

Relació genètica i hidrològica entre coves, cales i altres entrants al Migjorn de Mallorca

Francesc GRÀCIA, Bernat CLAMOR, Pere GAMUNDÍ, Joan J. FORNÓS i Damià VICENS

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Gràcia, F., Clamor, B., Gamundí, P., Fornós, J.J. i Vicens, D. 2011. Relació genètica i hidrològica entre coves, cales i altres entrants al Migjorn de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 161-176. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

L'exploració i documentació de cavitats litorals al Migjorn de Mallorca, moltes d'elles amb importants continuacions subaquàtiques, posen de manifest la possible relació genètica i hidrològica entre les cales i l'endocars. La presència de cavitats càrstiques que són capturades per l'erosió marina i posteriorment desmantellades progressivament constitueix un factor més a tenir en compte. Molts dels "dolços", nom popular de les surgències submarines, provenen de cavitats càrstiques que drenen i interactuen hidrològicament amb la mar. Aquestes cavitats litorals en certa manera constitueixen una prolongació de la mar terra endins i constitueixen una part fonamental del patrimoni natural de Mallorca.

Paraules clau: Coves, cales, carst, surgències, patrimoni natural, Mallorca.

GENETIC AND HYDROLOGICAL RELATIONSHIP BETWEEN CAVES, CALAS AND OTHER INCOMING SOUTH OF MALLORCA. Coastal caves in southern Mallorca have abundant underwater continuations. Recent exploration and survey of those caves and submerged galleries highlights the genetic relationship between hydrology and karst. Most of the coastal caves result from the sea caves enlargement by wave erosion and the capture of neighbour karstic caves; additionally coastal freshwater springs result from the interference hydrological gradients between karstic cavities and the sea. Those littoral cavities represent the sea inland influence extension and are a key element of the Mallorca natural heritage.

Keywords: caves, calas, karst, springs, natural heritage, Mallorca.

Francesc GRÀCIA, Grup Nord de Mallorca, Societat d'Història Natural de les Balears, Bernat CLAMOR, Pere GAMUNDÍ, Grup Nord de Mallorca. Joan J. FORNÓS, Dept. de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears i Damià VICENS, Speleo Club Mallorca, Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma de Mallorca.

Recepció del manuscrit: 1-nov-11; revisió acceptada: 21-des-11

Introducció

El primer que s'ha de puntualitzar és que, com diu Rosselló (1995), si volem passar del camp toponomàstic -o popular- al científic, convé remarcar que no totes les cales són cales i no totes les que ho són s'ho

diuen. Cales geomòrficament indiscutibles com Portopetre, Mondragó, sa Barca Trencada, es Domingos o s'Estany d'en Mas, es Portitxol, eludeixen el genèric que tal vegada és sobreentès. Per contra, es caló des Soldat, sa cala de ses Faves o cala Falcó amb prou feines poden acomodar-se a les

definicions més corrents. Tanmateix s'ha de fer constar que a petita escala, hi ha multitud d'indentacions menors al litoral mallorquí, moltes d'elles amb una gènesi similar.

Alguns autors com Gràcia *et al.* (1998; 2001) ja comenten que, per esfondrament i erosió marina, el sostre d'una caverna pot arribar a formar una entrada estreta i allargada, tipus caló o una penetració terra endins, moderada i àmplia, en funció de les dimensions de l'antiga cavitat. Aquest comentari teòric s'ha anat complementant amb casos coneguts, alguns d'ells encara no publicats, a on es pot contrastar la possible relació entre les cavitats litorals i la formació d'entrades de la mar de diferents mides. Rosselló *et al.* (2002) descriuen la complexitat a nivell de mesoescala de la línia de costa oriental de Mallorca, així com la meridional de Menorca. Ja afirmen que aquests materials calcarenítics del Miocè superior presenten gran quantitat de fenòmens i morfologies càrstiques. Les cales estan associades a la desembocadura de torrents, però la morfologia de les cales poden haver estat afavorides per la coalescència d'esfondraments endocàrstics, controlats per la facturació i el drenatge de les aigües subterrànies. La importància d'aquests darrers factors sembla que són determinants en la formació i evolució de moltes cavitats litorals (Fornós, 2003).

