

# L'espeleogènesi de les Coves del Drac (Manacor, Mallorca): evolució dels coneixements i interpretació actual

Joaquín GINÉS <sup>1,2</sup>, Angel GINÉS <sup>1,2</sup>, Francesc GRÀCIA <sup>1,2</sup> i Joan J. FORNÓS <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Societat Espeleològica Balear. Palma. Email: jginesgracia@yahoo.es

<sup>2</sup> Grup de Recerca de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.

## Abstract

Attempts to formulate a plausible explanation of how Coves del Drac has been originated date back to the 19th century, becoming a particularly controversial subject after the explorations of Édouard-Alfred Martel in 1896, who enunciated a genetic explanation linked to the erosive action of marine waters. The subsequent evolution of knowledge about the cave has radically changed these previous interpretations, being useful and convenient to carry out now an updated review of the speleogenetic ideas that have been formulated in this regard. The current vision on the formation of this outstanding cavern has been benefited by the important recent underwater discoveries, which have allowed the realization of a detailed morphometric analysis. The explanation about the genesis of the cave is today placed in a context of littoral eogenetic karstification of the upper Miocene rocks, where a possible hypogenic basal recharge is added to the involvement of geochemical processes occurring in the coastal mixing zone. The glacioeustatic fluctuations of the sea level and the relevance of breakdown mechanisms are significant factors in order to characterize the morphogenic features of this important cave system.

## Resumen

Los intentos de formular una explicación plausible sobre cómo se han formado las Coves del Drac se remontan al siglo XIX, habiendo sido un tema especialmente controvertido a raíz de las exploraciones de Édouard-Alfred Martel el año 1896, quien propuso una explicación genética ligada a la acción erosiva de las aguas marinas. La evolución posterior de los conocimientos sobre la cavidad ha ido haciendo cambiar radicalmente estas concepciones, procediéndose a lo largo de estas páginas a efectuar una exhaustiva revisión de las ideas espeleogenéticas que se han formulado al respecto. La visión actual sobre la formación de esta importante cavidad se ha visto beneficiada por los notables descubrimientos subacuáticos realizados recientemente, que han permitido la realización de un minucioso análisis morfométrico. La interpretación de la génesis de la cueva se sitúa hoy en día en el contexto de la karstificación eogenética litoral de los materiales del Mioceno superior, donde a la participación de los procesos geoquímicos de la zona de mezcla costera se suma una posible recarga basal hipogénica. Las fluctuaciones glacio-eustáticas del nivel marino y la relevancia de los mecanismos de hundimiento son factores determinantes a la hora de caracterizar los rasgos morfogénicos de este importante sistema subterráneo.

Ginés, J.; Ginés, A.; Gràcia, F. i 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. ISSN 2605-3144. © Societat Espeleològica Balear.

**Rebut:** 12 novembre 2018; **Revisat:** 19 novembre 2018; **Acceptat:** 26 novembre 2018.

**Publicat online:** 17 desembre 2018.

## Introducció

Com s'han format les coves naturals de Mallorca és una pregunta que ha estat plantejada amb relativa freqüència, a partir del segle XIX, en la literatura geogràfica i naturalística de la nostra illa. En el cas concret de les Coves del Drac, els factors que explicarien la seva gènesi han esdevingut bastant controvertits, d'ençà de les exploracions d'Édouard-Alfred Martel, l'any 1896. En aquest sentit, el fet de tractar-se d'una extensa cova litoral, amb grans zones inundades per llacs d'aigües salabroses, feren plantejar a finals del XIX unes idees genètiques molt lligades a l'acció erosiva de la dinàmica marina (MARTEL, 1896, 1903). L'evolució ulterior dels coneixements sobre la cavitat ha anat canviant radicalment aquestes concepcions (GINÉS & GINÉS, 1992), emperò sense perdre de vista en cap moment l'especificitat dels processos de carstificació que tenen lloc a la franja costanera dels territoris calcaris.

En aquestes pàgines es procedirà a fer una exhaustiva revisió de les idees espeleogenètiques que han estat formulades sobre aquesta cova, fins arribar al moment present que s'ha vist marcat per les importants exploracions subaquàtiques realitzades durant la darrera dècada (GRÀCIA, 2015). La visió actual sobre l'espeleogènesi de les Coves del Drac es fonamenta, de manera decisiva, en les citades descobertes

subaquàtiques que han modificat substancialment l'extensió i morfologia de la cova, que avui en dia supera els 7.500 m de desenvolupament, dels quals més de 5.800 m corresponen a galeries submergides. La interpretació de la gènesi de la cavitat, basada en l'observació morfològica de les seves galeries i sales, s'ha vist recolzada per la realització d'unes acurades tasques topogràfiques lligades a les exploracions recents, que han permès una anàlisi morfomètrica detallada dels passatges de la cavitat –segons la metodologia emprada per GINÉS et al. (2013)–, per tal de quantificar i caracteritzar numèricament els trets dimensionals i topogràfics de la cova.

Com a resultat dels coneixements actuals, és possible proposar una gènesi i evolució de les Coves del Drac lligada a la carstificació dels litorals carbonatats, però amb determinades particularitats morfològiques que li donen una relativa complexitat; aquesta evolució morfogènica ha estat condicionada, en tot moment, pels continuats canvis del nivell marí que s'han succeït al llarg del Pliocè i del Quaternari. Un aspecte que cal remarcar, evidenciat així mateix arran de l'exploració de les zones submergides de la cova, consisteix en que s'ha pogut documentar la presència d'abundants morfologies de dissolució de caràcter hipogènic, que fins al moment no es coneixien en aquesta cavitat (GRÀCIA, 2015; GINÉS et al., 2017).

## Evolució de les idees espeleogenètiques sobre la cavitat

Dins el camp de l'estudi del carst, el terme *espeleogènesi* designa el conjunt de processos que són responsables de la formació i evolució de les cavitats subterrànies (coves i avencs) que trobem a roques solubles com, per exemple, les calcàries (KLIMCHOUK et al., 2000; FORD & WILLIAMS, 2007). Aquesta disciplina constitueix una part substancial de la hidrogeologia càrstica –i de la carstologia en general–, que intenta explicar com s'han generat els buits que caracteritzen l'erosió dels territoris carbonatats o d'altres litologies susceptibles de dissolució.

Cal recordar que les teories espeleogenètiques han anat evolucionant en el temps de forma notable a partir de finals del segle XIX (PALMER, 2007). Aquesta evolució s'ha beneficiat en gran manera dels avenços tant en l'exploració dels sistemes espeleològics com sobretot en el coneixement del funcionament hidrològic dels massissos càrstics; cal tenir present que la hidrogeologia és, en definitiva, un dels factors determinants en la generació de la porositat i les cavitats existents a les roques carbonatades. Les Coves del Drac són un exemple ben il·lustratiu de com ha anat canviant l'explicació de la gènesi d'una cova natural al llarg del temps, en funció dels avenços que s'han produït en la seva exploració i, sobretot, degut a successius canvis de paradigma pel que fa a la interpretació geomorfològica dels litorals calcaris com els de l'illa de Mallorca.

### *Les publicacions antigues: el segle XIX*

Les referències que s'ocupen de la gènesi de la cavitat són gairebé inexistents fins a les exploracions de Martel, l'any 1896. De fet, obres clau en la divulgació i popularització de la cova com és el cas del *Die Balearen*, de l'Arxiduc Lluís Salvador, no presten cap atenció a aquest tema (HABSBURG-LOTHRINGEN, 1884). Malgrat això, cal reconèixer que l'Arxiduc subministra alguna observació interessant sobre les variacions en el nivell dels llacs, que explica suggerint l'existència d'algun tipus de connexió subterrània amb la mar. Val a dir que el plànol de les Coves del Drac publicat al *Die Balearen* –elaborat l'any 1880 per Friedrich Will– atorga a tots els llacs coneguts aleshores una continuïtat topogràfica que s'allunya de la realitat, però que justificaria de manera simplista el fet que les oscil·lacions de la superfície dels llacs siguin extensives al conjunt de la cavitat. Així mateix, la topografia aixecada per WILL (1880) podria suggerir a autors posteriors la falsa idea de que les masses d'aigua de la cova constitueixen una mena de riu subterrani.

Les primeres al·lusions concretes als mecanismes espeleogenètics les trobem a algunes publicacions generals, que s'ocupen amb menor o major deteniment de les dues coves clàssiques de Mallorca: les Coves d'Artà i les Coves del Drac. En aquest sentit LOZANO (1884) parla, en abstracte i de passada, de la formació de les dues coves, que atribueix a dislocacions de les capes rocoses juntament amb la posterior acció física i química de les aigües subterrànies. D'una manera similar, l'espectacular obra gràfica de GAY & CHAMPSAUR (1885) inclou, en les seves planes introductòries, alguns comentaris que de bell nou parlen de dislocacions rocoses que són treballades per les aigües del subsòl.

En el segle XIX la major part de les referències a la cavitat es limiten a la seva descripció en la nombrosa literatura generada pels viatgers romàntics, de la qual l'obra de VUILLIER (1888) seria un dels exponents més destacables; així mateix, també sovintegen publicacions de caràcter local que són

de nul·la rellevància quant al tema que ens interessa. Fins i tot una publicació important de caire més aviat geogràfic, com és el cas de *Cavernas y Simas de España* (PUIG Y LARRAZ, 1896), dedica una atenció minsa a la cova, sense entrar en detalls de la seva gènesi. Convé remarcar que un tret comú a tota la literatura d'aquesta època consisteix en la lloança que es fa de la molt rica decoració cristal·lina de la cavitat, en particular de les seves voltes cobertes per una munió de fines estalactites. Pel que fa a altres tipus de cristal·litzacions, especial menció mereix l'observació efectuada per TOBELLA (1882) qui descriu unes concrecions esponjoses i blanques, semblants a coliflors, que creixen sota les aigües d'alguns llacs; sens dubte s'està referint als espeleotemes freàtics (TUCCIMEI et al., 2010; GINÉS et al. 2012) que es desenvolupen en relació amb el nivell marí actual, en zones com el *llac de les Meravelles*.

### La gènesi marina proposada per É.A. Martel

L'investigador francès Édouard-Alfred Martel és sense discussió un dels més destacats pioners de l'espeleologia moderna. Sota els auspicis de l'Arxiduc Lluís Salvador, portà a terme dues campanyes espeleològiques a Mallorca, els anys 1896 i 1901, la primera de les quals tingué com a objectiu primordial l'exploració i topografia de les Coves del Drac. Una revisió de les aportacions que efectuà al coneixement de les coves mallorquines pot ser consultada al treball de GINÉS (1999).

Martel arribà a la nostra illa en la plenitud de les seves activitats espeleològiques: pocs anys abans havia recorregut els rius subterranis de Bramabiau i del Gouffre de Padirac (a França) o les coves eslovenes de Postojnska i de Skocjanska, i just l'any anterior (el 1895) va efectuar l'històric descens del gran avenc-engolidor de Gaping Gill, a Yorkshire. Dins aquest context, no és gens estrany que l'exploració de les Coves del Drac li resultés molt sorprenent a l'espeleòleg francès, fins al punt de formular una interpretació genètica que podríem qualificar de gairebé forassenyada, en tractar-se d'una cavitat totalment diferent als sistemes càrstics que coneixia dins l'àmbit europeu.

En la campanya de 1896, Martel efectuà una exploració detallada de la cova que va significar

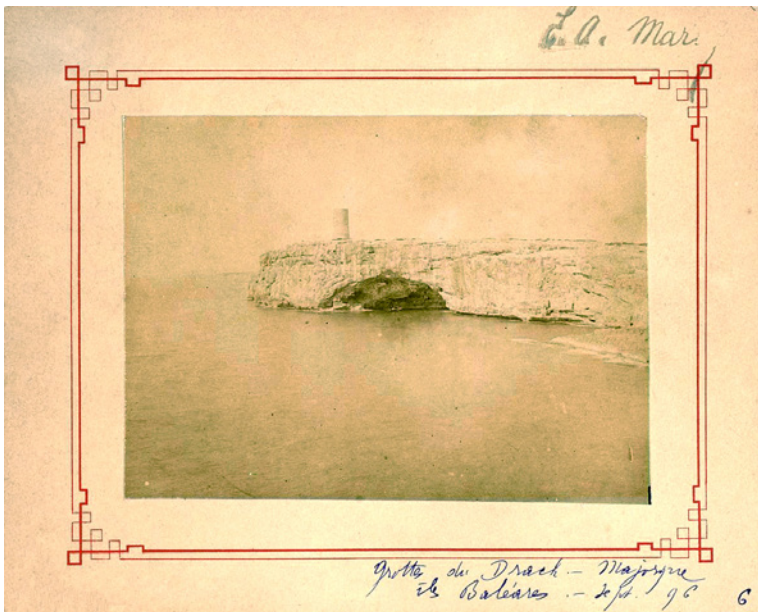


Figura 1: Fotografia original presa per Édouard A. Martel el 1896 on s'observa la Cova des Coloms, cavitat que fou relacionada per aquest autor amb l'excavació de les Coves del Drac per les aigües marines. Accessible a Gallica, biblioteca digital de la Bibliothèque nationale de France.

Figure 1: Original photograph taken by Édouard A. Martel in 1896 showing Cova des Coloms, a sea cave that this author envisaged as being related to the formation of Coves del Drac by marine erosion. Available at Gallica, digital library of the Bibliothèque nationale de France.

vagues qui peuvent alors élargir, par corrosion et érosion, toutes les fissures de la roche...". Aquestes idees genètiques són sens dubte fruit del desconcert que les característiques morfològiques de la cova provocaren a l'autor, sobretot en relació amb l'explicació de la presència dels llacs salabrosos. Menciona la Cova des Coloms –localitzada a la costa, sota la Torre de Cala Manacor, coneguda també com a Torre des Falcons– com a un dels possibles punts d'entrada de les aigües marines (Figura 1), així com l'existència d'una surgència d'aigua relativament dolça situada a Cala Murta.

el descobriment de noves sales i passatges, situats més enllà d'una gran extensió ocupada per les aigües, que denominà com a *llac Miramar*, el qual també és conegut actualment amb el nom del seu descobridor. Els resultats de la campanya foren publicats el mateix any en un extens treball que descriu la cavitat i aporta una nova topografia (MARTEL, 1896); aquesta publicació inclou nombroses i interessants observacions sobre la morfologia de la cova, la seva exuberant ornamentació natural, així com els seus extensos llacs. Cal deixar constància dels comentaris sobre les variacions de nivell de la superfície dels llacs, que relaciona amb les oscil·lacions de la Mediterrània i el règim de vents. Des del punt de vista de l'espeleogènesi, Martel atribueix la formació de la cova a l'acció erosiva de l'onatge i de les aigües marines: "...Tout ceci démontre amplement que la caverne du Dragon est en somme une grotte marine, mais d'exceptionnelle étendue ... Aussi est-ce la mer, et non pas une rivière souterraine qui paraît avoir creusé la Cueva del Drach...". Per tal d'eliminar qualsevol dubte sobre la gènesi marina proposada, insisteix afirmant: "...les grosses tempêtes introduisent aisément, le long des plans inclinés d'interstratification, les



En la segona campanya, efectuada el 1901, Martel visità de bell nou les Coves del Drac a més d'altres cavitats properes, però més allunyades del litoral, com són les Coves del Pirata i la Cova des Pont (MARTEL, 1903). Arran de les activitats d'aquesta nova campanya, l'autor matisa les seves afirmacions sobre la gènesi marina de les Coves del Drac, admetent una certa participació prèvia de l'acció de les aigües subterrànies: "...En revanche, j'ai tout à fait changé d'opinion en ce qui touche la nullité, antérieurement énoncée, de l'action d'une rivière souterraine sur le creusement de la grotte du Dragon ... si le Drach a pu, pendant un temps, fonctionner en véritable rivière souterraine, cette rivière y est maintenant morte et ne nous présente plus que la scène de l'ancien rôle joué par elle, scène successivement quoique lentement modifiée par les affaissements de plafonds, les remplissages concrétionnés et les apports argileux de décalcification...". A tall de recapitulació, en el treball de MARTEL (1903) es pot llegir: "...Ainsi, je crois donc maintenant à une ouverture préliminaire, à une préparation, en quelque sorte, de la Cueva del Drach par l'engouffrement ancien de la rivière de Porto-Cristo, - et à l'agrandissement postérieur, non encore terminé, par l'effort d'abord combiné et maintenant seul en activité des flots de la mer...". Aquesta interpretació genètica, marina però matisada, es veurà reproduïda en posteriors obres generals de síntesi publicades pel seu autor, com és el *Nouveau Traité des Eaux Souterraines* (MARTEL, 1921).

