

CAVITATS LITORALS DE GÈNESI MARINA A LES ILLES BALEARS

per Damià VICENS^{1,3,5}, Francesc GRÀCIA^{2,3,5}, Pau BALAGUER^{3,6}
Antelm GINARD^{1,3}, Damià CRESPI^{1,4} i Pere BOVER^{1,7}

Abstract

Littoral caves can be found at the erosion coasts of the Balearic Islands. The genesis of most of these caves are produced by the marine erosion and they are known as marine abrasion caves. These caves generally have small dimensions (usually no longer than 50 m), display ascending profiles and can produce blowholes, tunnels and arches. Although they have initially nothing to do with karst, several karstic or karst-related processes can act on these caves, and speleothems, karstic fillings, dissolution phenomena, etc., can be observed inside them. Also cave fauna can be found.

Resum

A les costes d'erosió de les Illes Balears podem trobar-hi abundants coves litorals; moltes d'aquestes tenen la seva gènesi lligada a l'erosió marina i s'anomenen coves d'abració marina. Aquestes cavitats són per norma general de modestes dimensions (no passen normalment dels 50 m de longitud), tenen un perfil ascendent i durant la seva evolució poden donar lloc a bufadors, túnels i arcs. Tot i no tenir res a veure inicialment amb el carst, durant la seva evolució hi poden participar processos càrstics o derivats d'ells; així podem trobar espeleotemes, reompliments càrstics, fenòmens de dissolució, etc. També es pot trobar fauna cavernícola.

Resumen

En las costas de erosión de las Illes Balears podemos encontrar abundantes cuevas litorales; la mayoría tienen su génesis ligada a la erosión marina y se denominan cuevas de abrasión marina. Estas cavidades son por norma general de modestas dimensiones (no pasan normalmente de 50 m de longitud), tienen un perfil ascendente y pueden dar lugar durante su evolución a agujeros sopladores, túneles y arcos. A pesar de no tener inicialmente nada que ver con el karst, durante su evolución pueden participar procesos kársticos o derivados de ellos; así podemos encontrar espeleotemas, rellenos kársticos, fenómenos de disolución, etc. También es posible encontrar fauna cavernícola.

Introducció

Les Illes Balears consten de cinc illes majors i nombrosos illots. Al llarg del seu litoral hi ha costes d'erosió i de sedimentació (Figura 1). A les costes d'erosió és on es poden observar nombroses evidències de les oscil·lacions de la mar durant el període Quaternari. Algunes d'aquestes evidències, les coves d'abració marina i les morfologies conseqüència de la seva evolució, són el tema d'aquest article.

Les captures càrstico-marines i les coves marines (o d'abració marina) tenen cabuda dins la denominació de cova litoral. A les primeres originalment existeix una forma endocàrstica que és capturada pel retrocés de la línia de costa degut a l'erosió marina (MONTORIOL-POUS, 1971). Les coves marines, en el sentit estricte de la paraula, s'originen a partir de processos aliens als de la carstificació i són cavitats excavades per l'acció

erosiva lligada a la dinàmica litoral de les aigües marines (GINÉS, 2000).

A la recent classificació morfogenètica de les cavitats de Mallorca (GINÉS i GINÉS, 2009), les coves d'abració marina no hi tenen cabuda, i és completament lògic ja que no tenen res a veure amb una gènesi càrstica. Ara bé, a les coves d'abració marina, tot i que inicialment no tenen res a veure amb el carst, si que durant la seva evolució hi poden participar processos càrstics o derivats d'ells, per la qual cosa el seu estudi és obligat en una zona com les nostres illes on aquestes coves d'abració marina són nombroses i poden aportar dades rellevants.

En nombroses ocasions difícilment es podrà esbrinar si una cova litoral és una cova de gènesi càrstica o de gènesi erosiva marina. Un exemple clar el podem

1 Speleo Club Mallorca. Palma. Email: speleo.club.mallorca@gmail.com.

2 Grup Nord de Mallorca. Pollença.

3 Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma.

4 Museu Balear de Ciències Naturals (MBCN). Ctra. Palma-Port de Sóller, km 30,5. E-07100. Sóller.

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

6 SOCIB – Sistema d'observació costaner de les Illes Balears. Parc Bit, Naorte, Bloc A. E-07121 Palma de Mallorca.

7 Departament de Biodiversitat i Conservació. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB). Carrer Miquel Marquès, 21. 07190 Esporles (Illes Balears). E-mail: perebover@imedea.uib-csic.es

trobar a la cova de ses Pedreres (Manacor), on GINÉS (2000) creu que és una cova d'origen càrstic i VICENS *et al.*, (2001) creuen que és una cova d'abrasió marina. Un altre cas el podem trobar a GRÀCIA *et al.* (1998) on es representa l'evolució de la cova submarina de cala sa Nau, la qual podria no ser una cova d'abrasió marina tal com presentaven els autors abans esmentats i ser una captura càrstico-marina. La presència d'una cavitat d'origen càrstic propera, com la cova d'en Bassol, les diàclasis preexistents a la formació d'aquestes cavitats a la zona i la direcció d'algunes sales o galeries de la cova d'en Bassol, semblant a la cova submarina de cala sa Nau, obliguen a no excloure la possibilitat de que es tracti d'una captura càrstico-marina.

Referent al mesomodelat dels penya-segats de les marines mallorquines es pot trobar un esquema de les morfologies més freqüents a GRÀCIA i VICENS (1998) i a GRÀCIA *et al.* (2001a), ambdues inspirades en l'obra de CUERDA (1975). En línies generals, aquestes morfologies es poden trobar a totes les costes d'erosió balears, si bé són més fàcils d'observar als dipòsits miocens postorogènics.

A GINÉS (2000) es descriuen les interferències que relacionen el modelat litoral amb l'endocarst. A SERVERA (2004) hi ha un recull de les morfologies de costes rocoses i de les costes de sedimentació.

Segons GRÀCIA *et al.* (2001a) algunes morfologies constitueixen molt bones visualitzacions d'antics nivells

de la mar, ja que s'han format per l'acció de les onades o ha estat el mateix nivell de la mar que ha participat en la formació de certes morfologies o les ha induït. Es poden complementar i reforçar mútuament diferents tipus d'evidències. Algunes d'elles han pogut ésser situades cronològicament mitjançant mètodes de datació absoluta, d'altres es poden arribar a enquadrar dins un període de temps determinat per datació relativa. Tanmateix en molts casos ni tan sols s'han generat durant un únic nivell de la mar, sinó que s'han format al llarg de diferents períodes durant els quals s'han anat modificant les morfologies primigènies. En moltes de les cavitats litorals és possible observar qualche tipus d'interferència entre el modelat càrstic i la morfogènesi costera.