Les cavitats litorals del Migjorn de Mallorca

L'exploració amb tècniques d'immersió espeleològica de les cavitats litorals, ha proporcionat importants resultats. Les exploracions i investigacions efectuades les dues darreres dècades han contribuït a incrementar el coneixement i la valoració de l'endocarst i també ha suposat

importants aportacions al coneixement científic. Sens dubte el més remarcable és el fet de què les coves de major recorregut de les illes corresponen a sistemes càrstics litorals parcial o totalment negats sota l'actual nivell de la mar (Ginés i Ginés, 2002; Gràcia *et al.*, 2011) (Fig.1).

En referència a la magnitud del recorregut destaca amb diferència la cova des Pas de Vallgornera (supera actualment els 67 km, dels quals 10.200 m subaquàtics) que constitueix la cova de major recorregut de les Balears, seguida del sistema Gleda-Camp des Pou (13.500 m) que representa actualment la cavitat de major recorregut subaquàtic d'Europa. S'ha de tenir present que fins els anys 90, la cova de major longitud de l'arxipèlag balear eren encara les coves del Drac (amb poc més de 2 km de recorregut). En tercer terme, la cova des Coll (uns 7 km), que és la major cavitat subaquàtica d'Espanya amb connexió directa amb la mar. Les següents del llistat ja es troben molt distanciades, entre les quals destaquen: el sistema Pirata-Pont-Piqueta (3.091 m totals/1.190 m subaquàtics), la cova Genovesa (2.415 m totals /1.845 m subaquàtics), les coves del Drac (2.359 m totals/600 m subaquàtics), la cova d'en Bassol (1.491 m totals/1.082 m subaquàtics), la cova de Cala Varques B (1.068 m totals/980 m subaquàtics) i la cova des Drac de Cala Santanyí (803 m totals/612 m subaquàtics). La fondària màxima sota les aigües supera lleugerament els 30 m.

Al llarg de les darreres dècades, s'ha anat suggerint per a aquestes coves un model genètic que contempla la formació de buits primigenis, originats per dissolució en la zona freàtica litoral a causa de l'agressivitat que es deriva de la mescla entre aigües continentals dolces i aigües marines, dins d'un context hidrològic d'elevada permeabilitat per mor d'una



Fig. 1. La presència de zones negades per l'ascens del nivell marí després del darrer estadi glacial és un fet comú a les cavitats properes al litoral. Cova des Pas de Vallgornera (Foto: M. A. Perelló. GNM).
Fig. 1. *Submerged galleries resulting of sea level rise after the last glacial stage is a common feature in caves located near the coast. Cova des Pas de Vallgornera (Photo: MA Perello. GNM).*

important porositat primària. Moltes de les galeries i sales d'aquestes cavitats es localitzen per davall del nivell marí i per tant presenten els buits plens d'aigua. És molt interessant el fet de que hi ha diferents nivells de cavitats que corresponen a distints períodes d'espeleogènesi. El patró planimètric de les coves d'aquesta tipologia denota la coalescència, un tant aleatòria, d'unitats més o manco independents, que han anat creixent tridimensionalment fins a donar lloc a una disposició en planta de caràcter ramiforme (Fig. 2).

Les captures càrstico-marines

Les cavitats generades com a conseqüència dels processos erosius de la

dinàmica litoral, és a dir, les coves d'abrasió marina, són molt abundants per tot arreu de la costa, encara que generalment tenen dimensions més aviat modestes. Emperò, les formacions endocàrstiques de la franja litoral més importants pertanyen a la tipologia de coves de la zona de mescla costanera, aquestes han atret l'atenció de viatgers i naturalistes, arran sobretot de les exploracions i descobertes efectuades fa més d'un segle a les turístiques coves del Drac, al municipi de Manacor.

A més de les coves d'abrasió marina i per tant no càrstiques, abunda al litoral una tipologia de cavitats que és el resultat de la captura de les coves de la zona de mescla costanera, és a dir, d'origen càrstic, pel retrocés dels penya-segats.