### Rius subterrànies

Durant la primera meitat del segle XX, els intents d'explicar la formació de la cova es dirigeixen cap a reivindicar l'acció erosiva de les aigües subterrànies, ja que de fet els plantejaments preconitzats per Martel sobre una possible gènesi marina no foren adoptats per cap investigador posterior.

La hipòtesi de l'excavació per un riu subterrani fou plantejada per primera vegada per MAHEU (1912), qui visità la cavitat encara que les seves observacions se centraren a les veïnes coves dels Hams i dels Fumassos. En aquest treball les referències directes a l'espeleogènesi de les Coves del Drac són gairebé inexistent; no obstant això, afirma que aquest nou conjunt de cavitats de les rodalies de Porto Cristo "...représente le lit d'une ancienne rivière souterraine aujourd'hui disparue...", parlant d'aigües tumultuoses que desgasten mecànicament les voltes de les coves. Fent referència als llacs salabrosos, aquest autor observa que: "...Comme pour le Drach, l'eau des lacs provient des infiltrations de la mer, distante d'environ 400 mètres ... A l'époque du creusement de la grotte [dels Hams], l'eau de mer n'avait pas encore pénétré, son action ne peut donc expliquer le creusement de la cavité. La présence de stalagmites au fond des lacs montre qu'à l'époque de leur formation, l'eau ne pouvait pas les recouvrir...".

En una línia de raonament similar, encara que d'una manera més aviat prudent i poc comprometedora, RODÉS (1925a, 1925b) també atribueix la formació de les Coves del Drac a les aigües subterrànies, argumentant que: "...la acumulación del agua estancada en el que es hoy el lago Martel, es una de las fases más modernas de la cueva ... en todo caso las aguas del mar encontraron la cueva hecha, si bien las olas, con su acción corrosiva y erosiva sobre la costa, pudieron facilitar la comunicación cooperando a la acción de las aguas subterráneas...". Val a dir que, malgrat les seves investigacions estaven dirigides a controlar i explicar les variacions de nivell dels llacs, aquests treballs inclouen interessants observacions sobre l'evolució morfològica de la cova (Figura 2).

En la seva monografia sobre les coves de Mallorca, FAURA I SANS (1926) dedica, per primera vegada, un capítol específic a la gènesi de les cavitats de la zona de Porto Cristo, a més de subministrar valuoses informacions cartogràfiques de la zona (Figura 3). En aquesta publicació es parla del paper dels corrents d'aigües subterrànies, però posant ja l'èmfasi en els processos de dissolució, i en el desenvolupament d'esfondraments que originen àmplies sales. Així, podem llegir afirmacions com les següents: "...Es de suponer que al nivel de las aguas marinas, donde permanecen entretenidas todas las aguas de filtraciones, éstas actúan conjuntamente con aquéllas como disolventes ... en el transcurso del tiempo se formaron grandes cavernas en el interior de las referidas cavidades, en las cuales faltaba el punto de apoyo necesario para el desarrollo de las grandes bóvedas que van formándose irregularmente en el interior, hasta ser hundidas en las oquedades inferiores...". A tall de recapitulació, l'autor escriu: "...Las causas que determinaron la creación de estas cavernas perduran todavía. La corriente de las aguas subterráneas sigue su curso, y con ella es evidente que subsiste también

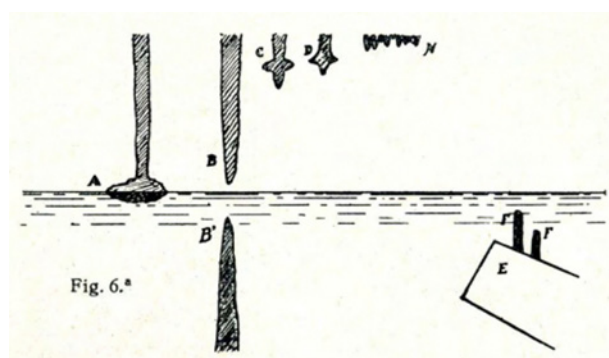


Figura 2: Dibuix inclòs al treball de RODÉS (1925b) on es dona compte de la presència d'estalagmites submergides actualment als llacs de la cova (B', F). També es representa l'existència de sobrecreixements cristal·lins que enregistren el nivell actual dels llacs subterrànies (A), així com nivells antics situats per damunt la superfície de les aigües (C, D).

Figure 2: Drawing included in the paper by RODÉS (1925b) depicting the presence of stalagmites currently submerged in the cave pools (B', F). It also represents the existence of crystalline overgrowths that record the current position of sea level pools (A), as well as ancient levels located today above the water table (C, D).

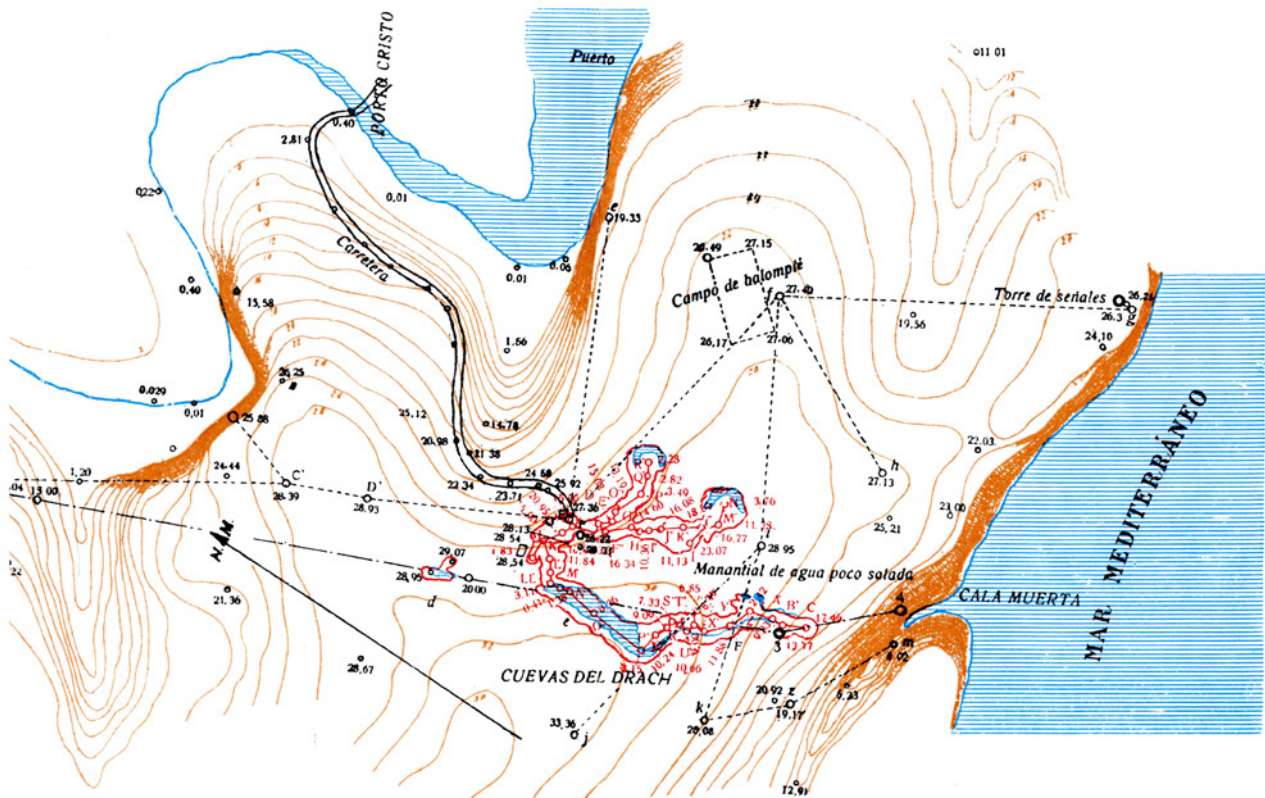


Figura 3: Fragment del mapa elaborat el 1924 per Rodrigo Varo, que recull la situació de les Coves del Drac en relació amb la topografia exterior dels voltants de Porto Cristo. Aquest mapa aparegué publicat a l'obra de FAURA I SANS (1926).  
 Figure 3: Detail of the map drawn up in 1924 by Rodrigo Varo, which shows the location of Coves del Drac in relation to the surface topography at the outskirts of Porto Cristo. This map was published in the book from FAURA I SANS (1926).

un hundimiento subsolar, que se manifiesta con relativa frecuencia en la rotura de las columnas estalactíticas cortadas en ciertos casos...”

En publicacions posteriors, JOLY (1929) i JOLY & DENIZOT (1929) també parlen d'un riu subterrani convencional, però no tan catastrofista com el proposat per MAHEU (1912) alguns anys abans. Aquests autors puntualitzen que la gènesi de les Coves del Drac correspon a una submersió brusca d'unes galeries excavades per corrents d'aigua, propugnant l'abandonament de teories anteriors que atribuïen l'excavació de la cova a l'acció de la mar.

El geòleg mallorquí Bartomeu Darder, també s'interessà per la discussió al voltant de la formació de les coves de Porto Cristo. Així, en un treball sobre la geologia de les Serres de Llevant (DARDER, 1925) escriu el següent: “...Si M. Martel avait eu l'occasion d'étudier la grotte d'es Hams plus éloignée de la mer, il donnerait peut-être plus d'importance à l'action de la rivière souterraine qu'à l'action marine qui, à notre avis, est insignifiante ou nulle...”. Posteriorment afirmarà que l'origen d'aquestes coves és: “...por acción de las aguas subterráneas y no de las aguas marinas, como pretende Martel...”, conclouent així mateix que: “...la zona cársica [sic] por excelencia, en la isla de Mallorca, es la llanura vindoboniense que se extiende entre la sierra de Levante y la costa SE de la isla...” (DARDER, 1930).

### *La carstificació litoral*

Cal esperar a la segona meitat del segle XX per trobar noves aportacions a l'espeleogènesi de les coves de Porto Cristo, elaborades al voltant de la carstificació de les zones costaneres on afloren roques carbonatades d'elevada porositat, tal i com succeeix als litorals oriental i meridional de Mallorca. Els precedents a aquesta etapa no els trobem a publicacions sobre les Coves del Drac ja que, dins el context del boom turístic d'aquells moments, les investigacions sobre la cavitat seran gairebé inexistents fins als anys 90.

Dins d'aquests precedents és necessari referir-se al treball de THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS (1951) sobre les coves existents a les calcarenites del Miocè superior de Cala Blanca, al sector sud-occidental de Menorca; en aquesta publicació, els autors es mouen a mig camí entre el concepte de riu subterrani vadós i el de conductes col·lectors “a pressió”, expressió que equivaldria a parlar de galeries d'origen freàtic. Per altra banda, i situant-nos ja en les rodalies de Porto Cristo, GINÉS & GINÉS (1976) s'ocupen de les Coves del Pirata i suggereixen l'excavació inicial de una xarxa de conductes freàtics, del tot





Figura 4: Aspecte de les sales que configuren les zones terrestres de les Coves del Drac. Els trets morfològics més destacables són les grans acumulacions de blocs despresos de les voltes, així com una exuberant decoració d'espeleotemes (Foto: M.A. Gual).

Figure 4: General aspect of the chambers that make up the air-filled sections of Coves del Drac. The most remarkable morphological features are the large accumulations of breakdown blocks fallen from the ceilings, as well as an exuberant decoration of speleothems (Photo: M.A. Gual).

desorganitzada pel desenvolupament extensiu dels processos d'esfondrament; en aquest treball s'assenyalen les similituds morfològiques i genètiques entre aquesta cavitat i les Coves del Drac. Aquestes idees sobre la carstificació en els materials carbonatats post-orogènics del llevant i sud de l'illa se sistematitzen en diferents publicacions posteriors (GINÉS & GINÉS, 1977, 1987; TRIAS & MIR, 1977), que posen l'èmfasi en la transcendència dels mecanismes d'esfondrament, els quals desmantellen uns buits freàtics inicials, donant lloc a les importants coves conegudes a la regió. Així mateix, també es comença a argumentar el paper de les variacions del nivell marí durant el Quaternari en l'evolució morfològica de les cavitats.

Al final de la dècada dels 80, els espeleòlegs mallorquins varen anar copsant les similituds entre el carst litoral del llevant de Mallorca i algunes zones càrstiques del Carib i el Golf de Mèxic, on s'havia investigat el comportament geoquímic de la zona de mescla entre aigües dolces i marines que té lloc als aqüífers costaners (PLUMMER, 1975; BACK et al., 1984). Així, les analogies amb el carst d'aquestes àrees geogràfiques –com, per exemple, algunes regions de Cuba (NÚÑEZ-JIMÉNEZ, 1967)– portaren a plantejar que la gènesi de les coves existents al Miocè superior de les nostres illes estava relacionada amb l'excavació inicial d'una xarxa de buits freàtics, deguts a l'agressivitat produïda a la zona de mescla litoral (GINÉS & GINÉS, 1989).

Centrant-nos ja en les Coves del Drac, a la publicació de GINÉS & GINÉS (1991) es planteja un esquema genètic i evolutiu de la cavitat que té en consideració diversos aspectes clau: una gènesi freàtica inicial lligada a la zona de mescla litoral, una posterior i molt important evolució vadosa en base als esfondraments i a la deposició d'espeleotemes (Figura 4), tot això controlat i condicionat per les fluctuacions del nivell marí durant el Pleistocè. Totes aquestes idees es desenvoluparen en un treball detallat posterior, on es feia una revisió exhaustiva de les teories espeleogenètiques formulades per a aquesta cova (GINÉS & GINÉS, 1992). No hi falten en aquests anys alguns treballs divulgatius sobre la cavitat, on s'aborda la seva gènesi encara que sigui de passada (GINÉS & GINÉS, 1994a, 1994b).