Esbós geomòrfic de les costes de les Illes Balears i problemes d'escala

Les dades referents a la línia de costa, com poden ésser les corresponents a la longitud i tipus de costes, semblen qüestions simples de resoldre però normalment ens trobem amb un aldarull de dades que pot complicar la seva interpretació. La línia de costa de les Illes Ba-

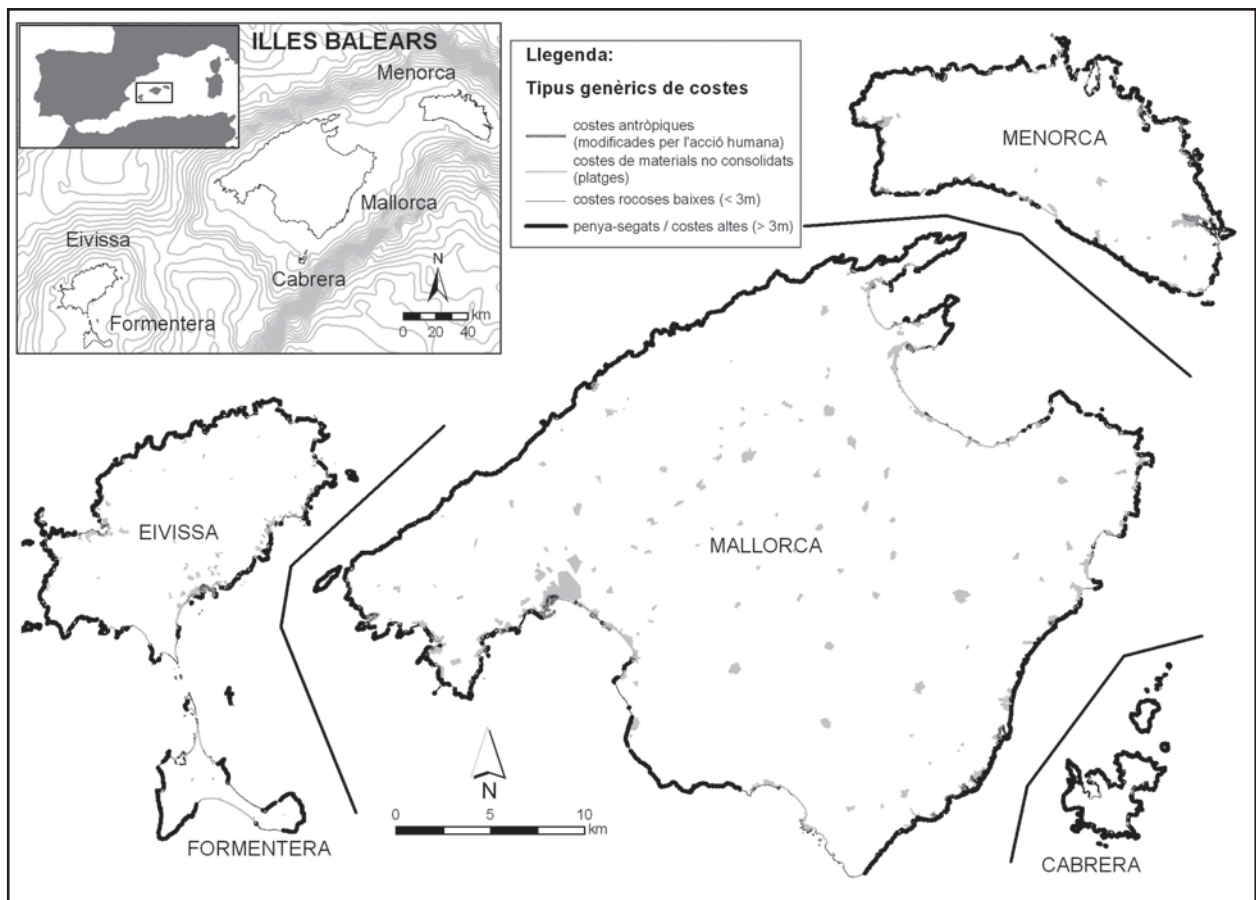


Figura 1: Tipus de costes a les Illes Balears.

Figure 1: Types of coast at the Balearic Islands.

leers no és aliena a aquest fet i també podem observar múltiples xifres referents a la longitud de la línia de costa, tipus de costa, extensió de les illes a diferents publicacions oficials i de caire científic. Algunes de les principals raons per les quals existeix una gran disparitat en les dades poden ésser: 1) l'escala de la cartografia de la que s'han extret les dades, 2) la destresa amb la que s'han calculat les variables, 3) les eines emprades i 4) la resolució espacial amb la que han estat creades les bases cartogràfiques.

La primera raó, l'escala de la cartografia, és el factor més determinant. Generalment les bases cartogràfiques confeccionades en una escala petita (factor d'escala amb un denominador elevat) tenen una menor longitud de costa que les bases cartogràfiques més detallades (escales grans, amb factor d'escala petit) que normalment presenten una major articulació de la línia de costa fruit del major detall de l'àmbit representat. La destresa amb la que es calculen les variables depèn de la millor o pitjor discriminació de la informació cartogràfica; un bon i senzill exemple seria el fet de comptabilitzar o no els illots, les infraestructures construïdes per l'home sobre la línia de costa, etc. Pel que fa a les eines emprades, bàsicament influeix la naturalesa d'aquestes, és a dir, els resultats varien molt si s'han calculat sobre una cartografia en format digital (Sistemes d'Informació Geogràfica, SIG) o bé sobre una en format analògic (paper). La resolució espacial és un dels principals motius pels quals hi ha diferències en quant a longituds de línia de costa. Des de fa uns anys ençà la cartografia actual es realitza a partir de la restitució de la fotografia aèria; la contínua millora de la precisió de la restitució, fruit del desenvolupament tecnològic, dona lloc a que una base cartogràfica d'una escala determinada tingui una major articulació de la línia de costa (major longitud) que la mateixa base cartogràfica anterior realitzada amb la mateixa escala.

El paràgraf anterior assenyala algunes de les principals raons per les quals existeixen diferents xifres en quant a les variables quantitatives corresponents a les costes de les Illes Balears. Però independentment de la qualitat de les dades cartogràfiques les ambigüitats es poden resoldre especificant en tot moment la font de la cartografia emprada, la seva escala i l'any a la que correspon. D'acord amb el que acabam d'exposar, les dades corresponents a la longitud de la línia de costa de les Illes Balears exposades en aquest treball provenen

dels treballs de BALAGUER *et al.* (2006, 2008) sobre la classificació de la línia de costa d'acord amb la seva sensibilitat ambiental. Els càlculs es varen realitzar mitjançant programes de SIG sobre la cartografia digital a escala 1/5.000 del Mapa Topogràfic Balear (MTB) de l'any 1995. La classificació de la línia de costa de les Illes Balears d'acord amb la seva sensibilitat es basa en l'estàndard proposat per la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2002) de manera que a partir de la classificació, adaptada a la realitat de les Illes Balears en un entorn de SIG, es pot extrapolar una classificació geomòrfica del litoral de les Illes Balears.

D'acord amb les dades disponibles, les Illes Balears tenen una longitud de línia de costa d'uns 1.500 km, de la qual gairebé un 10% es troba modificada per l'acció de l'home (construcció de infraestructures -ports-, estructures de defensa de la costa -esculleres-, etc.), un 10% està formada per materials no consolidats, al voltant d'un 23% són costes rocoses baixes (amb altures inferiors als 3 m.) i quasi un 60% de la costa està constituïda per penya-segats (o costes altes amb alçades superiors als 3 m) (Taula 1).

L'arxipèlag de Cabrera és on hi ha una distribució més uniforme de les costes altes; les altres illes tenen una distribució més irregular (Figura 1).

Les coves d'abració marina actuals es desenvolupen a les costes rocoses altes (que constitueixen el 57,4% de la línia de costa de les Illes Balears) i en algunes ocasions costes rocoses baixes (el 22,9%). Si sumam els dos percentatges anteriors, resulta que el 80,3% de les costes de les Illes Balears és susceptible per a la formació de coves d'abració marina actuals. Aquest valor es troba un poc inflat, ja que hi ha costes rocoses baixes (inferiors a 1 m d'alçada) on és molt difícil que es formin coves d'abració; el valor vàlid es troba entre el 57,4% i el 80,3%.

Sempre hem de tenir en compte que aquestes dades són una aproximació, i que hi pot haver excepcions com ara que en una costa formada per una platja, pot haver-hi a la part posterior un penya-segat amb coves d'abració marina que es reactivin únicament durant els temporals.