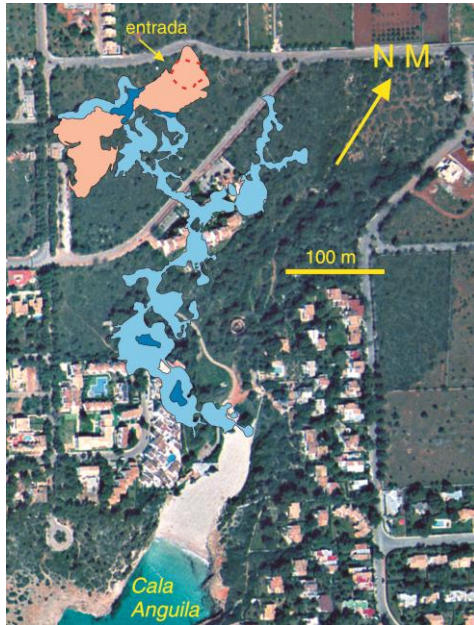


Fig. 2. Cova Genovesa a Cala Anguila (Manacor). La relació genètica i hidrològica entre cales i cavitats litorals és molt gran.

Fig. 2. *Genovesa cave at Cala Anguila (Manacor). There is a great genetic relationship between hydrological and coastal bays and cavities.*

Aquestes coves, anomenades captures càrstico-marines (Montoriol-Pous, 1971), estan fortament influenciades, encara que sigui només a les zones més properes a la mar, per la dinàmica litoral (Fig. 3).

La seva existència suposa una via d'accés a les cavitats, a més a més de les entrades formades per esfondraments dels sostres, formant dolines d'esfondrament i de la connexió mitjançant pous o altres tipus de perforacions artificials, ja que d'altra manera serien impenetrables per a l'home.

La connexió amb la mar duu associades la incorporació de morfologies d'erosió marina a les zones properes a les entrades i especialment de dipòsits sedimentaris

d'origen marí. La presència d'espeleotemes freàtics en llocs concrets de les cavitats, que no se podrien formar actualment en ambients geoquímics de connexió directa amb la mar, confirmen alguns casos de captures càrstico-marines i endemés proporcionen un límit temporal per a la pròpia captura (Ginés, 2000). Exemples d'aquestes cavitats són abundants al llevant insular: la cova des Coloms de Cala Falcó i la cova des Coloms de Cala Varques (Trias i Mir, 1977; Trias, 1992; Gràcia *et al.*, 2010), ambdues cavitats posseeixen una gran entrada marina producte de l'erosió litoral que encara els hi afecta; la cova de Cala Falcó, connectada amb l'exterior per l'abrasió marina d'un antic nivell situat a +2 m respecte a l'actual nivell marí (Trias i Mir, 1977; Ginés, 2000); la cova des Dimoni (Ginés, 2000) i la cova des Ases (Gràcia *et al.*, 1997); totes elles amb entrades terrestres superiors i accessos submarins. La cova des Drac de Cala Santanyí (Gràcia *et al.*, 1998b), la cova de Cala Varques ACD o Cova des Xuetes i la cova de Cala Varques B (Gràcia *et al.*, 2000) també són exemples de captures per la dinàmica erosiva litoral i l'evolució de les cavitats pels esfondraments de sostres i parets (Fig. 4). En el litoral d'Alcúdia, al NE de Mallorca, també es troben alguns exemples, com són la cova des Bastons i la cova de ses Llàgrimes (Gràcia *et al.*, 2003c). Aquests processos tenen un elevat interès espeleocronològic, ja que poden permetre individualitzar i datar etapes evolutives de les coves (i dels sediments associats en aquestes etapes), a partir de criteris temporals d'anterioritat o posterioritat en relació amb el moment concret en què es produeix el fet de la captura marina (Ginés, 2000). En aquest tipus de cavitats litorals abunden els dipòsits sedimentaris en els quals s'intercalen seqüències d'espeleotemes amb



Fig. 3. Les cales del Llevant de Mallorca estan associades a nombroses captures càrstico-marines que formen part intrínseca del paisatge litoral (Foto: M. Luque).

Fig. 3. The calas of the East of Mallorca are associated with numerous karst-marine captures an intrinsic part of the coastal landscape (Photo: M. Luque).

bretxes ossíferes de vertebrats terrestres i materials detrítics marins, constituint registres de gran interès espeleocronològic i que estan condicionats per les variacions del nivell marí durant el Quaternari. També

és determinant el nivell actual de la Mediterrània per l'existència de llacs subterranis d'aigües freàtiques salabroses, que ocupen les cotes inferiors de les cavitats.