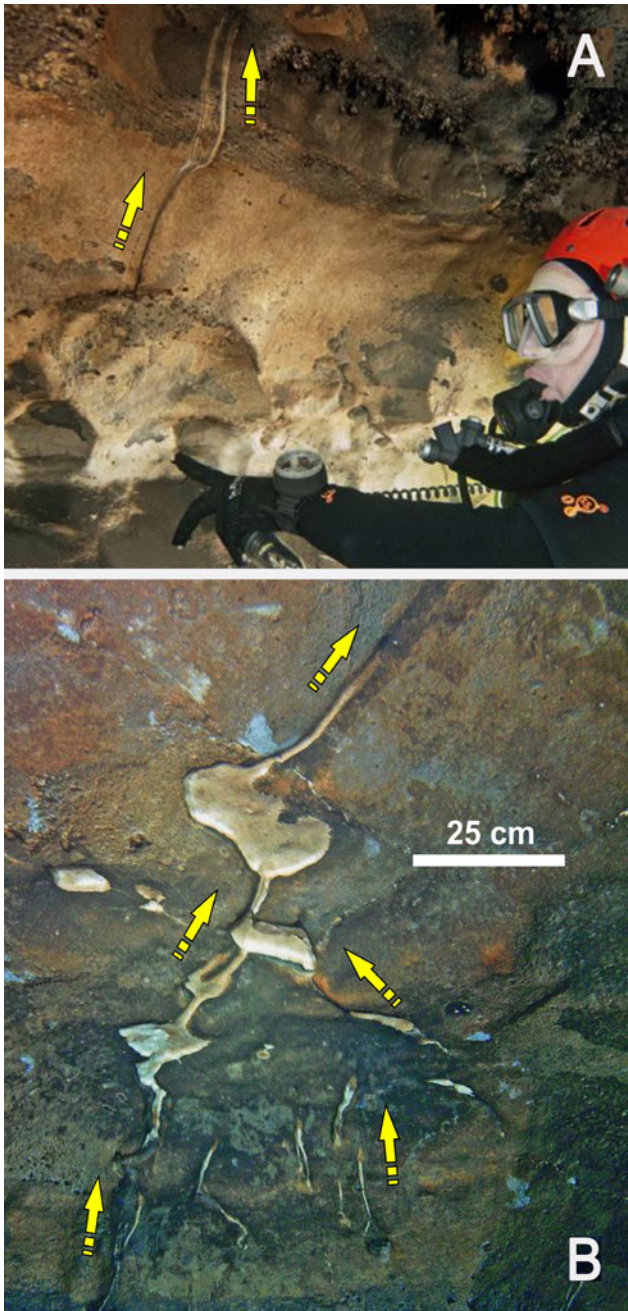


Figura 5: Canals ascendents de dissolució observables en les galeries subaquàtiques de la cova. A: Canal estret que es desenvolupa a partir d'una concavitat alveolar (Foto: A. Cirer). B: Els canals ascendents excavats a les parets i sostils de la cavitat contrasten clarament amb les patines negrenques que les cobreixen, formades per òxids de Mn i Fe (Foto: F. Gràcia).

Figure 5: Solutional ascending channels in the underwater passages of the cave. A: Narrow channel developed from a subded wall pocket (Photo: A. Cirer). B: Rising channels carved on the walls and ceiling are contrasting with the Mn- and Fe-rich black coatings (Photo: F. Gràcia).

Algunes publicacions, situades cronològicament ja en el segle XXI, s'ocupen de l'espeleogènesi de les Coves del Drac i d'altres cavitats de la regió del Migjorn en relació amb el concepte de carst eogenètic (VACHER & MYLROIE, 2002), que es desenvolupa en materials carbonatats joves que es caracteritzen per presentar unes elevades porositat i permeabilitat. Cal assenyalar que els paral·lelismes morfogenètics existents, entre les cavitats mallorquines i les coves d'alguns carsts singenètics i eogenètics del sud d'Austràlia, resulten del tot remarcables (GRIMES, 2006). Dins d'aquest context, en els treballs de GINÉS & GINÉS (2007) i GINÉS et al. (2013) s'emfatitza el paper dels esfondraments en la configuració morfològica de les cavitats del llevant i sud de Mallorca, de les quals la cova que ens ocupa és presentada com a un exemple paradigmàtic. Dins la mateixa línia se situarien algunes referències bibliogràfiques de caràcter més aviat general, que tracten de la carstificació litoral de la nostra illa (GINÉS, 2000; GRÀCIA et al., 2011b), o que proposen una classificació genètica actualitzada de les cavitats mallorquines (GINÉS & GINÉS, 2009).

Des del punt de vista geoquímic, les investigacions han estat molt minses. Cal esmentar unes observacions primerenques publicades per GASCOINE (1992), on l'autor constata la presència d'haloclines així com una major salinitat dels llacs en profunditat, que va associada a un increment de l'agressivitat de la columna d'aigua produint el deteriorament dels espeleotemes que s'hi troben submergits. Per altra banda, les investigacions portades a terme per BOOP et al. (2013, 2014) s'ocupen de les variacions en els paràmetres físico-químics de les aigües freàtiques de la cova, encara que no es deriven dades importants pel que fa als processos espeleogenètics; així mateix, en un treball molt recent d'aquest equip s'aporten dades sobre les variacions de nivell dels llacs, la dinàmica atmosfèrica de la cova i la formació de cristallitzacions de calcita flotant (BOOP et al., 2017).

#### *Els processos hipogènics*

Les exploracions i investigacions realitzades els darrers anys a la Cova des Pas de Vallgornera, situada a la franja costanera de Lluçmajor, varen fer possible reconèixer la participació de processos hipogènics en la morfogènesi d'aquesta important cavitat subterrània litoral (GINÉS et al., 2009, 2014; MERINO & FORNÓS, 2010). Aquests processos específics de carstificació –àmpliament estudiats en la darreres dècades arran de les publicacions de KLIMCHOUK (2007, 2009)– són responsables de la presència d'un conjunt de morfologies de dissolució i precipitats minerals relacionats amb una recàrrega hídrica

basal, deslligada en gran mesura de l'alimentació directa per part de les precipitacions meteòriques. Les observacions efectuades a l'esmentat gran sistema subterrani del sud de l'illa, han estat determinants per tal d'anar reconeixent morfologies de característiques semblants en altres cavitats mallorquines (MERINO et al., 2011).

Dins d'aquest context, les recents exploracions desenvolupades a les Coves del Drac han permès documentar la presència de formes de dissolució de caràcter hipogènic, que són particularment abundants a les zones subaquàtiques de la cavitat (GRÀCIA, 2015). Les morfologies en qüestió consisteixen sobretot en canals de dissolució (Figura 5), els quals es relacionarien amb fluxos ascendents d'aigües agressives que haurien participat en la gènesi de la cova, o al manco haurien produït retocs morfològics menors a les seves parets i sostils.

Més recentment encara, en dues publicacions que efectuen sengles revisions de les evidències hipogèniques a les cavitats de Mallorca es comenten les morfologies observades a les Coves del Drac (GINÉS et al., 2016, 2017), però sense considerar que els mecanismes d'espeleogènesi hipogènica siguin generalitzables de moment a tot el carst litoral del llevant de l'illa. En el cas de la regió càrstica del Migjorn –tal i com fou definida a GINÉS & GINÉS (1989)– els autors d'aquestes revisions propugnen que el més adequat és parlar de carstificació litoral en materials carbonatats eogenètics, emperò amb evidències rellevants de la implicació de processos hipogènics en la morfogènesi de les coves resultants.

### Algunes observacions morfomètriques

Amb la finalitat de recolzar la interpretació morfogènica de la cova amb dades quantitatives sobre les seves dimensions i volumetria, s'ha procedit a l'anàlisi morfomètrica de les Coves del Drac seguint la metodologia utilitzada a GINÉS et al. (2013). Es tracta de sistematitzar les característiques dimensionals i topogràfiques de la cavitat, mitjançant l'avaluació de dos paràmetres espacials que considerem significatius: per una banda, es procedeix a quantificar la grandària en planta de la cova en base a la mesura de les amplades de les seves galeries i sales, al temps que, per altra banda, es quantifica la distribució en profunditat dels buits penetrables. Aquest tipus d'anàlisi morfomètrica de les coves mallorquines ha estat aplicat fins ara a la Cova Genovesa, de Manacor (GINÉS et al., 2013), així com al sistema subterrani d'Es Dolç, situat al municipi de Ses Salines (GRÀCIA et al., 2014); en els citats treballs es pot consultar una descripció detallada de la metodologia aplicada en ambdós casos.

Les anàlisis estadístiques que seguiran s'han efectuat sobre la topografia gairebé completa, tal i com estava disponible l'agost de 2018; a partir d'aquesta data, les tasques d'exploració i topografia s'han centrat en completar els darrers detalls dels sectors submergits de la cavitat. El desenvolupament total de la cova se situa actualment al voltant dels 7.500 m, gràcies a les darreres descobertes subaquàtiques.

#### Anàlisi estadística de les amplades

Per tal d'obtenir dades estadístiques sobre la planimetria de la cova, s'han mesurat les amplades de les seves galeries i sales a intervals més o manco regulars d'uns 5 metres, prenent les mesures de les amplàries de forma aproximadament perpendicular als eixos que defineixen la trajectòria en planta dels passatges que integren la cavitat. Aquest conjunt de mesures –efectuades amb mitjans digitals, i d'una manera homogènia, sobre tota la topografia de la cova (incloent tant les sales terrestres com les extensions subaquàtiques)– permeten obtenir dades quantitatives sobre la planta de les Coves del Drac i aporten informació rellevant, per exemple, sobre la presència de grans sales (i la seva magnitud) o l'abundància relativa de conductes i passatges de reduïdes dimensions.

En total s'han mesurat 864 amplades, de les quals 221 mesures corresponen a les sales que integren la part terrestre de la cova (les zones històriques conegudes els segles XIX i XX), mentre que 643 amplades

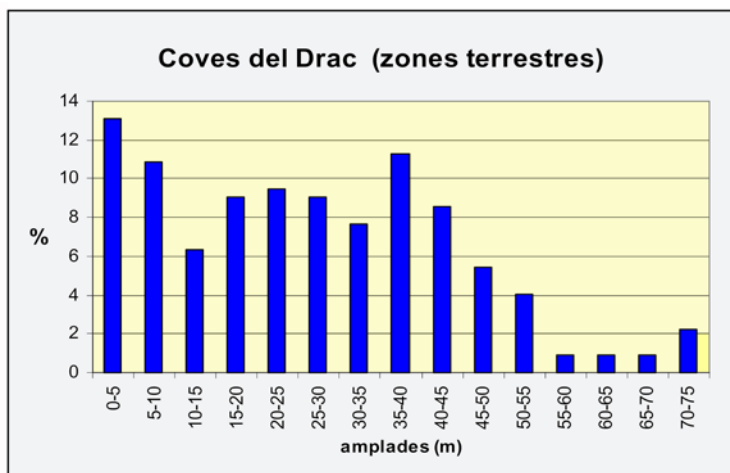


Figura 6: Distribució de freqüències de les amplades de les galeries i sales dels sectors terrestres de la cova (n=221).  
 Figure 6: Frequency distribution of passage widths in the historical air-filled sections of the cave (n=221).

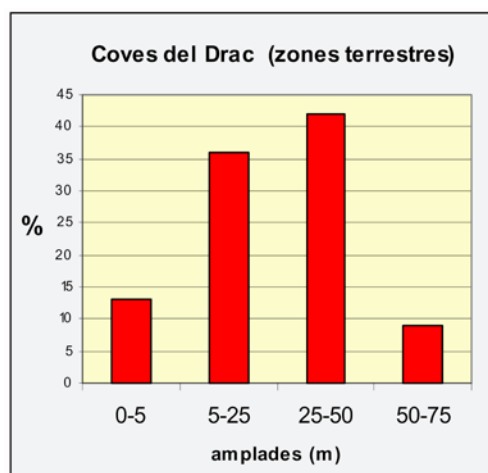


Figure 7: Distribució de freqüències de les amplades de les galeries i sales dels sectors terrestres, agrupades en quatre intervals significatius (n=221).  
 Figure 7: Frequency distribution of passage widths in the air-filled sections of the cave, grouped in four major significant intervals (n=221).



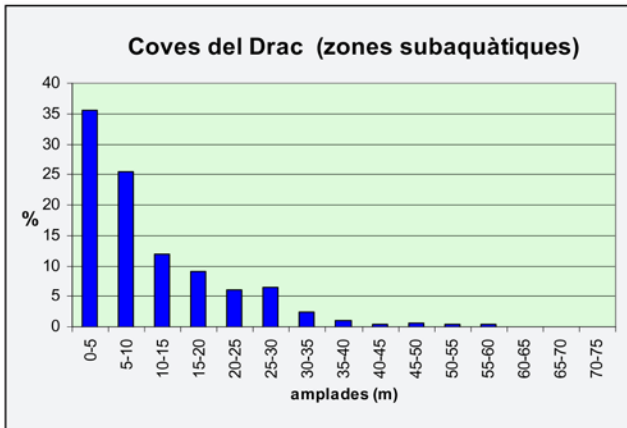


Figura 8: Distribució de freqüències de les amplades de les galeries i sales dels sectors subaquàtics de la cova (n=643).  
Figure 8: Frequency distribution of passage widths in the underwater sections of the cave (n=643).

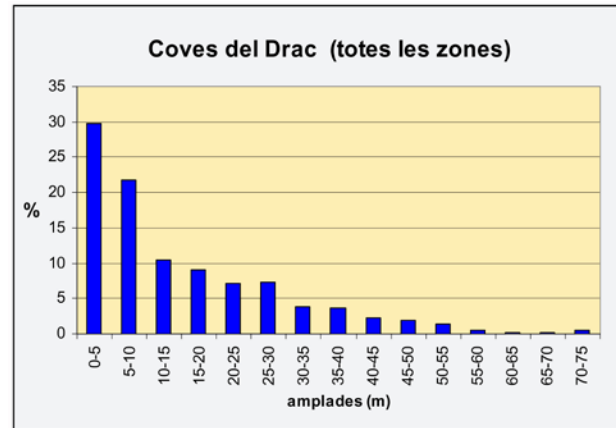


Figura 9: Distribució de freqüències de les amplades mesurades a tots els sectors de la cova, considerats conjuntament (n=864).  
Figure 9: Frequency distribution of passage widths measured in the whole cave (n=864).

recullen les dimensions de les extensions subaquàtiques explorades els darrers anys, incloent així mateix les poques sales aèries que s'hi troben intercalades. Tenint en compte la clara dicotomia topogràfica existent entre les galeries terrestres i els sectors subaquàtics, es procedirà a efectuar l'anàlisi estadística d'aquestes dues grans unitats de manera independent, prèviament a l'anàlisi corresponent a tot el conjunt de la cova. És clar que aquesta dualitat topogràfica resulta una mica artificial, des del moment que depèn de la posició altimètrica del nivell marí, la qual és del tot circumstancial en estar lligada a les oscil·lacions glacio-eustàtiques de la Mediterrània. Malgrat això, aquesta dicotomia ens resultarà d'utilitat ja que reflecteix la fisiografia actual de la cova, i permetrà avaluar a grans trets les característiques planimètriques diferencials de la cavitat en funció de l'altimetria relativa de les seves galeries i sales.