Durant tot el Quaternari, on la mar ha sofert oscil·lacions glacioeustàtiques, la línia de costa de les Illes ha anat variant no només quant a la longitud total de costa, sinó també molt probablement pel que fa als percentatges de tipus de costa.

Línia de costa	Mallorca (%)	Menorca (%)	Eivissa (%)	Formentera (%)	A. Cabrera (%)	Illes Balears (%)
Costes antròpiques (modificades per l'home)	14,0	5,3	7,6	2,2	0,4	9,5
Materials no consolidats (platjes)	9,4	11,5	10,3	15,6	3,9	10,3
Costes rocoses baixes (<3 m)	20,4	25,3	21,8	41,8	10,4	22,9
Costes altes (penya-segats >3 m)	56,2	57,8	60,2	40,3	85,3	57,4
<i>Total</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Taula 1: Percentatges del diferents tipus de costes a les Illes Balears.

Table 1: Percentage of the different types of coast at the Balearic Islands.

Coves d'abrasió marina i morfologies relacionades

Les coves d'abrasió marina es troben a tot tipus de materials (GINÉS, 2000). Les actives actualment es caracteritzen per tenir l'entrada situada al nivell de la mar, en ocasions de grandària considerable en relació a les dimensions de la resta de la gruta. En el cas de les formes actives, les aigües marines inunden la meitat inferior del perfil de la cavitat (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

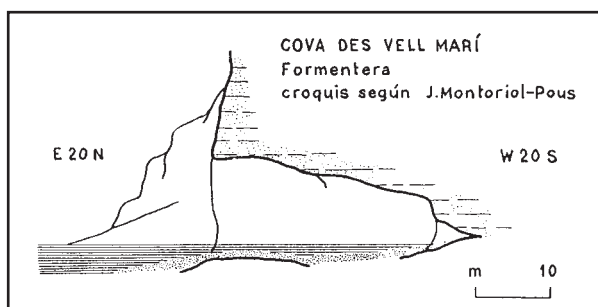


Figura 2: Cova des Vell Marí (Formentera). Cavitat d'abrasió marina excavada dins materials del Pleistocè superior (Reproduït de MONTORIOL-POUS i TERMES, 1963).

Figure 2: Cova des Vell Marí (Formentera). Marine abrasion cave excavated in Upper Pleistocene sediments (Obtained from MONTORIOL-POUS i TERMES, 1963).

Segons GRÀCIA i VICENS (1998) la mida de la cavitat sol disminuir progressivament a mesura que es profunditza i habitualment presenta un perfil ascendent cap a la part terminal (Figures 2 i 3). A molts d'indrets, però en especial les zones més castigades per l'acció de les ones, presenten la roca arrodonida i polida, juntament amb altres morfologies d'abrasió associades (Figura 4).

Estan molt sovint relacionades amb plataformes o rases d'abrasió pleistocèniques, fenomen ja observat per CUERDA (1975).

Els processos erosius litorals actuen aprofitant els punts dèbils de la roca (Figura 5), és a dir, fractures, diàclasis, plans d'estratificació, i l'heterogeneïtat dels materials dels penya-segats. Generalment són de mides modestes, però n'hi pot haver de mides considerables. Processos que les afecten, com enderrocaments de blocs del sostre, reompliments litogenètics (formació d'espeleotemes), presència de dunes fòssils a l'interior de moltes de les cavernes i el fet que l'abrasió marina aprofita les mateixes discontinuïtats de la roca, fan que en alguns casos sigui difícil esbrinar si es tracta de cavitats amb un origen purament d'erosió litoral, si és una captura càrstico-marina o bé si és la sortida a la mar d'importants cavitats freàtiques, de vegades separades de la resta del sistema càrstic per enderrocaments clàstics (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Algunes d'aquestes grutes presenten històries geomorfològiques complicades, i s'hi alternen moments d'erosió litoral, períodes de sedimentació de materi-

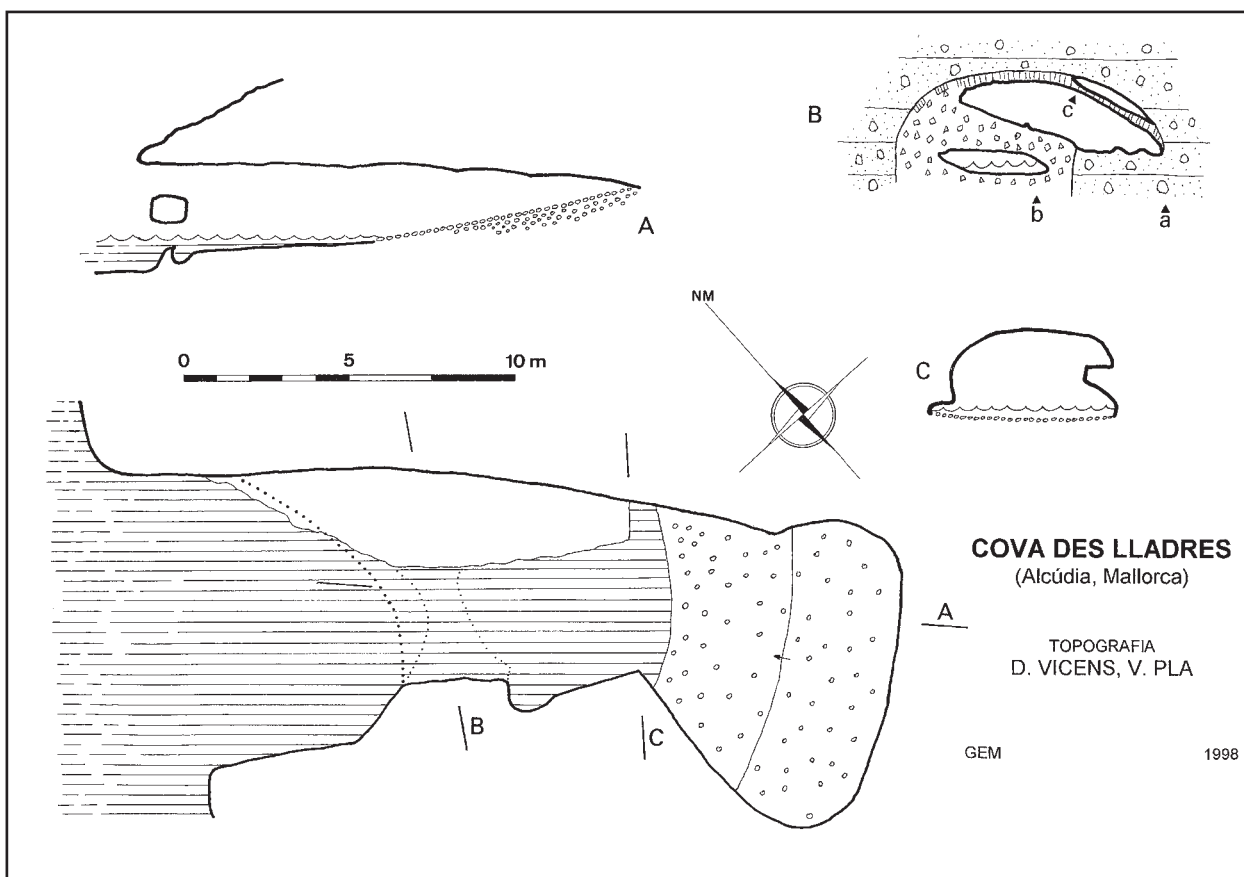


Figura 3: Topografia de la cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Cavitat d'abrasió marina activa, de típic perfil ascendent.