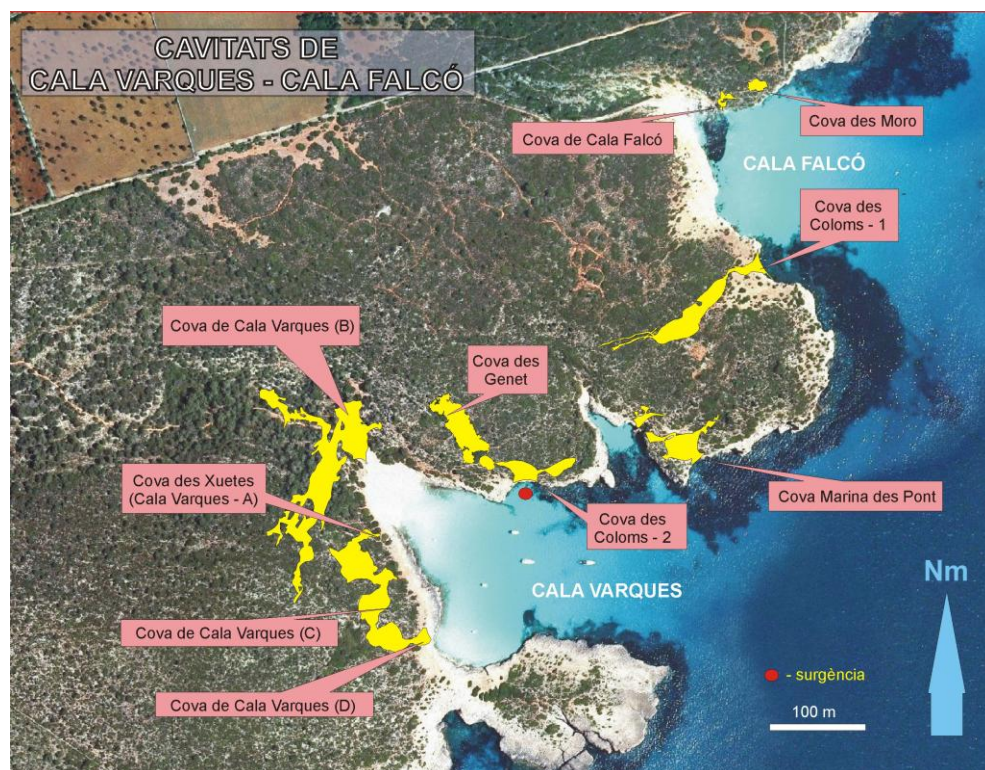


Fig. 4. Entre cala Falcó i cala Varques és notòria la gran quantitat de cavitats litorals.

Fig. 4. Among cala Falcó and cala Varques is notorious the presence of coastal caves.

Gènesi, evolució i característiques generals de les coves litorals de Mallorca

La costa constitueix un bon registre de les oscil·lacions de la mar experimentades al llarg del Quaternari. Mallorca, degut a la seva relativa estabilitat en aquest període de temps, especialment en el Pleistocè superior, i a l'absència de mareas importants, representa una bona localització per a estudiar els canvis glacioeustàtics. Diverses evidències geomorfològiques d'aquests episodis transgressius i regressius han quedat registrades en el litoral, des d'alçàries considerables que superen la quarantena de metres, fins a desenes de metres per davall del nivell actual de la mar. Les plataformes d'abrasió marina, viseres, arcs, coves, bufadors, marmites de gegant, dunes fòssils adossades, jaciments fòssils i altres morfologies d'erosió i sedimentació són bons testimonis d'aquests canvis (Gràcia i Vicens, 1998, 2001). Aquestes morfologies en sí mateixes formen part del nostre paisatge litoral, tant del que és visible a l'exterior, com del que resta ocult sota les aigües de la mar o a l'interior d'espectaculars cavitats litorals generades a la zona de mescla costanera.

A la zona freàtica de les àrees càrstiques litorals, amb el nivell de la mar com a nivell de base, tenen lloc processos de mescla de les aigües marines i continentals, els quals potencien l'actuació dels mecanismes espeleogenètics a causa de l'agressivitat resultant d'aquests processos geoquímics (Back *et al.*, 1984; Plummer, 1975). Per tant, es produeix l'excavació preferent de conductes i galeries endocàrstiques, que possibiliten en ocasions reconèixer horitzons espeleogenètics relacionats amb paleonivells marins.