Començant per les sales i galeries del sector terrestre, la Figura 6 mostra la distribució de freqüències obtinguda per aquesta gran unitat, constituïda per les zones terrestres de la cavitat. En ella s'observa que l'interval més abundant correspon a les galeries de <5 m d'amplitud (13% de les amplades mesurades), malgrat que el més destacable és sens dubte la notable abundància de passatges i sales d'amplàries que abracen des de 15 fins a 50 m, amb un segon valor modal per a l'interval 35-40 m al que pertanyen poc més d'un 11% de les amplades mesurades; fins i tot les sales encara més amples (entre 50 i 75 m) es troben ben representades amb devers el 9% de les mesures. Per tal d'il·lustrar fins a quin punt les dimensions de les zones terrestres són realment notables, la Figura 7 recull la distribució d'amplades però agrupades en quatre intervals significatius corresponents respectivament a: galeries més aviat estretes (<5 m), passatges de dimensions mitjanes (5-25 m), sales amples (25-50 m) i sales molt amples (50-75 m). És fàcil constatar en l'esmentada gràfica que més del 51% de les amplades mesurades corresponen a grans sales que superen els 25 m d'amplària, amb un màxim situat a l'interval 25-50 m el qual agrupa el 42% de les amplades mesurades; al mateix temps, les sales de dimensions mitjanes (5-25 m d'amplària) estan ben representades arribant fins al 36% de les mesures, mentre que tan sols un 13% documenten la presència de passatges més aviat estrets.

A la Figura 8 es pot observar la distribució de freqüències obtinguda als sectors subaquàtics. En aquest cas la distribució és ben diferent que la de les zones terrestres (veure Figura 6), amb un valor modal situat a l'interval 0-5 m (35% de les mesures), percentatge que va disminuint progressivament fins arribar a l'interval 55-60 m. Els passatges amb amplades superiors als 35 m totalitzen només el 3% de les mesures preses.

Finalment, a la Figura 9 es reflecteixen les dades corresponents a totes les amplades mesurades en el conjunt de la cova. Aquesta gràfica és bastant similar a l'obtinguda per a les extensions subaquàtiques (veure Figura 8), emperò convenientment matisada per les mesures procedents de les grans sales del sector terrestre. El valor modal se situa a l'interval 0-5 m (30%), percentatge que disminueix de manera gairebé continuada fins a l'interval 60-65 m. A partir d'aquest punt, encara trobem a prop d'un 1% de mesures que arriben fins i tot als 75 m d'amplària. És convenient assenyalar que els resultats calculats per a les Coves del Drac, són del tot semblants als obtinguts el seu dia per a la Cova Genovesa (GINÉS et al., 2013). Aquesta similitud no és gens d'estranyar en tractar-se de dues cavitats properes, emmarcades dins contextos litològics i morfogenètics molt similars.

Per tal d'arrodonir l'anàlisi estadística de les amplades de la cova, s'han elaborat dues gràfiques addicionals que permetran una fàcil comparació de les dades calculades en les tres aproximacions ja comentades més a dalt: zones terrestres, zones subaquàtiques, i tota la cavitat en el seu conjunt. A la Figura 10

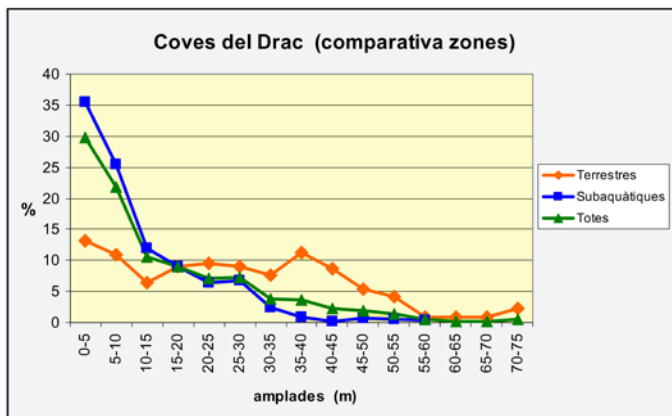


Figura 10: Gràfica comparativa de les amplades mesurades als dos sectors que han estat diferenciats (passatges terrestres i subaquàtics, respectivament) i a la totalitat de la cova (n=864).  
 Figure 10: Comparative graph of passage widths measured in the two differentiated sections (air-filled and underwater passages, respectively) and in the whole cave (n=864).

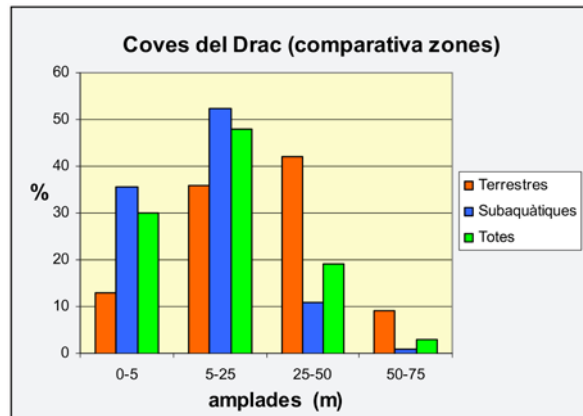


Figura 11: Gràfica comparativa de les distribucions de freqüències de les amplades mesurades als dos sectors que han estat diferenciats (passatges terrestres i subaquàtics, respectivament) i a la totalitat de la cova; les dades estan agrupades en quatre intervals significatius (n=864).  
 Figure 11: Comparative graph of the frequency distributions of passage widths measured in the two differentiated sections (air-filled and underwater passages, respectively) and in the whole cave; data are grouped in four major significant intervals (n=864).

resulta evident la notable dicotomia que s'estableix entre les dimensions dels passatges i sales dels sectors terrestres i les amplades de les galeries subaquàtiques; així mateix és pot copsar la corba relativament suavitzada corresponent a la representació de les mesures de tota la cova.

Per altra banda, la Figura 11 facilita la comparació de les amplades mesurades, però aquesta vegada agrupades en els quatre intervals significatius emprats per a la preparació de la Figura 7. Es pot comprovar amb facilitat que les tres aproximacions elaborades tenen comportaments ben diferenciats entre sí, amb els grans passatges i sales (>25 m d'amplada) que són predominants a les zones terrestres, i les galeries estretes o mitjanes (<25 m) que assoleixen major importància als sectors subaquàtics. Mentre que les grans sales es relacionen clarament amb processos d'esfondrament, el significat morfogènic de les galeries més estretes pot ser ben divers de tal manera que un criteri exclusivament dimensional pot ser insuficient per a la seva avaluació. En aquest sentit, a les zones subaquàtiques les galeries estretes poden correspondre de forma majoritària a passatges de gènesi freàtica, mentre que a les zones terrestres aquests passatges estrets poden consistir, en la majoria dels casos, en simples buits marginals al voltant de les grans zones de col·lapse.

### Anàlisi estadística de les fondàries

La quantificació de com es distribueixen en vertical els buits que componen la cova, pretén esbrinar indicis sobre on se situen els horitzons preferencials d'espeleogènesi, que han donat lloc a la cavitat en la seva morfologia actual. En les localitats estudiades amb anterioritat amb aquesta metodologia (GINÉS et al., 2013; GRÀCIA et al., 2014), l'avaluació d'aquest paràmetre es va fer a partir de perfils longitudinals que recorrien la quasi totalitat de les coves analitzades (Cova Genovesa i Es Dolç). En el cas de les Coves del Drac, la seva complexitat topogràfica i la gran extensió dels passatges subaquàtics han condicionat el fet que els perfils longitudinals s'hagin realitzat bàsicament en les sales dels sectors terrestres, en detriment de les galeries submergides on manquen perfils longitudinals que les representin de manera exhaustiva. Per aquesta raó, ha estat necessari utilitzar una estratègia de quantificació que tractés de ser homogènia per a la totalitat de la cova, intentant superar així les limitacions topogràfiques inherents al seu gran desenvolupament subaquàtic.

L'estratègia emprada s'ha centrat en l'avaluació numèrica de les seccions transversals disponibles, determinant les dimensions de la cavitat en base a mesures de les seves galeries i sales efectuades a intervals regulars de 2 m de fondària; aquesta anàlisi estadística té la finalitat de quantificar, de manera precisa, la profunditat on es localitzen les sales i galeries de la cova. Amb aquesta tècnica, els passatges i sales d'alçada notable es quantifiquen diverses vegades segons el ventall de profunditats que abracen les seccions mesurades, mentre que les galeries d'alçada inferior a 2 m estaran comptabilitzades una sola vegada dins l'interval que els pertorqui (GRÀCIA et al., 2014). Les seccions altimètriques utilitzades inclouen 7 perfils transversals de les grans sales que conformen les zones terrestres de la cova, així com 27 seccions transversals de les galeries subaquàtiques. El tractament gràfic de les seccions i perfils, ha permès obtenir 233 mesures de les dimensions transversals de la cavitat en funció de la fondària, de les quals 115 mesures corresponen als sectors terrestres i 118 a les zones subaquàtiques. En ambdós casos les mides



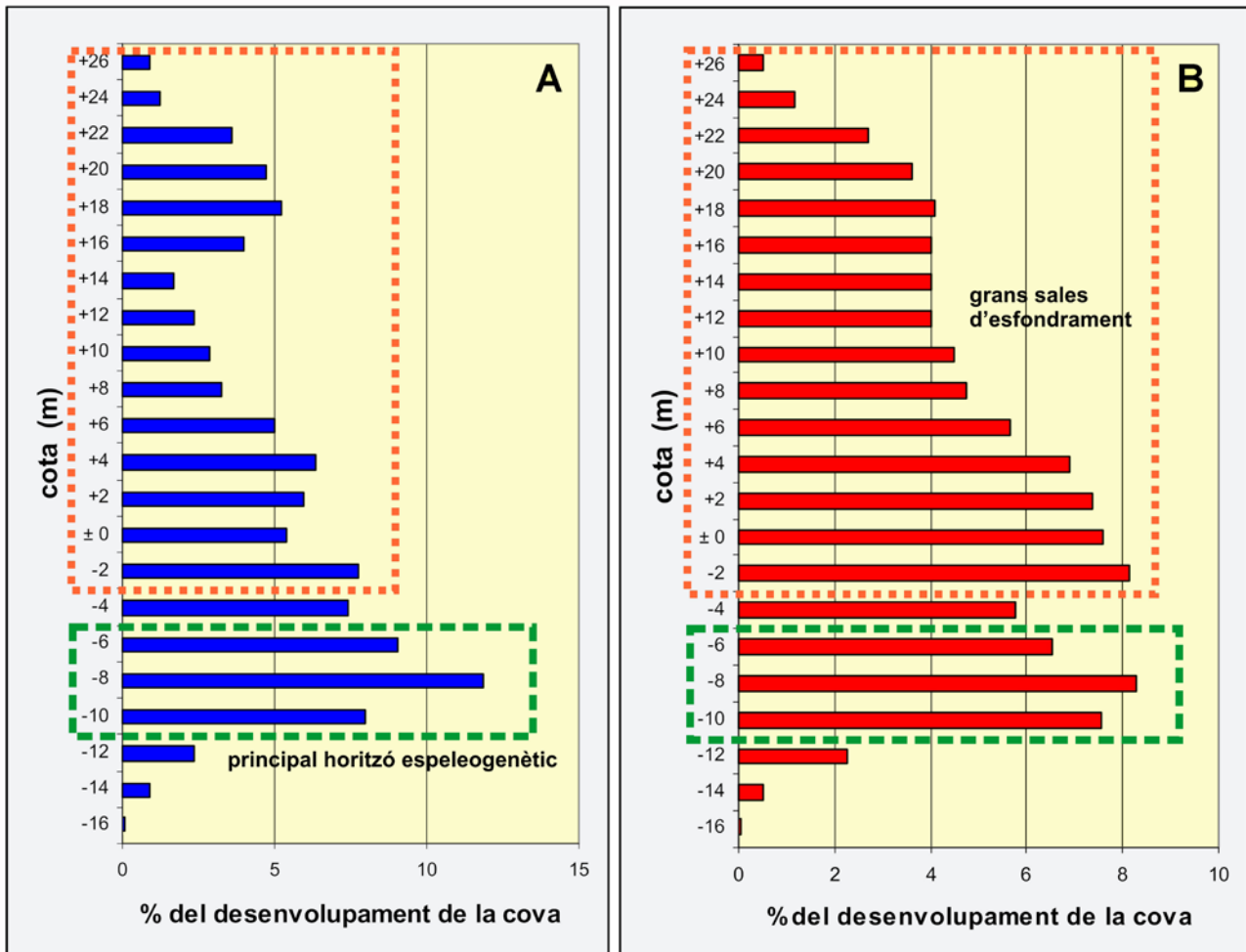


Figura 12: Gràfica que mostra la inferència dels principals nivells espeleogenètics de les Coves del Drac, deduïts de l'estadística realitzada sobre l'elevació dels passatges subterranis. A: Quantitat total de buits reals (galeries i sales) interceptats a intervals d'elevació de 2 m. B: Quantitat estimada de passatges subterranis interceptats a intervals d'elevació de 2 m, incloent els espais presumiblement ocupats per acumulacions de blocs en el trespol de grans sales de col·lapse.

Figure 12: Inference of the main speleogenetic horizons in Coves del Drac as deduced from passage elevation statistics. A: Total amount of real cave passages intercepted at elevation intervals of 2 m. B: Estimated amount of cave passages at elevation intervals of 2 m including the space occupied presumably by boulder chokes at the floor of great collapse chambers. The main speleogenetic horizons are framed with green dashed lines, whereas the orange dotted frames correspond to big collapse chambers.

efectuades totalitzen xifres molt similars –al voltant de 1.500 m de buits mesurats–, fet que evidencia fins a quin punt l'estratègia de mostreig no està beneficiant a cap dels dos grans sectors que configuren la cova (terrestre vs. subaquàtic).

En base al mostreig descrit més a dalt, a la Figura 12-A es recull la distribució de freqüències de les fondàries a les quals es localitzen les galeries i sales de la cova; els intervals d'aquesta gràfica corresponen a l'espai interceptat per plans horitzontals establerts amb una equidistància de 2 m. En aquesta figura es constata una distribució gairebé bimodal, amb uns pics principals situats a les cotes -8 m (el 11,9% de les mesures preses) i +18 m (5,2% de les mesures); altres pics secundaris s'observen a profunditats de -2 m i +4 m (totes les cotes estan referides al nivell de la mar). La distribució bimodal de la Figura 12-A posa en evidència uns possibles horitzons espeleogenètics primigenis disposats entre -6 m i -10 m (gairebé el 29% de les mesures), incloent el citat màxim corresponent als -8 m; per altra banda, el pic situat a cotes més elevades (entre +16 m i +22 m) reflectiria els punts culminants de les grans sales d'esfondrament dels sectors terrestres.