Figure 3: Survey of the Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Active marine abrasion cave, with a typical ascending profile.

als terrestres com dunes, llims, bretxes, etc., formació d'espeleotemes i èpoques en què es troben sota l'aigua (GRÀCIA i VICENS, 1998). Les zones atacades per l'erosió de la mar no solen tenir espeleotemes, però sí que poden estar presents als sòtils alts, o bé a les cambres aèries internes, poc o gens afectades per l'acció de les ones (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Segons GRÀCIA *et al.* (2001a), les grutes submarines són més abundants que les cavitats actives i que les situades per damunt del present nivell del Mediterrani. Aquestes s'han format en èpoques més fredes amb un nivell marí més baix que l'actual.

La incidència dels col·lapses paleocàrstics en la gènesi de coves d'abrasió marina és gran, especialment a les roques calcàries del Miocè postorogènic del Llevant de l'illa de Mallorca (GINÉS, 2000). Aquestes formacions relictas són buits de dissolució, i per tant de paleocarstificació produïts a la Unitat d'Esculls, d'edat Tortoniana, els quals provoquen la deformació i brexificació del Complex Terminal suprajacent, d'edat Messiniana (POMAR *et al.*, 1983; FORNÓS i POMAR, 1983). Útil resulta el treball de ROBLEDO (2005), on s'aborda l'estudi dels paleocol·lapses càrstics de la costa meridional i oriental de l'illa de Mallorca des d'aspectes geològics, geomorfològics, evolutius i paleogeogràfics. L'existència



Figura 4: Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). Vista cap a l'interior (Foto D. Vicens).

Figure 4: Cova des Lladres (Alcúdia, Mallorca). View towards inside the cave (Photo D. Vicens).

d'aquests col·lapses té repercussions en la formació de coves d'abrasió marina, segons la major o menor cohesió, principalment en funció del grau de cementació, dels materials brexats del Complex Terminal que formen el col·lapse (GINÉS, 2000; GRÀCIA *et al.*, 2001a).

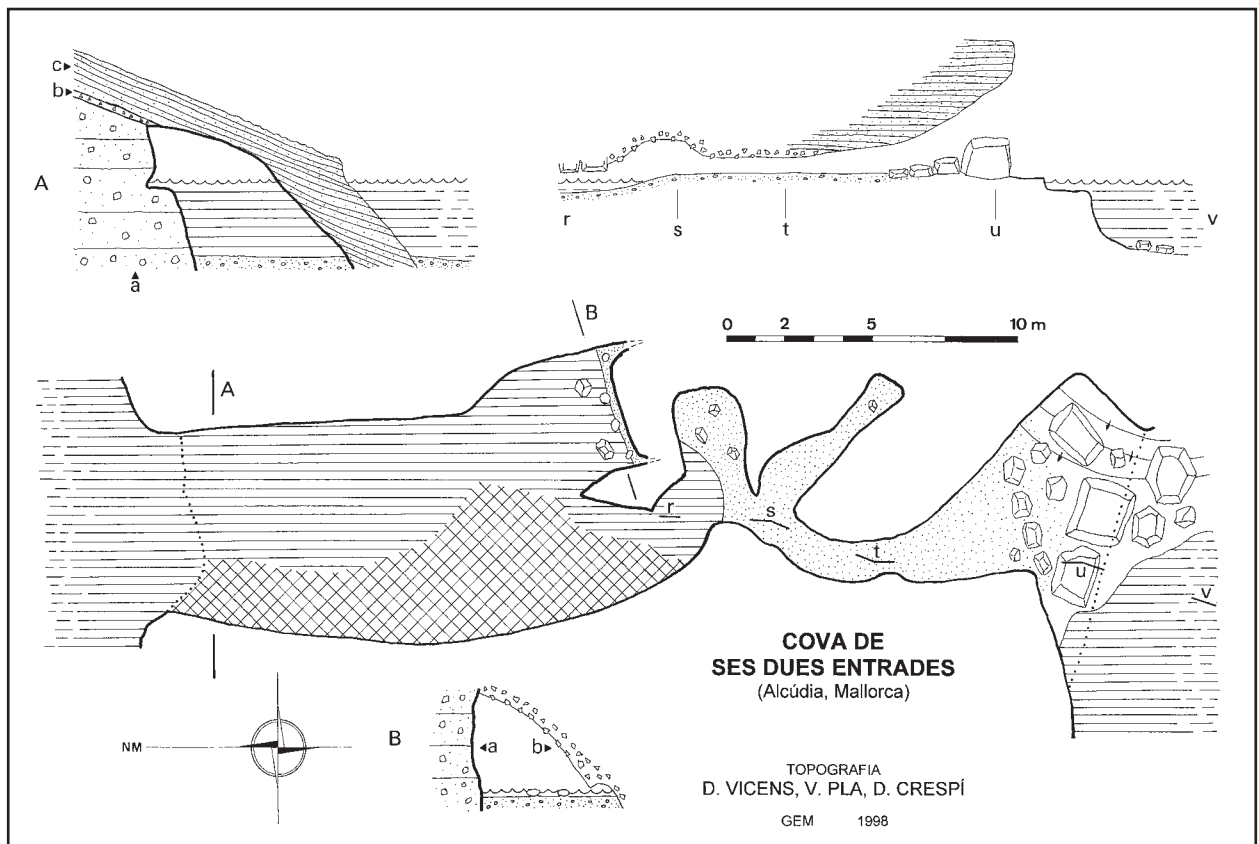


Figura 5: La disposició dels materials pleistocens a la cova de ses Dues Entrades (Alcúdia, Mallorca), adossats a un paleopenya-segat constituït per calcàries del Miocè ha estat un factor decisiu per a la gènesi d'aquesta cova. La planta presenta una orientació N-S, amb una morfologia irregular a la zona central, fruit de l'abrasió marina sobre les bretxes poc consolidades que hi ha per davall de l'eolianita pleistocena. L'abrasió marina inicialment va desmantellar part de l'eolianita i després ha anat erosionant les bretxes, per la part més accessible.

Figure 5: The disposition of Pleistocene materials at the Cova de Ses Dues Entrades (Alcúdia, Mallorca), attached to a paleocliff constituted of Miocene limestones, has been a decisive factor for the genesis of this cave. The plan displays a N-S orientation with an irregular morphology at the central zone as a result of the marine abrasion on the not well consolidated breccias present below the Pleistocene aeolianite. Initially, the marine abrasion dismantled part of the aeolianite and, afterwards, it has been acting on the most accessible part of the breccias.

