quaternary sea-level history: a speleothem perspective. In: GINÉS, A.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJOL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: a Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 147-161. Palma.
- POLYAK, V.J.; ONAC, B.P.; FORNÓS, J.J.; HAY, C.; ASMEROM, Y.; DORALE, J.A.; GINÉS, J.; TUCCIMEI, P. & GINÉS, A. (2018): A highly resolved record of relative sea level in the western Mediterranean Sea during the last interglacial period. *Nature Geoscience*, 11 (11): 860-864 + 20 pàgs supl. Londres.
- POMAR, F.; DEL VALLE, L.; FORNÓS, J.J. & GÓMEZ-PUJOL, L. (2018): Late Pleistocene dune-sourced alluvial fans in coastal settings: sedimentary facies and related processes. *Sedimentary Geology*, 367: 48-68.
- POMAR, L. & CUERDA, J. (1982): Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé Sabarís*. 14: 505-513. Barcelona.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & FONTARNAU, R. (1976): Las cristalizaciones freáticas. *Endins*, 3: 3-25. Palma.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (1979): Morfología, estructura y origen de los espeleotemas epiacuáticos. *Endins*, 5-6: 3-17. Palma.
- ROVERE, A.; RAYMO, M.E.; VACCHI, M.; LORSCHIED, T.; STOCCHI, P.; GÓMEZ-PUJOL, L.; HARRIS, D.L.; CASELLA, E.; O'LEARY, M.J. & HEARTY, P. (2016a): The analysis of Last Interglacial (MIS5e) relative sea-level indicators: reconstructing sea-level in a warmer world. *Earth-Science Reviews*, 159: 404-427.
- ROVERE, A.; STOCCHI, P. & VACCHI, M. (2016b): Eustatic and relative sea level changes. *Curr. Clim. Change Rep.*, 2: 221-231.
- SHACKLETON, N.J. (2000): The 100,000-year Ice-Age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. *Science*, 289: 1897-1902. Washington.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. (1973): Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year to 10^6 year scale. *Quaternary Research*, 3: 39-55. Washington.
- STEARNS, C.E. & THURBER, D.L. (1965): $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dates of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals. *Quaternaria*, 7: 29-42.
- STOCCHI, P.; VACCHI, M.; LORSCHIED, T.; DE BOER, B.; SIMMS, A.R.; VAN DE WAL, R.S.W.; VERMEERSEN, B.L.A.; PAPPALARDO, M. & ROVERE, A. (2018): MIS 5e relative sea-level changes in the Mediterranean Sea: contribution of isostatic disequilibrium. *Quaternary Science Reviews*, 185: 122-134.
- TOOLEY, M.J. & SHENNAN, I. (eds.) (1987): *Sea-level changes*. Basil Blackwell Ltd. 397 pàgs. Londres.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; GINÉS, A. & FORNÓS, J.J. (1997): Th/U dating of sea level-controlled phreatic speleothems from coastal caves of Mallorca (Western Mediterranean). *Proc. 12th Int. Congress Speleol.*, 1: 37-40. La Chaux-de-Fonds, Suïssa.
- 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. Palma.
- 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. Palma.
- 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. Berlín.

- 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. Londres.
- TUCCIMEI, P.; ONAC, B.P.; DORALE, J.A.; GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; SPADA, G.; RUGGIERI, G. & MUCEDDA, M. (2012): Decoding last interglacial sea-level variations in the western Mediterranean using speleothem encrustations from coastal caves in Mallorca and Sardinia: a field data - model comparison. *Quaternary International*, 262: 56-64.
- VACCHI, M.; MARRINER, N.; MORHANGE, C.; SPADA, G.; FONTANA, A. & ROVERE, A. (2016): Multiproxy assessment of Holocene relative sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal. *Earth-Science Reviews*, 155: 172-197.
- VAN HENGSTUM, P.J.; RICHARDS, D.A.; ONAC, B.P. & DORALE, J.A. (2015): Chapter 6. Coastal caves and sinkholes. In: SHENNAN, I.; LONG, A.J. & HORTON, B.P. (eds.) *Handbook of sea-level research*. American Geophysical Union. John Wiley & Sons, Ltd. 83-103. Chichester, U.K.
- 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. Oxford, U.K.
- VICENS, D. (2015): *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental)*. Tesi Doctoral. Programa de Doctorat de Geografia, Universitat de les Illes Balears. 985 pàgs. Inèdit.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F. & GINÉS, A. (2012): Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. In: GINÉS, A.; GINÉS, J.; GÓMEZ-PUJÓL, L.; ONAC, B.P. & FORNÓS, J.J. (eds.) *Mallorca: a Mediterranean benchmark for Quaternary studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 55-83. Palma.
- WAELEBROECK, C.; LABEYRIE, L.; MICHEL, E.; DUPLESSY, J.C.; McMANUS, J.F.; LAMBECK, K.; BALBON, E. & LABRACHERIE, M. (2002): Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews*, 21: 295-305.



Aquest article es distribueix sota els termes de la llicència CC-BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