Una segona aproximació a l'avaluació del paràmetre que ens ocupa s'ha realitzat d'acord amb la metodologia emprada a GINÉS et al. (2013), la qual considera també com a buits mesurables els espais presumiblement ocupats per les grans acumulacions de blocs que constitueixen els trespols de les sales de col·lapse; les mesures obtingudes per fer aquesta segona avaluació corresponen majoritàriament a les zones terrestres, on les sales d'esfondrament són totalment dominants en comparació amb els sectors subaquàtics. El processat de la totalitat de les mesures obtingudes –buits reals (2.972 m) més buits ocupats per blocs d'esfondrament (2.290 m)– ha donat una distribució de freqüències molt més suavitzada (Figura 12-B), però amb un caràcter també bimodal amb el màxim corresponent així mateix a la cota -8 m (8,3% de les mesures). El segon pic d'aquesta distribució se situa als -2 m de fondària, amb el 8,2% de les mesures, percentatge

que va minvant a mesura que pujam de cota, fins arribar a un petit màxim a la cota +18 m (4,1%). La interpretació d'aquesta segona gràfica apunta cap a la presència de dos ambients morfogenètics diferenciats, el principal dels quals seria un horitzó espeleogenètic situat entre -6 m i -10 m, corresponent a les galeries de gènesi freàtica que conformen bona part dels sectors subaquàtics de la cova. Per altra banda, el segon màxim observable a la Figura 12-B s'estén des de la cota -2 m cap a dalt, i podria relacionar-se amb les parts baixes de les grans sales d'esfondrament (ocupades per acumulacions de blocs rocosos) que es desenvolupen en alçada fins arribar a la superfície, presentant un màxim relatiu en torn de la cota +18 m.

Valorades en el seu conjunt, les dades incloses a la Figura 12 mostren una similitud important amb les distribucions de freqüències obtingudes per a la Cova Genovesa (GINÉS et al., 2013), cavitat que tal i com ja s'ha comentat abans s'enquadra en un marc geològic i morfogenètic gairebé idèntic. Tan sols val la pena comentar, com a característica una mica diferencial, el major pes que tenen els buits mesurats entre les cotes +14 m i +22 m, que s'explicarien pel gran desenvolupament volumètric dels sectors terrestres de les Coves del Drac.

## Trets morfològics rellevants

En aquest apartat no es pretén efectuar una descripció detallada de la morfologia de la cova –que serà accessible a d'altres articles de la present monografia (*Papers Soc. Espeleo. Balear*, vol. 1, 2018)– sinó tan sols remarcar i discutir aquells aspectes morfològics que puguin resultar rellevants a l'hora d'establir una interpretació acurada de la gènesi d'aquesta important xarxa subterrània.

### *El patró planimètric i la ubicació de la cova*

L'observació de la topografia actual de les Coves del Drac permet copsar a un cop d'ull la disposició més aviat laberíntica de la planta de la cavitat, constituïda per una sèrie de grans sales juxtaposades de manera aleatòria i envoltades per extenses continuacions subaquàtiques en les quals no es distingeixen directrius estructurals clares; no obstant això, als sectors subaquàtics *Central* i *de Llevant* s'observen algunes alineacions que podrien correspondre a fractures amb una direcció aproximada SW-NE. La dualitat esmentada, pel que fa a la topografia dels sectors terrestres i subaquàtics de la cova, ha quedat ben palesa en l'anàlisi morfomètrica de les amplades que s'ha realitzat a l'apartat anterior. En general, el patró planimètric que es pot reconèixer és entre *ramiforme* i *espongiforme* (Figura 13), segons la terminologia formulada per PALMER (2007), i denota amb claredat que no ens trobem davant una xarxa de drenatge càrstic convencional, que normalment presentaria una disposició molt més lineal i manco laberíntica. Aquest tipus de patró planimètric és habitual a moltes coves desenvolupades en els materials escullosos del Miocè superior de Mallorca, tal i com ha estat posat de manifest a nombroses publicacions sobre l'endocarst de la regió càrstica del Migjorn (GINÉS et al., 2008, 2014; GRÀCIA et al., 2006, 2010; GRÀCIA, 2015). Les cavitats documentades en aquests treballs es caracteritzen sovint per la presència d'amplies galeries i sales, interconnectades entre sí seguint una disposició que es podria qualificar de gairebé anàrquica, la qual dóna lloc a conjunts complexos de buits irregulars que mostren una tendència espacial laberíntica però lleugerament ramificada; cal destacar la important component tridimensional de les coves estudiades, ocasionada per l'actuació de processos d'esfondrament generalitzats. Els patrons laberíntics de caràcter *ramiforme* i *espongiforme* són normalment observables en xarxes subterrànies associades a condicions hidrològiques i geoquímiques ben particulars (coves hipogèniques i coves de la zona de mescla litoral, per exemple), la gènesi de les quals està deslligada en gran mesura de la recàrrega directa de les precipitacions meteòriques (PALMER, 2007). En qualsevol cas, el patró planimètric de les cavitats del Migjorn de Mallorca es troba prou allunyat del que mostren les coves marginals litorals (*flank margin caves*), descrites per MYLROIE & CAREW (1990) a partir de localitats de les Bahames.

De la mateixa manera que la topografia de la cova no obeeix a una funcionalitat de drenatge evident, la seva relació amb el relleu i el paisatge exterior és també molt ambigua. El fet de trobar-se localitzada molt a prop de la incisió del Torrent de ses Talaioles, just en el lloc on comença l'estreta i sinuosa Cala de Manacor (Figura 3), ha portat a diferents autors a especular sobre la possibilitat que la gènesi de les Coves del Drac estigués relacionada amb pèrdues d'aquest torrent que drenarien cap a la petita endinsada costanera de Cala Murta (MARTEL, 1903; MAHEU, 1912; FAURA I SANS, 1926). Des del moment que aquesta possibilitat no està recolzada per les característiques de la xarxa subterrània, resulta més adient relacionar la formació de la cova amb unes condicions freàtiques de descàrrega difusa de l'aquífer



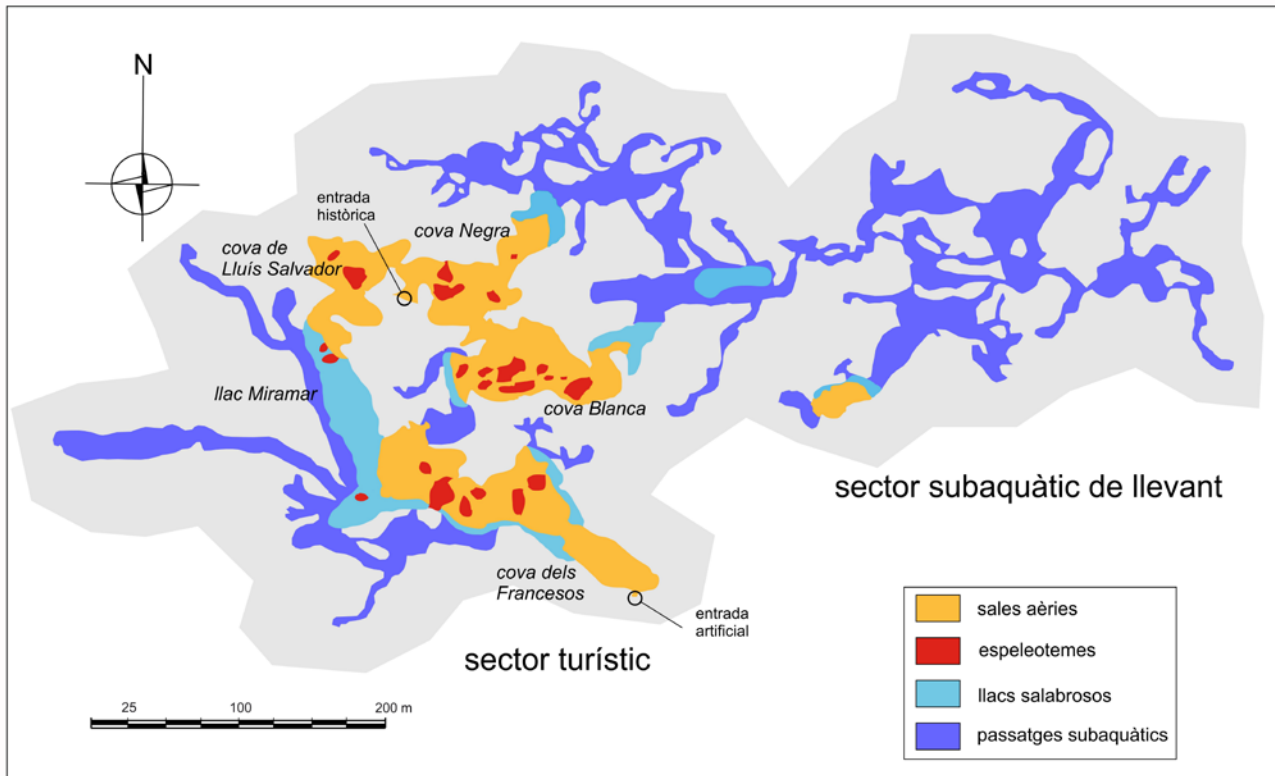


Figura 13: Topografia provisional de les Coves del Drac, tal com aparegué recollida a la tesi doctoral de GRÀCIA (2015).  
 Figure 13: Provisional topographic survey of Coves del Drac as was included in the Ph D dissertation performed by GRÀCIA (2015).

litoral, el qual drenaria cap a les incisions de la xarxa torrencial (Torrent de ses Talaioles i Cala Murta) i/o accidents particulars de la línia de costa, com és el cas de l'enfony conegut com s'Enterrossall. D'aquesta manera, no es pot argumentar una relació causal clara entre espeleogènesi litoral i evolució de la xarxa hidrogràfica superficial, encara que molt probablement l'excavació de les Coves del Drac pugui haver estat condicionada per la seva situació en l'istme d'una mena de península, on podria haver-se focalitzat el drenatge subterrani que descarregaria cap a la perifèria del morro que limita meridionalment la cala de Porto Cristo; la connexió aconseguida recentment entre la cova i el Dolç de Cala Murta, vendria a reafirmar la descàrrega eficient que es produeix en aquest indret costaner. Per altra banda, els col·lapses paleocàrstics (GINÉS et al., 2011), que s'observen des de s'Enterrossall cap a l'esmentada caleta, no semblen haver tingut cap rellevància en la gènesi de la cavitat.

Es pot afirmar que el context hidrogeològic i morfogenètic en el que se situa aquesta cova és el d'un carst litoral eogenètic (GINÉS & GINÉS, 2007), on han tingut lloc processos actius de dissolució freàtica, en un aquífer costaner que presenta una descàrrega difusa cap a la mar en raó de la important porositat primària que conserven els materials carbonatats del Miocè superior, com a resultat de la seva breu història diagenètica. Degut a l'elevada permeabilitat que presenta el rocam, el gradient hidràulic de l'aquífer litoral és molt baix (<0,0005) circumstància a la que cal afegir la gran proximitat a la línia de costa (situada a menys de 100 m d'alguns punts de la cavitat). Tot això fa que les fluctuacions diàries del nivell marí incideixin de manera decisiva en l'altimetria de la superfície dels llacs de la cova, així com en el comportament hidrològic general de la franja costanera de les rodalies de Porto Cristo. En aquest sentit, cal tenir present la mobilització alternant de les aigües freàtiques –per mor de les fluctuacions mareals i baromètriques del nivell de la mar– que esdevé un factor rellevant en la hidrologia subterrània als buits i cavitats més propers a la línia de costa (GRÀCIA et al., 2005; GINÉS & GINÉS, 2007); el paper geoquímic d'aquesta mena de “bombeig mareal” resta encara pendent d'investigació.

***Els fenòmens d'esfondrament i la deposició d'espeleotemes***

Una visita ràpida a les Coves del Drac ens permet constatar, de forma inequívoca, que les zones terrestres de la cavitat es caracteritzen per un predomini total de les morfologies produïdes pel reajustament mecànic de les voltes i parets, amb la generació de notables acumulacions de blocs rocósos producte de successius esfondraments (Figura 14), i tot això adornat per una decoració d'espeleotemes del tot exuberant. De fet,

als sector clàssics de la cova –les zones turístiques actuals i pretèrites– manquen les formes de dissolució que ens puguin donar evidències sobre la naturalesa dels buits primigenis, existents prèviament als processos de col·lapse que la configuren avui en dia (GINÉS & GINÉS, 1992). Els esfondraments generalitzats que han afectat la cova, fan que aquests sectors terrestres es puguin sistematitzar en base a la presència de com a mínim mitja dotzena d'unitats volumètriques de col·lapse, que es troben connectades de manera més aviat aleatòria, obligant al visitant a continus ascensos i descensos en recórrer la cavitat (GINÉS & GINÉS, 2007). Aquestes grans unitats d'esfondrament correspondrien a la *cova Negra*, *cova Blanca* i *cova de Lluís Salvador*, en les zones de la cova conegudes d'antic, i a la *cúpula Moragues*, *sala de los Herreros* i *sala Louis Armand*, en els sectors explorats per Martel a finals del XIX. Cal assenyalar que els fenòmens de reajustament mecànic tenen un caràcter d'ubiquïtat en tota la extensió de la cova, encara que és als seus sectors terrestres on es troben millor representats; en aquest sentit, fins i tots a les extensions subaquàtiques trobem sales d'esfondrament notables, com és el cas de la *galeria de les Delícies*, la *galeria de l'Arxiduc* i la *sala de la Bella Mort*, situades als sectors subaquàtics *Central* i *de Llevant*, així com la *galeria dels Cocos* que s'estén a partir del *llac Miramar* (GRÀCIA, 2015; GRÀCIA et al., 2017).

La possibilitat de que tinguin lloc mecanismes generalitzats d'esfondrament requereix, com a requisit ineludible, l'existència d'uns buits inicials a partir dels quals es puguin desenvolupar reajustaments mecànics de les seves voltes i parets; l'actuació dilatada d'aquests processos tendeix en definitiva a desmantellar els possibles conductes i buits primigenis, al temps que desencadena una migració vertical de la cavitat que de manera progressiva s'anirà apropant cap a la superfície (GINÉS & GINÉS, 1987, 1992; GINÉS, 2000). Dins aquesta dinàmica cal situar l'obertura de la cova a l'exterior, que té lloc mitjançant una entrada natural consistent en un abisament en superfície, que és per on surten avui en dia les visites turístiques. Malgrat la dinàmica destructiva i antigravitatòria d'aquests processos mecànics, cal esperar la pervivència de restes dels possibles conductes i buits inicials a les parts més fondes de la cova, tal i com s'ha evidenciat en altres cavitats similars (GINÉS et al., 2013) i de la mateixa manera que es pot deduir de l'anàlisi morfològica de les Coves del Drac ja exposat abans (vegeu Figures 10 i 12). En aquest sentit, les exploracions subaquàtiques han permès documentar l'existència d'extenses xarxes de passatges de morfologia freàtica que conformen bona part dels sectors subaquàtics *Central* i *de Llevant* així com alguns conductes observables als sectors submergits propers al *llac Miramar*, també conegut com a *llac Martel*. Els passatges freàtics apareixen situats predominantment a fondàries que van dels -7 als -18 m sota el nivell marí, amb profunditats màximes que superen per ben poc els -20 m.