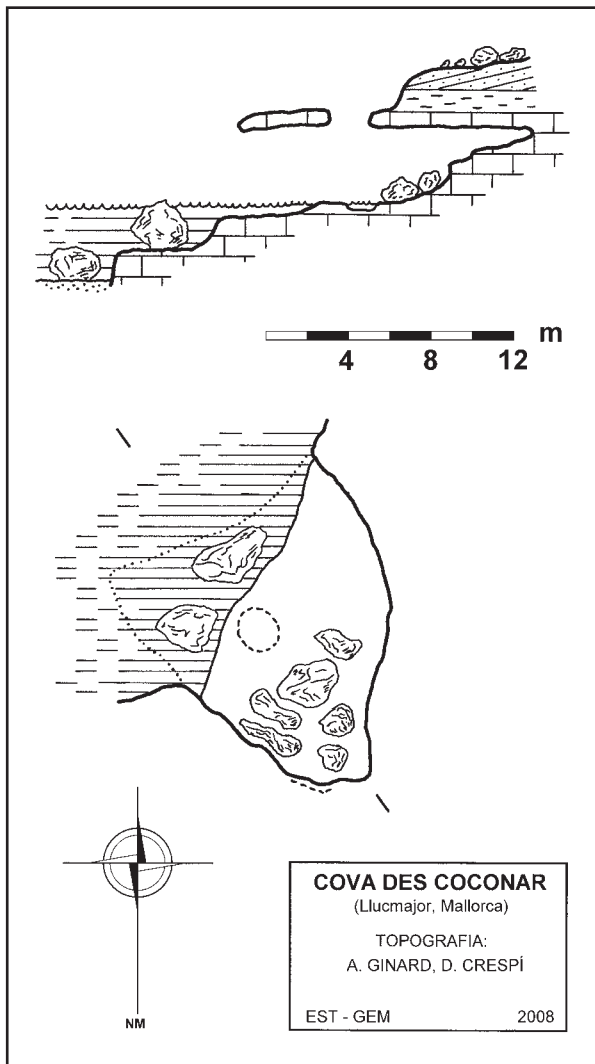


Figura 6: Cova des Coconar (Llucmajor, Mallorca). Presenta la morfologia típica d'una cova d'abrasió marina que ha evolucionat a bufador.

Figure 6: Cova des Coconar (Llucmajor, Mallorca). It displays the typical morphology of a marine abrasion cave that formed a blowhole.



Figura 7: Cova d'abrasió marina a Binibèquer (Sant Lluís, Menorca), on part del sostil s'ha esbucacat (Foto D. Vicens).

Figure 7: Marine abrasion cave in Binibèquer (Sant Lluís, Menorca), in which part of the roof is collapsed (Photo D. Vicens).

Els bufadors són el resultat de l'acció conjunta de l'erosió mecànica de les onades i la compressió de l'aire dins les cavitats d'abrasió marina. L'acció erosiva es concentra a la part interna, juntament amb l'efecte pneumàtic dels temporals, que ocasiona un augment de la pressió de l'aire atrapat a l'interior de la cavitat i provoca l'obertura de la volta cap a l'exterior.

D'aquesta manera s'obtenen dues boques: una de marina, cronològicament anterior, generalment de mida major, i un altra de superior, d'accés vertical i de dimensions menors, que es presenta a la part superior dels penya-segats (Figures 6 i 7). En ampliar-se la segona entrada o bufador, queda únicament un pont de roca que és el que resta del sostil de la cavitat. Seria l'estadi previ al total desmantellament de l'antiga cova d'abrasió. Posteriorment es forma un petit entrant que determina un retrocés de la línia de costa i una interiorització de l'efecte erosiu de la mar cap a l'interior del penya-segat, de manera que augmenta la superfície d'atac de les ones.

El nom de la morfologia prové de l'aigua que surt del bufador i es dispersa per l'aire els dies de temporal cada cop que una ona romp dins la gruta. Alguns bufadors estan situats per damunt de la mar actual, de forma que estan prou alts perquè surti aigua, però si dins la cova marina encara es comprimeix l'aire, aquest surt a pressió pel forat superior (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Els arcs són el resultat de l'erosió diferencial en funció de la disposició estructural dels materials i de la litologia. De vegades es produeixen pel desmantellament dels materials fluïxos envoltats per roques més dures o compactes, però no és una condició del tot necessària. Normalment es poden formar a partir d'algunes fractures i junts d'estratificació, que aprofita l'erosió en llocs geogràfics especialment indicats. Estan localitzats als llocs on l'acció de les ones és, o va ser, més intensa (Figures 8 i 9). El perllongament d'una cova d'abrasió marina a una punta geogràfica o la connexió de dues coves d'abrasió poden formar arcs, de vegades d'una longitud considerable, que reben el nom de túnels (GRÀCIA *et al.*, 2001a).

Una qüestió molt important és que les Balears s'han mantingut estables tectònicament durant el Pleistocè superior, per la qual cosa moltes de les cavitats indiquen nivells alts del Pleistocè superior i tal volta part del Pleistocè mitjà. No és així a altres indrets de la Mediterrània; a Gibraltar, segons RODRIGUEZ i CÁCEREZ (2005) hi ha nivells de coves escalonades degudes al nivells alts de la mar de temps pretèrits i la pujada tectònica de la costa.

Moltes cavernes, tant d'abrasió com càrstiques, presenten materials al·lòctons d'origen dunar que es varen introduir per les boques i varen donar lloc a importants rebliments (Figura 10). Aquesta colmatació pot ésser parcial o total, fins a impedir l'accés a la cavitat o possibles continuacions que resten incomunicades pels dipòsits eòlico-marins (GRÀCIA *et al.*, 2001b). En alguns casos encara tenen la forma cònica o en resten evidències; serveixen d'exemple la cova des Secret des Moix (GINÉS *et al.*, 1975) i la cova des Sòtil (GINÉS, 2000, GRÀCIA *et al.*, 1998), situades a Manacor, i la cova del Dimoni a Felanitx (GRÀCIA *et al.*, 1997). També les entrades es poden obstruir totalment o parcialment per ma-

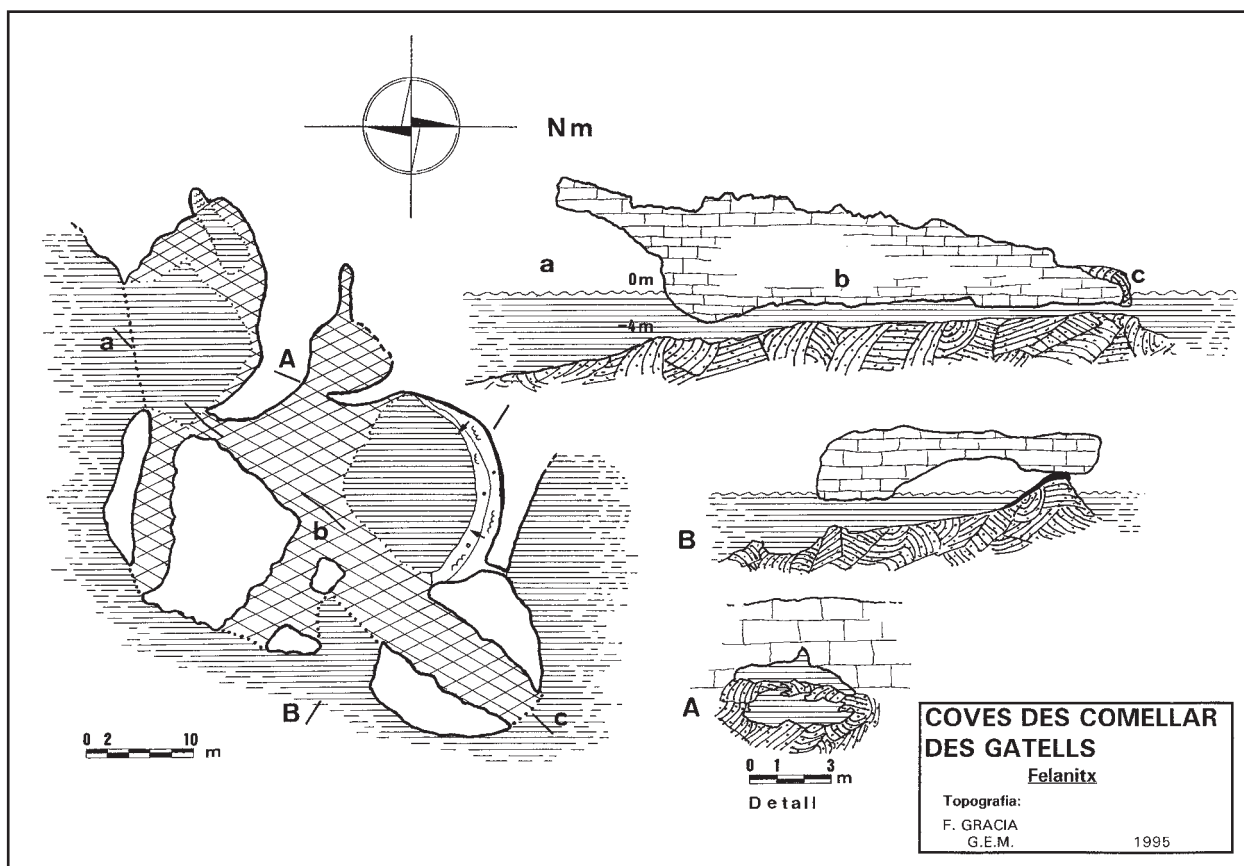


Figura 8: Topografia de la cova des Comellar des Gatells (Felanitx, Mallorca). Es tracta d'una cavitat d'abrasió marina amb sis entrades, de les quals només una és marina. Exceptuant l'entrada situada al sud i la cambra d'aire tot el recorregut és subaquàtic. La cavitat primigènia es troba totalment modificada després de la sedimentació, fossilització i posterior erosió de les dunes fòssils que cobreixen tot el pis. Diverses concrecions estalagmítics recobreixen parcialment les eolianites (secció B).

Figure 8: Survey of the Cova des Comellar des Gatells (Felanitx, Mallorca). It is a marine abrasion cave with six entrances, but only one of them is marine. The cave is subaquatic except the southern entrance and the air-chamber. The initial morphology of the cave has been completely modified by the sedimentation, fossilisation and posterior erosion of the fossil dunes that totally cover the floor. Diverse speleothems partially covers the aeolianites (section B).

terials procedents del vessant de muntanya, tal és el cas de la cova des Lladres a Alcúdia (VICENS i CRESPI, 2003). Posteriors accions de la mar durant els períodes més càlids tornaren a erosionar aquests dipòsits i crearen plataformes i marmites de gegant. Cal remarcar que aquests materials són per norma general erosionables més fàcilment que no la roca sobre la qual estan situats (GRÀCIA *et al.*, 2001b). Molt sovint aquests dipòsits eòlics es troben recoberts per colades estalagmítics.

La presència de jaciments marins al litoral ens proporciona informació de les modificacions experimentades pel nivell de la mar i dels canvis climàtics, no només per les altituds on es troben els jaciments, sinó també per les característiques de la fauna trobada (CUERDA, 1975, 1987). Dins les coves d'abrasió marina també es poden trobar jaciments de platges fòssils preexistents, tot i no ser molt freqüent a les Illes Balears. Com a exemple tenim la cova des Lladres (Mallorca) on hi ha un dipòsit de platja del Pleistocè superior que temporals recents han posat al descobert (inèdit). Un altre exemple el tenim a Son Mosson on una cova d'abrasió marina a eolianites del Riss va quedar omplerta per un dipòsit de platja del Pleistocè superior (CUERDA i OSMASTON, 1975).

També a algunes coves d'abrasió marina, dins bretxes més modernes que la cova s'han trobat fòssils conti-

nents. Com és lògic a la majoria de les coves d'abrasió marina hi ha arenes, còdols i blocs actuals.

En algunes ocasions es poden observar senyals de bioerosió, tal és el cas de les perforacions del bivalve litòfag *Lithophaga lithophaga* (Figura 11). El fòssil del bivalve és difícil de localitzar, no així les seves perforacions (CUERDA, 1987; VICENS, 2010).

El vell marí (*Monachus monachus*) probablement va freqüentar les coves d'abrasió marina més grans i que tenen platgetes al seu interior; com exemple tenim la cova des Fonoll Marí a Alcúdia, on es varen trobar restes òssies d'aquest animal extint a les nostres illes el segle passat (VICENS *et al.*, 2006; PONS *et al.*, 2008). Els quiròpters són presents a alguna cova d'abrasió marina, tot i que la majoria d'elles per les seves dimensions i per trobar-se en part inundades no són un bon hàbitat per aquests mamífers.

Les coves d'abrasió marina, poden sofrir una evolució molt ràpida i enderrocar-se en pocs decennis, tal és el cas de sa cova de s'Escar a Alcúdia, la sala de la qual presentava una superfície d'uns 185 m² i el gruix de sòtil d'1 m a la part més prima. El sòtil afectat per l'enderrocament recent té una superfície en planta d'uns 80 m² (VICENS *et al.*, 2006). La litologia dels materials i la disposició d'aquests és un factor decisiu.

Estat del seu coneixement a les Balears

Treballs que tractin sobre coves litorals de gènesi marina a les Illes Balears i aportin topografies i descripcions de les cavitats n'hi ha uns quants. A l'illa de Menorca cal destacar el treball de TRIAS i GINÉS (1989) on hi ha unes quantes cavitats relacionades amb la gènesi marina.

A l'illa de Mallorca, cal destacar els treballs de GINÉS (2000) que aporta informació de cavitats de tot el llevant de Mallorca; el de GRÀCIA *et al.* (1997) que parla de les cavitats litorals de Portocolom; el de GINARD *et al.* (2008) que tracta del litoral de Lluçmajor; el de VICENS i CRESPI (2003) i el de VICENS *et al.* (2006) d'Alcúdia; el de GRÀCIA *et al.* (2001b) de Pollença; i el de LLAMAS (2000) on es reproduïxen cavitats d'abració marina subaquàtiques a diversos punts del litoral. A ENCINAS (1994) hi ha topografies de coves d'abració marina del litoral de Pollença, emperò l'autor no dóna cap explicació referent a la seva gènesi.

De l'arxipèlag de Cabrera hi ha una recopilació de les cavitats existents, i alguna de les quals té a veure amb l'abració marina (TRIAS, 1993). A MONTORIOL-POUS (1971) hi ha un exemple d'una captura càrstico-marina on una cova d'abració marina ha contactat amb un sistema càrstic.

De l'illa d'Eivissa no hem trobat informació sobre coves d'abració marina.

De l'illa de Formentera hi ha el treball de MONTORIOL-POUS i TERMES (1963) on alguna cavitat és d'abració marina.

Fent un resum, es pot dir que el coneixement de les coves de gènesi marina de Menorca es troba en un estat molt incipient i es tenen poques dades al respecte. De Cabrera i Formentera és té alguna dada, i de Mallorca que és on hi ha més informació, si més no resta encara molta de feina per fer. En aquest aspecte, l'illa d'Eivissa és la menys coneguda i no es tenen dades.

Un altre punt important és que gairebé no es tenen dades de coves d'abració marina submarines. La major part de les dades es refereixen a coves que es troben al nivell actual de la mar.

Referent a las zones més estudiades, aquelles on afloren materials del Miocè postorogènic o del Quaternari, coincideixen amb les zones on hi ha més cavitats i morfologies d'abració marina. Òbviament la disposició horitzontal dels materials miocens ha afavorit aquestes morfologies.

La cronologia és difícil de precisar i probablement moltes d'aquestes cavitats hagin sofert l'erosió marina en distintes ocasions. Evidentment que les que es troben a materials del Miocè i gairebé al nivell actual de la mar, han sofert com a mínim, l'erosió durant els episodis alts del darrer interglacial i l'Holocè.



Figura 9: Arcs d'abració marina a prop del Faralló d'en Fred (Felanitx, Mallorca) a – 20 m de profunditat (Foto A. Cirer).