La presència de passatges de dissolució, a les cotes més fondes de la cova, posa en evidència el comportament geoquímic agressiu de la zona freàtica litoral, que ha estat responsable de l'excavació dels buits i conductes inicials així com, encara més important, la progressiva eliminació per dissolució dels blocs resultants del col·lapse de les parets i voltes (GINÉS & GINÉS, 2007). L'agressivitat de les aigües freàtiques cal cercar-la en els processos geoquímics de mescla que es produeixen entre aigües dolces i marines (FRATESI, 2013), encara que altres autors emfatitzen el paper de les concentracions heterogènies de CO<sub>2</sub> com a factor explicatiu de l'espeleogènesi a algunes zones litorals (GULLEY et al., 2015). La gran rellevància dels processos d'esfondrament és un fet que es troba ben documentat en altres carsts eogenètics, tal i com succeeix en els exemples australians descrits per JENNINGS (1971), HILL (1984) i GRIMES (2006). En qualsevol cas, cal tenir present que la generació a les Coves del Drac d'unes grans sales que superen amb freqüència els 50 m d'ample (Figura 7), amb alçades de les voltes properes a la desena de metres, impliquen la necessitat de processos actius de dissolució freàtica durant un temps geològic suficient per a fer possible el increment volumètric de les sales; aquest creixement en volum requereix la destrucció eficaç i continuada dels productes d'esfondrament, els quals per definició ocupen més volum una vegada despresos en comparació amb l'espai que ocupaven quan formaven part de la roca encaixant.

Els fenòmens d'esfondrament i col·lapse es poden haver vist afavorits durant els períodes freds del Quaternari, moments en que les pulsacions del nivell marí han implicat fluctuacions negatives importants de la massa d'aigües freàtiques, amb la conseqüent pèrdua de suport hidrostàtic de les voltes associada a aquestes oscil·lacions regressives de signe glacio-eustàtic. Durant aquests episodis de descensos del nivell marí, a més de resultar afavorits els mecanismes de col·lapse de les voltes, també es fa possible la deposició d'espeleotemes vadosos en les parts baixes de les sales, les quals avui en dia es troben inundades per llacs salabrosos com a conseqüència de la pujada post-glacial de la Mediterrània.

De forma gairebé complementària als processos d'esfondrament, la deposició d'espeleotemes constitueix el segon terme del binomi morfològic que predomina a bona part de la cavitat, com a resultat de la important evolució en condicions vadoses que ha experimentat. La riquesa de la decoració





Figura 14: Les grans sales que formen els sectors terrestres de la cova presenten les seves cotes inferiors ocupades per extensos llacs d'aigües salabroses. Les morfologies dominants són els grans blocs rocosos d'esfondrament i la notable abundància d'espeleotemes (Foto: M.A. Gual).  
 Figure 14: The huge chambers forming the air-filled sections of the cave present their lower parts occupied by extensive brackish pools. The dominant morphological features are large heaps of breakdown blocks covering its floors and a remarkable abundance of speleothems (Photo: M.A. Gual).

crystal·lina de les Coves del Drac sempre ha cridat l'atenció dels visitants i investigadors (GAY & CHAMPSAUR, 1885; VUILLIER, 1888; MARTEL, 1896), que s'han fixat en aspectes concrets com són els sòtils totalment coberts per una munió de fines estalactites (FOURMARIER, 1926) en raó de la uniforme porositat de la roca, o han reportat la presència d'estalagmites, i espeleotemes en general, al fons dels actuals llacs de la cova (RODÉS, 1925a) com ja ha estat explicat més a dalt. El fet que els dipòsits estalagmítics i colades es presentin fossilitzant acumulacions de blocs rocosos d'esfondrament, ha ocasionat fenòmens de solifluxió i assentament del substrat, que han produït el basculament i/o fracturació d'abundants espeleotemes, tal i com ja fou reconegut per FAURA I SANS (1926).

### *Les formes de dissolució*

Ja s'ha comentat que les morfologies de dissolució cal cercar-les majoritàriament a les cotes inferiors, és a dir a les extensions subaquàtiques de la cova. Així, exemples de conductes i galeries freàtiques que aprofiten els plans d'estratificació sovintegen als passatges submergits propers al llac *Miramar* (*galeria de la Gran Duquessa de Toscana*, *galeries del Canal*), així com als sectors subaquàtics *Central* i *de Llevant* (per exemple, al *laberint del Sultà*) on es presenten juntament amb conductes de secció circular i arrodonida com els observables a la *galeria dels Domassos*, *els Conductes* o la *galeria de la Corrosió* (GRÀCIA, 2015). En alguns d'aquests passatges, a més de les microformes de dissolució consistents en concavitats de diverses mides, abunden les "facetes" (*solution facets*) que formen pendissos inclinats a les parets de les galeries, els quals representen la continuació cap avall de regates més o manco horitzontals de corrosió (*solution notches*); la *galeria dels Cocos* i les *galeries Hipòstiles* mostren exemples il·lustratius de les citades morfologies. Aquest tipus de formes es relacionen amb fenòmens de dissolució afavorits per lleus circulacions convectives, que tenen lloc en ambients freàtics molt poc dinàmics com els associats a les zones de mescla litoral (GRÀCIA et al., 2011a), encara que es tracta de morfologies de limitat valor diagnòstic que poden tenir un origen poligènic. Manquen del tot les formes relacionades amb fluxos abundantment dinàmics de les aigües subterrànies, com seria el cas dels *scallops*.

Una possibilitat que és necessari valorar cal cercar-la –per tal de descartar-la tot seguit– a les illes atlàntiques de les Bermudes, on extenses coves de col·lapse han estat atribuïdes als esfondraments de galeries excavades, durant els moments de davallada del nivell marí, per cursos subterranis vadosos (MYLROIE et al., 1995). En el nostre cas, no hi ha cap evidència que sustenti aquesta possible història espeleogenètica, ans al contrari està ben documentada l'existència de buits i conductes primigenis originats en condicions freàtiques.

Per altra banda, les extensions subaquàtiques explorades recentment han permès documentar la presència de molt abundants formes de dissolució de possible origen hipogènic, en el sentit enunciat per KLIMCHOUK (2007, 2009). Aquestes morfologies són gairebé omnipresents als sectors *subaquàtics Central i de Llevant* i a galeries properes al *llac Miramar*, com la *galeria dels Cocos*, *galeries del Canal* i *galeries de les Meravelles* (GRÀCIA, 2015; GRÀCIA et al., 2017). Les formes hipogèniques reportades inclouen estrets conductes verticals i/o laterals d'alimentació (*feeders*), així com altres morfologies d'elevat valor diagnòstic com són els canals ascendents excavats a les parets, els quals arriben a penetrar uns pocs centímetres a la roca de caixa amb llargàries entre decimètriques i mètriques. Aquests canals ascendents es converteixen freqüentment en espectaculars canals meandriformes de sostre (Figures 5 i 15), que poden assolir recorreguts importants d'algunes desenes de metres; alguns d'aquests canals arriben a encaixar-se fins a 40 cm en els sòtils de passatges com la *galeria Negra* i la *galeria dels Domassos*. Així mateix, a les voltes de les galeries sotaiguades s'observen nombroses cúpules de dissolució, que actuen de vegades com punts de descàrrega (*outlets*) dels fluxos agressius.

Morfologies de similars característiques també han estat observades a les zones terrestres, sempre bastant a prop de l'actual superfície de les aigües freàtiques; aquest és el cas dels estrets canals ascendents de dissolució existents, per exemple, a prop del *llac de les Delícies* i del *llac Miramar*, i a sectors molt concrets de la *cova Negra* i de la *cova de Lluís Salvador*.

Malgrat l'abundància de les evidències hipogèniques documentades a les Coves del Drac, aquestes no semblen especialment significatives pel que fa al volum de buits atribuïbles de forma directa a aquest vector espeleogenètic, trobant-se limitades en general a lleus retocs morfològics de les parets i voltes de la cavitat (GINÉS et al., 2017). En qualsevol cas el que resulta ben evident, des d'un punt de vista morfològic, és la rellevància dels processos de dissolució freàtica, independentment de les particularitats concretes dels possibles mecanismes genètics implicats: mescla d'aigües de diferents característiques geoquímiques, recàrrega basal hipogènica, i eventual participació de la recàrrega d'origen meteòric.

### ***Els llacs i els seus dipòsits específics***

No hi ha cap dubte que els espectaculars llacs salabrosos, que ocupen amplis sectors de les Coves del Drac, constitueixen un dels seus trets distintius. Aquests llacs cridaren fortament l'atenció dels primers visitants i, en bona mesura, són els responsables de les errònies interpretacions genètiques proposades a finals del segle XIX. Els actuals llacs de la cova corresponen a la seva inundació per mor de la pujada post-glacial del nivell de la mar, i representen simplement la manifestació visible de la cota que presenta la superfície de la massa d'aigües freàtiques litorals, que es troben en equilibri hidrodinàmic amb el present nivell de la Mediterrània.

Com ja s'ha argumentat als apartats precedents, les aigües de l'aquífer litoral d'aquest sector de la costa manacorina han tingut un protagonisme determinant, donat que la dissolució responsable de l'excavació de la cavitat es va produir en condicions freàtiques d'acord amb el context hidrogeològic i les morfologies de la cova (GINÉS & GINÉS, 2007; GINÉS et al., 2013; GRÀCIA, 2015). No obstant això, és oportú deixar constància que no s'han pogut obtenir evidències clares sobre el paper geoquímic agressiu de les aigües freàtiques actuals (BOOP et al., 2013, 2014), a part de l'eventual degradació observable als espeleotemes que es troben submergits a les aigües salabroses de la cavitat (GASCOINE, 1992).

Ans al contrari, cal reconèixer que les observacions sobre els llacs de la cova no s'han dedicat gaire a investigar el seu paper espeleogenètic, sinó que s'han focalitzat sobre l'existència de dipòsits cristal·lins relacionats amb la superfície de les seves masses d'aigua. Es tracta de precipitats calcaris que ja cridaren l'atenció de MARTEL (1896) i, amb posterioritat, varen ser objecte d'interessants comentaris per part de RODÉS (1925a, 1925b); en línies generals consisteixen en cridaners engrossiments cristal·lins localitzats en les immediacions de la superfície dels llacs, o que delimiten paleonivells rigorosament horitzontals disposats per damunt del pla de les aigües. Aquests paleonivells de cristal·litzacions foren encertadament interpretats per COLOM et al. (1957), autors que els relacionaren amb els sediments de platges del Pleistocè superior presents a la badia de Porto Cristo. Recentment aquest tipus de dipòsits cristal·lins, que es poden agrupar sota el terme general d'*espeleotemes freàtics*, han estat objecte d'abundants investigacions a nombroses coves mallorquines, amb l'obtenció d'interessants dades geocronològiques (TUCCIMEI et al., 2006, 2010; DORALE et al., 2010; GINÉS et al., 2012; POLYAK et al., 2018).

En el cas de les Coves del Drac actualment s'han reportat una dotzena d'alineacions d'espeleotemes freàtics, distribuïdes entre la cota +9 m per sobre del nivell marí i els -14 m per davall de la superfície de



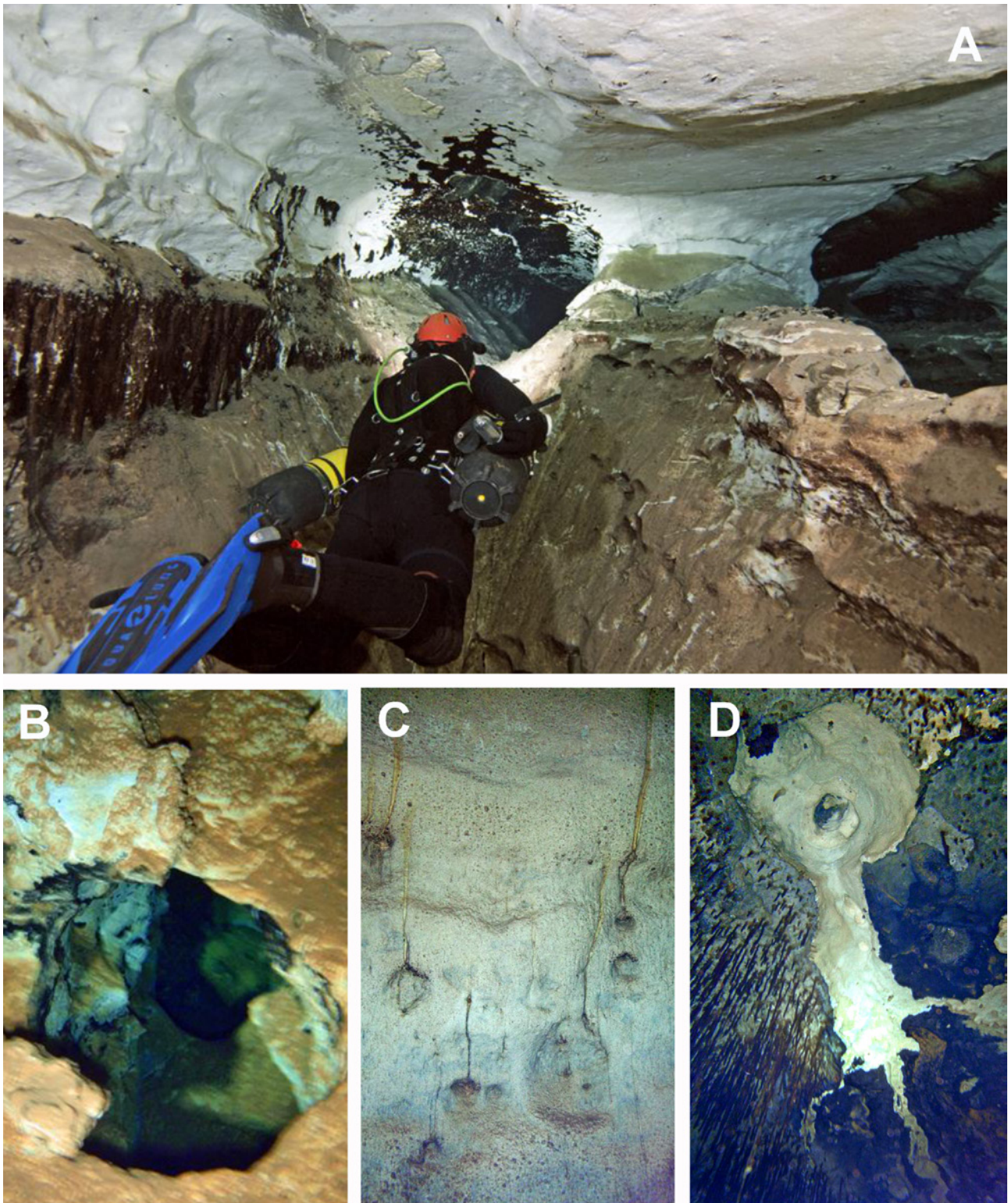


Figura 15: Morfologies de dissolució als sectors subaquàtics de les Coves del Drac. A: Galeries freàtiques de dimensions mitjanes s'observen a les zones més fondes, les quals freqüentment acaben en cul de sac. B: Els conductes verticals d'alimentació (*feeders*) s'observen en el trespol d'alguns passatges. C: Estrets canals ascendents es desenvolupen a partir de petits alvèols de dissolució. D: Alguns canals parietals ascendents connecten amb cúpules al sostre on s'obren petits conductes de descàrrega (*outlets*).