Figure 9: Marine abrasion arches near the Faralló d'en Fred (Felanitx, Mallorca) at a depth of 20 m (Photo A. Cirer).

Figura 10: Evolució geomorfològica de la cova Negra (cap de Catalunya, Mallorca). Cavitat d'abrasió marina de 200 m de longitud (la de major distància lineal que tenim constància a les Illes Balears), segons GRÀCIA *et al.* (2001b): 1) Cova d'abrasió marina de petites dimensions; 2) Cova d'abrasió de gran llargària, aprofitant fractures de la roca, formada tal vegada al llarg de diverses fases d'erosió del Quaternari; 3) Regressió marina i formació d'extenses platges, amb formacions dunars terminals que s'introdueixen dins l'àmplia cavitat; 4) Rebliment quasi total de la cova per les eolianites pleistocèniques; 5) Nova transgressió marina i reactivació de l'erosió. La major debilitat de les eolianites fa que la cavitat s'obri seguint preferentment aquests materials. 6) Segueix pujant el nivell marí, adquirint la configuració actual.

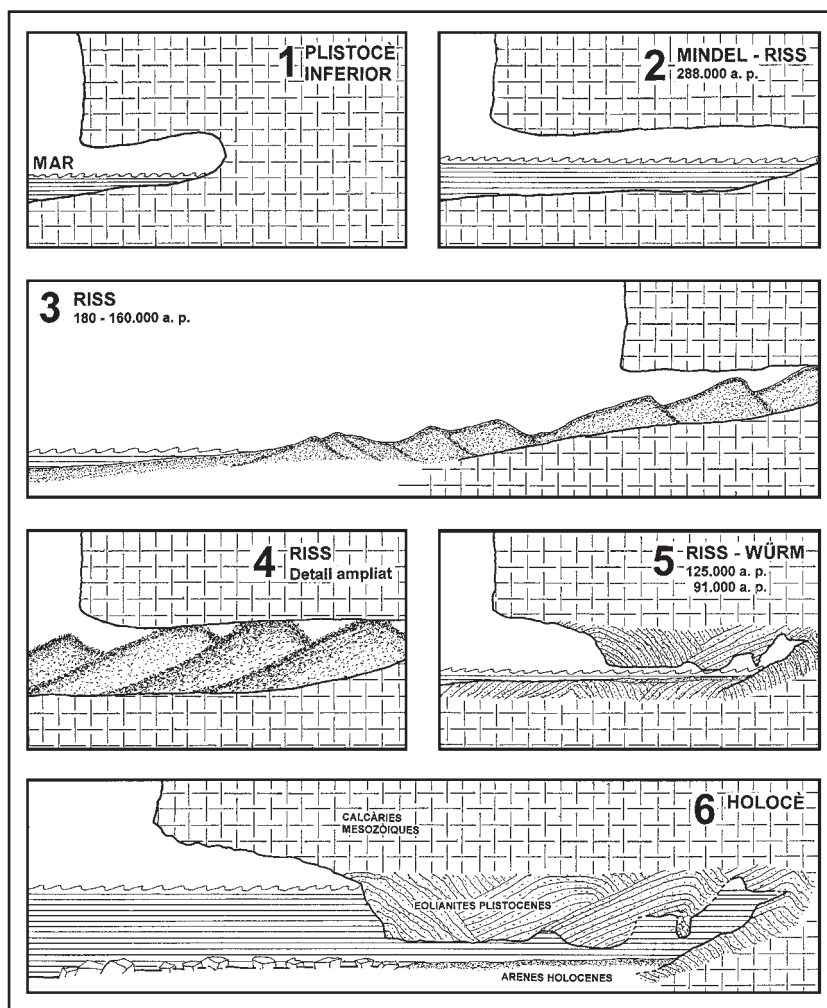


Figure 10: Geomorphological evolution of the Cova Negra (Cap de Catalunya, Pollença). It is a marine abrasion cave with a length of 200 m (the longest cave of this type known in Mallorca), after GRÀCIA *et al.* (2001b): 1) Small marine abrasion cave. 2) Very long abrasion cave following rock fractures and possibly formed in various phases during the Quaternary. 3) Marine regression and formation of extensive beaches with terminal dunes that have penetrated into a large cave. 4) Cave almost completely filled with Pleistocene aeolianites. 5) New marine transgression and re-activation of the erosion. The cave has been enlarged generally following the soft material as the aeolianites. 6) Sea-level keeps rising, and the cave acquires its current topography.

Cronologia de les cavitats

La cronologia és difícil de precisar i probablement moltes d'aquestes cavitats hagin sofert l'erosió marina en distintes ocasions. Evidentment que les que es troben a materials del Miocè i gairebé al nivell actual de la mar, han sofert com a mínim, l'erosió durant els episodis alts del darrer interglacial i l'Holocè.

Tot i haver-hi algun comentari sobre la cronologia de la gènesi de cavitats d'abrasió marina al litoral d'Alcúdia (Mallorca) a VICENS i CRESPI (2003), VICENS *et al.* (2004), i a VICENS *et al.* (2006), és a VICENS *et al.* (2008) on es comenta més àmpliament la possible edat de formació d'aquestes cavitats. Només a les que s'instal·len a materials del Pleistocè superior o en materials del Riss es pot fer una valoració de cronologia relativa acceptable. Si els materials són posteriors al darrer interglacial, l'erosió marina i la cavitat són d'edat holocena. En el cas de les cavitats situades a materials del Miocè o als materials del Secundari, és més complicat esbrinar dades cronològiques i la majoria d'autors no fa cap comentari; a GINÉS (2000) es descriuen algunes captures càrstico-marines que es remunten al manco al Pleistocè superior.

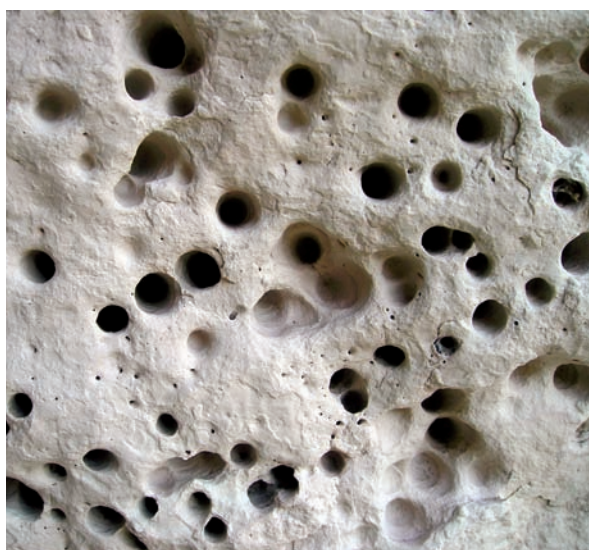


Figure 11: Perforacions antigues del bivalve *Lithophaga lithophaga*, a uns +2,5 m sobre el nivell actual de la mar a una cova d'abrasió marina a s'Arc de Sant Martí (Llucmajor, Mallorca) (Foto D. Vicens).

Figure 11: Fossil perforations made by the bivalve *Lithophaga lithophaga*, at +2,5 m above sea-level in a marine abrasion cave at s'Arc de Sant Martí (Llucmajor, Mallorca) (Photo D. Vicens).

Agraïments

L'article s'ha enriquit i millorat gràcies a la lectura crítica del manuscrit, i els suggeriments fets per part del nostre amic el Dr. Joaquín Ginés. Des d'aquestes breus línies volem manifestar-li el més sincer agraïment.

També volem donar les gràcies a Antoni Clrer per l'excel·lent fotografia de la figura 9.

Bibliografia

- BALAGUER, P.; VIZOSO, G.; FERRER, M.I.; RUÍZ, M.; ORFILA, P.; BASTERRETXEA, G.; JORDI, T.; FORNÓS, J.J.; SATORRES, J.; ROIG-MUNAR, F.X. i TINTORÉ, J. (2006): Zonificación del litoral Balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un Índice de Sensibilidad Ambiental (ISA) de la línea de costa. In: PÉREZ-ALBERTI, A. i LÓPEZ-BEDOYA, J. (Eds.) *Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela: 311 - 322.
- BALAGUER, P.; VIZOSO, G.; RUÍZ, M.; ORFILA, P.; FORNÓS, J.J.; SATORRES, J.; ROIG-MUNAR, F.X. i TINTORÉ, J. (2008): Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 362-364.
- CUERDA, J. (1975): *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma. 304 pp.
- CUERDA, J. (1987): *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno balear*. Caja de Baleares "Sa Nostra". Palma. 420 pp.
- CUERDA, J. i OSMASTON H. A. (1978): Quaternary deposits in the central part of the Bay of Palma. In: ROSE, J. (Edit.). *The Quaternary of Mallorca*. Quaternary Research Association-Field Meeting Guide: 61-71.
- ENCINAS, J.A. (1994): *501 grutas del término de Pollensa (Mallorca)*. Editorial Punt Gràfic. 609 pp. Pollença.
- FORNÓS, J.J. (1983): *Estudi sedimentològic del Miocè Terminal de l'illa de Mallorca*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de Barcelona. Inèdit.
- FORNÓS, J.J. i POMAR, L. (1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyí ("Complejo Terminal"). A: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J. i RODRIGUEZ-PEREA, A. (Eds.) *El Terciario de las Baleares (Mallorca - Menorca)*. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología. Institut d'Estudis Balearics-Universitat de Palma de Mallorca, 177-206.
- GINARD, A.; VICENS, D.; CRESPI, D.; VADELL, M.; BOVER, P.; BALAGUER, P.; i GRÀCIA, F. (2008): Coves litorals, geomorfologia i jaciments del Quaternari de la Marina de Lluçmajor. Zona 1: la franja costanera entre es Racó des Llobets i cala Esglesieta (1a part). Lluçmajor, Illa de Mallorca. *Endins*, 32: 81-104.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. i PONS-MOYÀ, J. (1975): Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas. *Speleon. Monografía I, V Symposium de Espeleología, Cuaternario*. Escola Catalana d'Espeleologia. 49-56. Barcelona.
- GINÉS, J. (2000): *El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología*. Tesi doctoral. Inèdit. Universitat de les Illes Balears. 595 pàgs.
- GINÉS, J. i GINÉS, A. (2009): Proposta d'una nova classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de l'illa de Mallorca. *Endins*, 33: 5-18.
- GRÀCIA, F. (2010): *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del llevant i migjorn de Mallorca (Mediterrània occidental)*. Els exemples de la cova de sa Gleda (Manacor) i de la cova des Coll (Felanitx). Memòria d'Investigació. UIB. 254 pp.
- GRÀCIA, F. i VICENS, D. (1998): Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In: FORNÓS J. J. (Eds.). *Aspectes Geològics de les Balears*. Universitat de les illes Balears: 307-329.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B. i WATKINSON, P. (1998): La Cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre Cala sa Nau i Cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 22: 5-18.
- GRÀCIA, F.; CLAMOR, B.; LANDRETH, R.; VICENS, D. i WATKINSON, P. (2001a): Evidències geomorfològiques del canvis del nivell marí. In: PONS, G. X. i GUIJARRO, A. (Eds.). *El canvi climàtic: passat, present i futur*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 9: 91-119.
- GRÀCIA, F.; LANDRETH, R.; GUAL, M. i CLAMOR, B. (2001b): La cova Negra (Pollença, Mallorca): presència de dunes fòssils dins una cavitat submarina. *Endins*, 24: 137-142.
- GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; MONSERRAT, T.; CLARKE, O. i LANDRETH, R. (1997): Les coves de la zona ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- MONTORIOL-POUS, J. (1971): Estudio de una captura kárstica-marina en la isla de Cabrera (Baleares). *Acta Geológica Hispánica*, 4: 89-91.
- MONTORIOL-POUS, J. i TERMES, F. (1963): Les grottes de l'île de Formentera (Baleares) et leurs relations avec les oscillations de la Méditerranée. *Compte Rendu IV Colloque International Spéléologie*. 180-194. Atenes.
- POMAR, L.; ESTEBAN, M.; CALVET, F. i BARÓN, A. (1983): La Unidad Arrecifal del Mioceno superior de Mallorca. In: POMAR, L.; OBRADOR, A.; FORNÓS, J. J. i RODRIGUEZ-PEREA, A. (Eds.) *El terciario de las Baleares. Guía de las Excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología*. Menorca, 1983: 139-175. Palma de Mallorca.
- PONS, G.X.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i VICENS, D. (2008): Troballa d'ossos subfòssils de vell marí (*Monachus monachus*) a una cova litoral d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 55.
- ROBLEDO, P. A. (2005): *Los paleocolapsos kársticos en las plataformas carbonatadas del Mioceno superior de Mallorca: análisis geográfico, genético, geológico y evolutivo*. Tesi doctoral. Departament de Ciències de la Terra. UIB.
- RODRÍGUEZ, J. i CÁCEREZ, L.M. (2005): Niveles escalonados de cuevas marinas cuaternarias en la costa oriental de Gibraltar. *Geogaceta*, 37: 147-150.
- SERVERA, J. (2004): *Geomorfologia del litoral de les Illes Balears*. Quaderns de la natura de les Balears. Edicions Documenta Balear. 88 pp. Palma.
- TRIAS, M. (1993): VIII. Catàleg espeleològic. In: ALCOVER, J.A.; BALLESTEROS, E. & FORNÓS, J.J. (Eds.) *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. C.S.I.C. - Editorial Moll. 131-152. Palma de Mallorca.
- TRIAS, M. i GINÉS, J. (1989): Algunes noves cavitats de l'illa de Menorca. *Endins*, 14-15: 5-16.
- VICENS, D. 2010. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a la zona Nord-oriental de Mallorca (Badia de Pollença i Badia d'Alcúdia)*. Memòria d'investigació, 337 pp. UIB. inèdit.
- VICENS, D. i CRESPI, D. (2003): Les coves litorals situades a la franja costanera entre es Mal Pas i el cap Gros (Alcúdia, Mallorca) (1a part). *Endins*, 25: 117-130.
- VICENS, D.; CRESPI, D. i GINARD, A. (2004): Estudi de coves litorals d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *IV Jornades de Medi Ambient de les Balears*. SHNB, 50-51.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i PONS G.X. (2006): Les coves litorals situades a la franja costanera entre es Mal Pas i el cap Gros (Alcúdia, Mallorca) (2a part). Troballa de restes de vell marí (*Monachus monachus*) a la cova des Fonoll Marí. *Endins*, 30: 87-100.
- VICENS, D.; CRESPI, D.; GINARD, A.; GRÀCIA, F. i PONS, G. X. (2008): Aportacions relacionades amb l'estudi de coves litorals d'Alcúdia (Mallorca). In: PONS, G. X. (Edit.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears. 52-54.
- VICENS, D.; GRÀCIA, F.; WATKINSON, P.; LANDRETH, R.; CLAMOR, B. i DOT, M. A. (2001): La cova de ses Pedreres (Manacor, Mallorca). *Endins*, 24: 107-111.