Figure 15: Solutional morphologies existing at the underwater sections of Coves del Drac. A: Phreatic passages are present at the deepest parts of the cave, frequently showing abrupt dead-ends. B: Vertical feeding conduits are observed in the floor of some passages. C: Tiny ascending grooves develop from small solutional wall pockets. D: Some rising wall channels connect with ceiling cupolas in which small outlet conduits exist.





Figura 16: Espectacular conjunt d'espeleotemes freàtics holocens observables al sòtil de la galeria de les Delícies (Foto: A. Cirer).  
Figure 16: A spectacular assemblage of holocene phreatic speleothems extensively covers the ceiling of Galeria de les Delícies (Photo: A. Cirer).

les aigües (GINÉS & GINÉS, 1992; GINÉS, 2000; GRÀCIA, 2015). Els dipòsits cristal·lins situats en torn al present nivell dels llacs, o lleugerament per davall, són clarament d'edat holocena (Figura 16) i estan sent objecte de datació i investigació detallada, mitjançant el mètode de les sèries d'Urani. Fins al moment no es disposa encara de suficients datacions fiables dels paleonivells d'espeleotemes freàtics –tant positius (interglacials) com negatius (esdeveniments regressius)–, malgrat que també són l'objectiu d'investigacions en curs; els resultats de les datacions disponibles s'han vist afectats per processos diagenètics que han sofert aquests espeleotemes amb posterioritat a la seva formació. L'únic paleonivell que ha subministrat fins al moment una cronologia fiable és una alineació d'espeleotemes freàtics situada +3,3 m per sobre del nivell marí, atribuïble al Pleistocè inferior amb una edat de 1,23 Ma obtinguda amb el mètode U/Pb (B.P. Onac, com pers.); una datació anterior d'aquesta mateixa mostra, efectuada amb el mètode U/Th, havia subministrat una edat mínima >350 ka (GINÉS, 2000). Aquests dipòsits químics no aporten dades precises sobre la gènesi de la cova, amb l'excepció de cronologies mínimes on caldria situar la seva excavació, al temps que evidencien fins a quin punt l'evolució de la cavitat ha estat sotmesa a les fluctuacions glacio-eustàtiques de la Mediterrània. En qualsevol cas, les dades cronològiques de les coves litorals mallorquines posen de manifest que els processos espeleogenètics es remunten previsiblement al manco fins al Pliocè (GINÉS et al., 2011, 2014), i que les cavitats subterrànies han experimentat tan sols retocs morfològics menors al llarg del Quaternari.

## Discussió final: morfogènesi i evolució general de la cova

Amb la perspectiva històrica que hem anat construint al llarg de la revisió feta de les teories elaborades sobre la gènesi de les Coves del Drac, recolzada a més a més amb les observacions i argumentacions fruit de les investigacions dels darrers decennis, estem ara en condicions d'intentar establir el marc espeleogenètic on s'ubica l'excavació i evolució de la cavitat. Presumiblement, la formació de la cova s'emmarca dins els processos de carstificació litoral tal i com han estat enunciats en el *Carbonate Island Karst Model* (MYLROIE

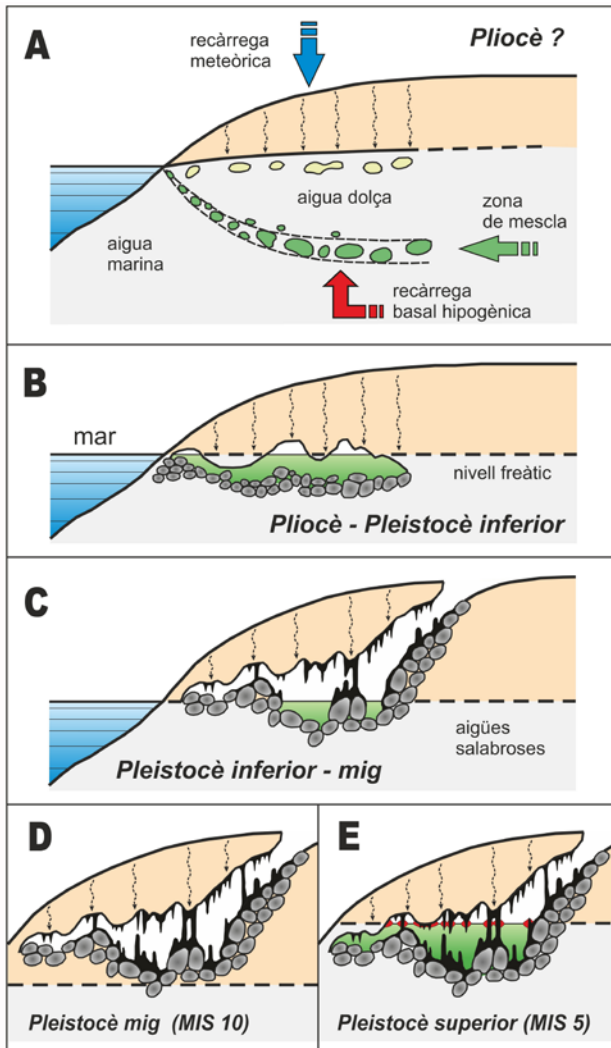


Figura 17: Seqüència evolutiva proposada per a la morfogènesi de les Coves del Drac. A: Excavació inicial per dissolució en règim freàtic lligada a la concurrència de tres vectors espeleogenètics, que són obviats a les següents vinyetes per simplicitat. B: Desenvolupament volumètric de la cavitat mitjançant esfondraments de les voltes i la dissolució gradual dels blocs de roca resultants. C: Espectaculars fenòmens d'estalagmitització cobreixen un potent substrat de blocs rocosos. D: Durant les oscil·lacions pleistocèniques negatives del nivell marí (episodis de signe fred) es formen estalagmites aèries en el que són els actuals llacs de la cova. E: Les fluctuacions glacio-eustàtiques positives del nivell marí (interglacials) queden enregistrades en forma d'alineacions d'espeleotemes freàtics.

Figure 17: Evolutionary sequence proposed to explain the morphogenesis of Coves del Drac. A: Initial phreatic excavation by dissolution linked to the concurrence of three speleogenetic vectors, that are obviated in the following frames for simplicity. B: Volumetric enlargement of the cave by means of ceiling's collapse, together with the progressive dissolution of the resulting breakdown blocks. C: Spectacular speleothems deposition phenomena cover thick accumulations of fallen rock blocks and boulders. D: During Pleistocene sea level falls (cold events) stalagmites can be formed in the present-day sea level pools of the cave. E: Positive glacioeustatic fluctuations of the sea level (interglacials) are recorded as alignments of phreatic overgrowths on speleothems (POS).

—El progressiu creixement dels buits produïts per dissolució freàtica va incrementar la porositat i permeabilitat de la roca, afavorint entre d'altres coses el desencadenament de processos de col·lapse allà on la presència de cavitats primigènies havia originat zones d'acusada inestabilitat mecànica. Els blocs rocosos resultants del reajustament mecànic de les parets i les voltes varen anar sent retirats de manera gradual, mitjançant la seva dissolució en les aigües salabroses de l'aqüífer. És possible que les oscil·lacions del nivell freàtic, relacionades amb fluctuacions negatives del nivell marí, hagin estat un factor important afavoridor dels esfondraments; en aquest sentit, cal suposar que les voltes dels passatges subterranis es veren afectades per repetits desequilibris i tensions, en perdre el suport mecànic de les aigües freàtiques durant les davallades glacio-eustàtiques de la Mediterrània.

& CAREW, 2000; MYLROIE & MYLROIE, 2007), que explica l'excavació de cavitats de dissolució en la zona freàtica de mescla litoral existent a la perifèria de les illes carbonatades. Malgrat aquesta afirmació de caràcter molt general, és precís remarcar que el patró topogràfic i la morfologia de la cova tenen molt poc a veure amb els trets distintius de les coves marginals litorals (*flank margin caves*), que foren descrites per MYLROIE & CAREW (1990) a partir dels exemples de les Bahames; aquesta tipologia de cavitat ha passat a ser considerada una mena de paradigma de l'espeleogènesi a les illes i les costes calcàries degut, tal vegada, a una excessiva generalització del terme en la bibliografia internacional.

Els condicionants geològics i hidrològics de la carstificació costanera són molt variats, tal i com posen de manifest importants monografies com la de LACE & MYLROIE (2013), on es descriuen les manifestacions de carst litoral investigades arreu del món. De fet el *Carbonate Island Karst Model* (MYLROIE & MYLROIE, 2007) distingeix diferents situacions, de complexitat lito-estructural creixent, on es podria arribar a enquadrar la carstificació litoral del llevant de Mallorca. En aquest sentit, els grans sistemes subterranis de la regió del Migjorn de l'illa –per exemple, la Cova de sa Gleda (GRÀCIA et al., 2010) o la Cova des Pas de Vallgornera (GINÉS et al., 2014)– presenten nombrosos trets morfogenètics en comú amb escenaris de carstificació de les costes continentals, com la península de Yucatan (SMART et al., 2006), allunyant-se totalment del paradigma de *flank margin cave* que fou definit en base a les cavitats existents a illes de dimensions petites com són les Bahames (LARSON & MYLROIE, 2018). A tot això, cal afegir la possible implicació dels mecanismes de recàrrega hipogènica de l'aqüífer litoral (GRÀCIA, 2015; GINÉS et al., 2017), que poden haver contribuït de manera determinant a l'excavació dels grans buits presents a aquest sectors de les costes de Mallorca.

Partint de les premisses exposades al llarg del present treball i ja avançades parcialment en publicacions precedents (GINÉS & GINÉS, 1991, 1992), la història morfogenètica de les Coves del Drac (Figura 17) la podríem resumir en les següent fases:

—Desenvolupament d'horitzons de dissolució en condicions freàtiques, que generaren una xarxa de buits i conductes de geometria irregular, sobretot per mor del caràcter difús i poc jerarquitzat de la circulació de les aigües subterranies. Els agents espeleogenètics implicats serien l'agressivitat lligada a les zones de mescla, sobretot entre aigües dolces i marines, l'existència d'una descàrrega difusa de l'aqüífer litoral, així com una possible recàrrega no meteòrica d'origen hipogènica. Aquesta fase previsiblement podria haver tingut lloc durant el Pliocè, començant fins i tot a les darreries del Miocè (Messinià).



—Les cavitats experimentaren una considerable evolució en condicions vadoses, com a conseqüència d'una complexa successió de crisis mecàniques, que provocaren esfondraments generalitzats, i moments de relativa estabilitat que permeteren el creixement d'espeleotemes convencionals. Mentre les davallades del nivell marí propiciaren els processos de col·lapse, els ascensos facilitaren el buidat de la cova en submergir dins les agressives aigües freàtiques les bases de les acumulacions de blocs rocosos caiguts. Com a resultat d'aquesta alternança tingué lloc un creixement volumètric notable de la cavitat, que és l'actual responsable del desmantellament gradual de la xarxa de buits i conductes primigenis, al temps que la cova anava migrant cap a la superfície fins a produir-se l'obertura d'accessos naturals. Les fluctuacions glacio-eustàtiques del nivell marí interferiren en els processos de deposició dels espeleotemes convencionals, inhibint el seu creixement a les zones negades o ocasionant la submersió d'espeleotemes aeris, formats durant les davallades del nivell de la mar. Les fluctuacions més recents de la Mediterrània han quedat enregistrades mitjançant les espectaculars i curioses alineacions d'espeleotemes freàtics.

L'enquadrament cronològic de l'esquema evolutiu, que s'ha exposat més a dalt, es fonamenta en les informacions provinents d'altres coves litorals de Mallorca (GINÉS et al., 2011, 2014), però recolzades per les escasses dades geocronològiques procedents de les pròpies Coves del Drac. Així, les datacions radiomètriques efectuades a partir d'espeleotemes freàtics situats per sobre del present nivell marí certifiquen que la cova ja hauria assolit una aparença i un volum similar a l'actual al manco durant el Pleistocè mitjà, havent experimentat retocs morfològics poc importants al llarg del Pleistocè superior i l'Holocè. Amb aquestes dades, l'atribució al Pliocè dels principals processos d'espeleogènesi és una probabilitat del tot plausible, amb independència que durant la transició Miocè-Pliocè pogués començar la carstificació de l'àrea.

Un punt que tampoc es troba de moment suficientment documentat és el grau de participació dels processos hipogènics en la gènesi de la cavitat. La morfologia actual de la cova suggereix que es tracta de lleus retocs morfològics recents, que afecten a les parets i voltes d'una xarxa subterrània amb una dilatada història evolutiva. No obstant això, no es pot descartar que l'alimentació basal, d'origen hipogènic, hagi estat un vector genètic que ja era actiu en les fases primerenques de la formació de la cova, contribuint al comportament agressiu de les aigües freàtiques.

## Agraïments

Cal agrair les facilitats de tot tipus dispensades, al llarg de les nostres activitats, per part dels propietaris, gestors i personal de les Coves del Drac. És necessari també deixar constància de la nostra gratitud cap a Antoni Cirer i Miquel Àngel Gual, que han facilitat part de les fotografies que il·lustren aquestes pàgines. El present treball s'emmarca dins dels projectes d'investigació del MINECO, CGL2013-48441-P i CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE).

## Bibliografia

- BACK, W.; HANSHAW, B.B. & VAN DRIEL, J.N. (1984): Role of groundwater in shaping the Eastern coastline of the Yucatan peninsula. In: LaFLEUR, R.G. (ed.) *Groundwater as a geomorphic agent*. Allen & Unwin. 281-293. Boston.
- BOOP, L.M.; ONAC, B.P.; WYNN, J.G.; FORNÓS, J.J. & RODRÍGUEZ-HOMAR, M. (2013): Water column variability in a coastal tourist cave in Mallorca, Spain. In: LAND, L. & JOOP, M. (eds.) *Proceedings of the 20th National Cave and Karst Management Symposium, NCKRI Symposium 3*. National Cave and Karst Research Institute. 41-45. Carlsbad, USA.
- BOOP, L.M.; ONAC, B.P.; WYNN, J.G.; FORNÓS, J.J.; RODRÍGUEZ-HOMAR, M. & MERINO, A. (2014): Groundwater geochemistry observations in littoral caves of Mallorca (western Mediterranean): implications for deposition of phreatic overgrowths on speleothems. *International Journal of Speleology*, 43 (2): 193-203. Tampa, USA.
- BOOP, L.M.; WYNN, J.G.; THOMPSON, G.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B.P. (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. Huntsville, USA.
- COLOM, G.; CUERDA, J. & MUNTANER, A. (1957): Les formations quaternaires de Majorque. In: SOLÉ-SABARÍS, L.; HERNÁNDEZ-PACHECO, F.; JORDÀ, F. & PERICOT, L. (eds.) *Livret Guide de l'Excursion L. Levant et Majorque*. V Congrès International INQUA. 27-52. Madrid.
- DARDER, B. (1925): La tectonique de la région orientale de l'Île de Majorque. *Bull. Soc. Géol. de France*, 4<sup>a</sup> série, 25 (4-5): 245-278. Paris.



- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársicos en la isla de Mallorca. *Ibérica*, 33 (818): 154-156. Barcelona.
- 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. Washington.
- FAURA I SANS, M. (1926): *Cuevas de Mallorca*. XIV Congreso Geológico Internacional, Excursión C-5. Instituto Geológico de España. Gráficas Reunidas, S.A. 78 pàgs + 10 làms. fotos + 4 plànols. Madrid.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd. 562 pàgs. Chichester, UK.
- FOURMARIER, P. (1926): Quelques observations sur l'ornamentation naturelle de deux grottes de l'île de Majorque. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, 49: 320-322. Liège, Bèlgica.
- FRATESI, B. (2013): Hydrology and geochemistry of the freshwaters lens in coastal karst. In: LACE, M.J. & MYLROIE, J.E. (eds) *Coastal Karst Landforms*. Springer. Coastal Research Library, Vol. 5: 59-75. Dordrecht, Holanda.
- GASCOINE, W. (1992): Water chemistry in Cuevas del Drach, Majorca. *Cave Science*, 19 (2): 51-54.
- GAY, S. & CHAMPSAUR, B. (1885): *Album de las Cuevas de Artá y Manacor*. Luis Fàbregas, Librería Española. 50 pàgs + 25 gravats. Palma de Mallorca. Barcelona.
- GINÉS, A. (1999): Edouard-Alfred Martel et la spéléologie à Majorque. In: ANDRÉ, D. & DUTHU, H. (eds.) *L'homme qui voyageait pour les gouffres*. Archives Départementales de la Lozère. 291-300. Mende, França.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1977): Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársicas de la isla de Mallorca. *6è Simposium d'Espeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia - S.I.S. del C.E. de Terrassa. 81-95. Terrassa, Barcelona.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1987): Características espeleológicas del karst de Mallorca. *Endins*, 13: 3-19. Palma.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1991): Morfologies kàrstiques. Karst costero y espeleogènesi en el Migjorn de Mallorca. Espeleotemas freàtics y paleoniveles del Mediterráneo. In: GRIMALT, M. & RODRÍGUEZ-PÉREA, A. (eds.) *Libro-Guía de las Excursiones de las VII Jornadas de Campo de Geografía Física*. Universitat de les Illes Balears. 109-142, 197-206. Palma.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1992): Las Coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes históricos y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20. Palma.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (2007): Eogenetic karst, glacioeustatic cave pools and anchialine environments on Mallorca Island: a discussion of coastal speleogenesis. *International Journal of Speleology*, 36 (2): 57-67. Bologna, Itàlia.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. & GRÀCIA, F. (2013): 11. Cave development and patterns of caves and cave systems in the eogenetic coastal karst of southern Mallorca (Balearic Islands, Spain). In: LACE, M.J. & MYLROIE, J.E. (eds.) *Coastal karst landforms*. Springer. Coastal Research Library, Vol. 5: 245-260. Dordrecht, Holanda.
- 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. (1976): Ses Coves del Pirata. *Endins*, 3: 41-45. 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 nº 4: 163-174. Madrid.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1994a): Coves del Drac, Manacor (Mallorca). *Tecno Ambiente*, 39: 73-80. Madrid.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1994b): Coves del Drac, Manacor (Mallorca). In: FRASA Ingenieros Consultores S.L. (ed.) *Mundo Subterráneo*. TIASA. 73-80. 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. Palma.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F. & MERINO, A. (2008): Noves observacions sobre l'espeleogènesi en el Migjorn de Mallorca: els condicionants litològics en alguns grans sistemes subterranis litorals. *Endins*, 32: 49-79. Palma.
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2009): On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst of southern Mallorca (Western Mediterranean). In: KLIMCHOUK, A.B. & FORD, D.C. (eds.) *Hypogene speleogenesis and karst hydrogeology of artesian basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper 1: 91-99. Simferopol, Ucraïna.
- GINÉS, J.; GINÉS, A. & FORNÓS, J.J. (2011): Dades sobre paleocars i espeleocronologia de les Illes Balears. In: GRÀCIA, F.; GINÉS, J.; PONS, G.X.; GINARD, A. & VICENS, D. (eds.) *El cars: patrimoni natural de les Illes Balears*. *Endins*, 35 / Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 17: 213-226. Palma.
- 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. Palma.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; MERINO, A. & GRÀCIA, F. (2014): Geologic constraints and speleogenesis of Cova des Pas de Vallgornera, a complex coastal cave from Mallorca Island (Western Mediterranean). *International Journal of Speleology*, 43 (2): 105-124. Tampa, USA.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F.; MERINO, A.; ONAC, B.P. & GINÉS, A. (2016): Hypogene imprints in coastal karst caves from Mallorca Island (Western Mediterranean): a review of the current knowledge on their morphological features and speleogenesis. In: CHAVEZ, T. & REEHLING, P. (eds.) *Proceedings of Deepkarst 2016: origins, resources and management of hypogene karst*. National Cave and Karst Research Institute. Symposium 6: 105-113. Carlsbad, USA.
- GINÉS, J.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F.; MERINO, A.; ONAC, B.P. & GINÉS, A. (2017): 5. Hypogene imprints in coastal karst caves of Mallorca Island (Western Mediterranean): morphological features and speleogenetic approach. In: KLIMCHOUK, A.; PALMER, A.N.; DE WAELE, J.; AULER, A.S. & AUDRA, P. (eds.) *Hypogene karst regions and caves of the World*. Springer International Publishing AG. Cave and Karst Systems of the World. 99-112. Cham, Suïssa.

- GRÀCIA, F. (2015): *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del llevant i migjorn de Mallorca*. Tesi Doctoral. Programa de Doctorat de Geografia, Universitat de les Illes Balears. 984 pàgs. Inèdit.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; JAUME, D.; FORNÓS, J.J.; URIZ, M.J.; MARTÍN, D.; GIL, J.; GRACIA, P.; FEBRER, M. & PONS, G.X. (2005): La Cova des Coll (Felanitx, Mallorca): espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; FORNÓS, J.J.; JAUME, D. & FEBRER, M. (2006): El sistema Pirata - Pont - Piqueta (Manacor, Mallorca): geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2010): El sistema de cavitats Gleda - Camp des Pou (Manacor, Mallorca). *Endins*, 34: 35-68. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P. & FORNÓS, J.J. (2011a): Morfologies de corrosió de la zona de mescla a les coves subaquàtiques de la franja litoral del Llevant i Migjorn de Mallorca. 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: 133-146. Palma.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; GAMUNDÍ, P.; CIRER, A.; FERNÁNDEZ, J.E.; FORNÓS, J.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; URIZ, M.J.; MUNAR, S.; VICENS, D.; GINARD, A.; BETTON, N.; VIVES, M.A.; JAUME, D.; MAS, G.; PERELLÓ, M.A.; CARDONA, F. & TIMAR-GABOR, A. (2014): Es Dolç (Colònia de Sant Jordi, ses Salines, Mallorca). Cavitat litoral amb influències hipogèniques excavada a les eolianites quaternàries i als materials del Pliocè. *Endins*, 36: 69-96. Palma.
- GRÀCIA, F.; CIRER, A.; FERNÁNDEZ, F.; FORNÓS, J.J.; BETTON, N.; LÁZARO, J.C.; CLAMOR, B.; PERELLÓ, M.A.; VIVES, M.A. & ANSALI, D. (2017): Les coves del Drac: 1896-2016. Les descobertes subaquàtiques. *IX Jornades d'Estudis Locals de Manacor: Llegendes, mentides i altres equívocs. Expressions de cultura popular a Manacor*: 13 i 14 de maig de 2016. 421-439. Manacor.
- GRIMES, K.G. (2006): Syngenetic karst in Australia: a review. *Helictite*, 39 (2): 27-38. Broadway, NSW, Austràlia.
- GULLEY, J.D.; MARTIN, J.B.; MOORE, P.J.; BROWN, A.; SPELLMAN, P.D. & EZELL, J. (2015): Heterogeneous distributions of CO<sub>2</sub> may be more important for dissolution and karstification in coastal eogenetic limestone than mixing dissolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 40 (8): 1057-1071.
- HABSBURG-LOTHRINGEN, L.S. (1884): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Brockhaus. Band 5/2. Leipzig, Alemanya.
- HILL, A.L. (1984): The origin of the Kelly Hill caves, Kangaroo Island, S.A. [escrit en 1957 i publicat pòstumament, amb una nota de J.N. Jennings]. *Helictite*, 22 (1): 6-10. Broadway, NSW, Austràlia.
- JENNINGS, J.N. (1971): *Karst*. The M.I.T. Press. 252 pàgs. Cambridge, Massachusetts and London.
- JOLY, R. de (1929): Explorations spéléologiques à Majorque (1929). *Rev. Geog. Phys. et Géol. Dyn.*, 2 (3): 233-245. París.
- JOLY, R. de & DENIZOT, G. (1929): Note sur les conditions d'établissement des grottes du Dragon. Région de Manacor (Majorque, Baléares). *Compt. Rend. somm. Soc. Géol. Franc.*, 4<sup>a</sup> série, 5: 65-66. París.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): *Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective*. National Cave and Karst Research Institute. Special paper 1, 106 pàgs. Carlsbad, New Mexico.
- KLIMCHOUK, A.B. (2009): Morphogenesis of hypogenic caves. *Geomorphology*, 106: 100-117.
- KLIMCHOUK, A.B.; FORD, D.C.; PALMER, A.N. & DREYBRODT, W. (eds.) (2000): *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 527 pàgs. Huntsville, USA.
- LACE, M.J. & MYLROIE, J.E. (eds.) (2013): *Coastal karst landforms*. Springer. Coastal Research Library, Vol. 5. 429 pàgs. Dordrecht, Holanda.
- LARSON, E.B. & MYLROIE, J.E. (2018): Diffuse versus conduit flow in coastal karst aquifers: the consequences of island area and perimeter relationships. *Geosciences*, 8 (268). 25 pàgs. Basilea.
- LOZANO, R. (1884): *Anotaciones físicas y geológicas de la isla de Mallorca*. Excma. Diputación Provincial de Baleares. Imprenta de la Casa de Misericordia. 10-12. Palma.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des Iles Baléares. *Spelunca, Bull et Mém. Soc. Spéleol.*, 8 (67-68): 1-108. París.
- MARTEL, E.A. (1896): Sous Terre (neuvième campagne). Cueva del Drach, a Majorque - Scialets du Vercors - Chouruns de Dévoluy. *Ann. Club Alpin Français*, 23<sup>ème</sup> année. 368-413 + 1 plànol. París.
- MARTEL, E.A. (1903): Les cavernes de Majorque (Iles Baléares). *Spelunca, Bull et Mém. Soc. Spéleol.*, 5 (32): 1-32 + 8 làms. fotos + 1 plànol. París.
- MARTEL, E.A. (1921): *Nouveau Traité des Eaux Souterraines*. Doin. 838 pàgs. París.
- MERINO, A. & FORNÓS, J.J. (2010): Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphological Suite of Rising Flow) en la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 34: 87-102. Palma.
- MERINO, A.; GINÉS, J. & FORNÓS, J.J. (2011): Evidències morfològiques de processos hipogènics a cavitats de Mallorca. 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: 165-182. Palma.
- MYLROIE, J.E. & CAREW, J.L. (1990): The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15: 413-424.
- MYLROIE, J.E. & CAREW, J.L. (2000): Speleogenesis in coastal and oceanic settings. In: KLIMCHOUK, A.B.; FORD, D.C.; PALMER, A.N. & DREYBRODT, W. (eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. National Speleological Society. 226-233. Huntsville, USA.
- MYLROIE, J.E.; CAREW, J.L. & VACHER, H.L. (1995): Karst development in the Bahamas and Bermuda. In: CURRAN, H.E. & WHITE, B. *Terrestrial and shallow marine geology of the Bahamas and Bermuda*. Geological Society of America, Special Paper 300: 251-267.

- MYLROIE, J.R. & MYLROIE, J.E. (2007): Development of the carbonate island karst model. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69 (1): 59-75. Huntsville, USA.
- NÚÑEZ-JIMÉNEZ, A. (1967): *Clasificación genética de las cuevas de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. 224 pàgs. La Habana.
- PALMER, A.N. (2007): *Cave Geology*. Cave Books. 454 pàgs. Dayton, Ohio, USA.
- PLUMMER, L.N. (1975): Mixing of sea water with calcium carbonate ground water. In: WHITTEN, E.H.T. (ed.) *Quantitative studies in geological sciences*. Geological Society of America Mem. 142: 219-236.
- 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.
- PUIG Y LARRAZ, G. (1896): *Cavernas y simas de España*. Est. Tip. de la viuda e hijos de M. Tello. 440 pàgs. Madrid.
- RODÉS, L. (1925a): Los cambios de nivel en las Cuevas del Drach (Manacor, Mallorca) y su oscilación rítmica de 40 minutos. *Mem. Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 19 (7): 207-221. Barcelona.
- RODÉS, L. (1925b): Los cambios de nivel en las Cuevas del Drach (Manacor, Mallorca) y su oscilación rítmica de 40 minutos. *Ibérica*, 23 (573): 232-238. Tortosa, Tarragona.
- SMART, P.L.; BEDDOWS, P.A.; COKE, J.; DOERR, S.; SMITH, S. & WHITAKER, F.F. (2006): Cave development on the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico. In: HARMON, R.S. & WICKS, C. (eds.) *Perspectives on karst geomorphology, hydrology and geochemistry*. Geological Society of America, Special Paper 404: 105-128.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1951): Los fenómenos kársticos de Parelleta (Ciudadela, Menorca). *Speleon*, 2 (4): 191-216. Oviedo.
- TOBELLA, F.X. (1882): XII. Excursió a Palma, Covas de Artá i de Manacor (Mallorca). 25 de Juny a 4 de Juliol de 1880. *Anuari de la Associació d'Excursions Catalana. Any primer 1881*. Tipografia de Jaume Jepús. 287-316 + 1 plànol. Barcelona.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet - Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42. Palma.
- TUCCIMEI, P.; GINÉS, J.; DELITALA, C.; GINÉS, A.; GRÀCIA, E.; 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.
- VACHER, H.L. & MYLROIE, J.E. (2002): Eogenetic Karst from the perspective of an equivalent porous medium. *Carbonates and Evaporites*, 17 (2): 182-196.
- VUILLIER, G. (1888): Voyage aux îles Baléares. *Le Tour du Monde*, 58: 1-64. París.
- WILL, F. (1880): *Plano de la Cueva del Drach. Situada en el predio Son Moro (Manacor, Isla de Mallorca) propiedad del Sr. Dn. José Ygnacio Monagues. Escala 1/500*. Lit. Catalana. 1 plànol. Palma.