A partir d'estudis realitzats a les Bahames (Mylroie i Carew, 1988, 2000) i

adaptats a Mallorca per Ginés i Ginés (1992), es diferencien dues zones espeleogenèticament principals: la zona de la picnoclina (zona de contacte o interfase entre l'aigua dolça superior, menys densa i l'aigua marina, inferior per ser més densa) i la zona epifreàtica, a on es mesclen les aigües d'infiltració vadoses i les aigües freàtiques, dotades de diferents continguts de CO₂.

Les cavitats presenten galeries i sales en diferents estadis evolutius. En primer lloc s'observen conductes, galeries i sales freàtiques poc evolucionades verticalment respecte a l'horitzó d'inici dels processos de dissolució. Algunes tenen morfologies de corrosió predominants amb pocs indicis d'esfondraments. L'evolució vadosa que han experimentat les cavitats càrstiques és la responsable de la transformació de molts dels conductes i galeries primigènies. En aquestes galeries evolucionades predominen els esfondraments (Ginés, 2000), formant caos de blocs i d'espeleotemes caiguts, sovint recoberts per formacions estalagmítiques, que amaguen i desdibuixen l'origen freàtic de les galeries i sales, i que molt sovint tanquen l'accés a les continuacions de la cova. Aquests processos d'esfondrament, més intensos a les èpoques a les quals les galeries es troben en condicions vadoses, sense la sustentació de l'aigua (regressions marines), produeixen un increment del volum i una evolució ascendent que cerca l'equilibri mecànic dels sostres i que pot provocar l'obertura a l'exterior de la caverna si connecta amb la superfície, cosa que ha ocorregut amb les entrades de moltes coves. D'aquesta forma, un antic sistema de conductes excavats en règim freàtic se situava, en molts casos, per davall de les actuals sales d'esfondrament. El fet de que aquests processos es puguin juxtaposar en el temps, en estreta relació amb els canvis del nivell

marí al llarg del Quaternari, complica la història morfogenètica de les cavitats.

La darrera transgressió del nivell marí provocà que bona part de les formes endocàrstiques resti actualment sota les aigües, inundant fragments de cavitats que havien evolucionat al llarg de les pulsacions fredes del Quaternari en condicions vadoses. Les cotes inferiors de les coves estudiades es troben a profunditats de fins a -30 metres respecte de l'actual nivell marí (Gràcia *et al.*, 2000). Els espeleotemes són extraordinàriament abundants en algunes zones de les cavitats no afectades per esfondraments "recents" o per l'acció de la corrosió que ha fet desaparèixer les formacions. Moltes zones formen autèntics boscos d'estalactites, estalagmites i

columnes. En molts casos aquestes formacions secundàries tanquen o subdivideixen les galeries, formant falses parets i creant espais encara més laberíntics. Els espeleotemes freàtics són un instrument molt valuós per determinar la posició dels antics nivells freàtics, i per tant de la mar, subministrant importants informacions paleoclimàtiques i cronològiques (Tuccimei *et al.*, 1998, 2000, 2006; Vesica *et al.*, 2000) que són aplicables a l'evolució geomorfològica de les cavitats i del litoral (Ginés, 2000) (Fig. 5). Al llarg del Pleistocè, les davallades glacioeustàtiques del nivell marí van incentivar els esfondraments de les voltes i parets de les coves, mentre que intenses fases de deposició d'espeleotemes varen contribuir



Fig. 5. Espeleotemes freàtics, indicadors d'antics nivells de la Mediterrània, al sostre de la cova des Drac de Cala Santanyí (Foto: A. Cirer. GNM).

Fig. 5. Preheatic speleothems, indicators of ancient sea level of the Mediterranean, at the roof of the cave des Drac de Cala Santanyí (Photo: A. Cirer. GNM).



Fig. 6. Cova del Pilar, a la marina de Manacor. El progressiu desmantellament de la cavitat genera una entrada de la mar terra endins (Foto: M. A. Perelló. GNM).

Fig. 6. Cova del Pilar, marina of Manacor. The gradual dismantling of the cavity generates an entry from the sea (Photo: MA Perelló. GNM).

després a emmascarar les característiques dels buits primigenis i dels materials generats pels esfondraments. Cal remarcar que la magnitud dels processos de col·lapse i reajustament mecànic de la massa rocosa condiciona en gran mesura l'aspecte d'una part important de les galeries i sales de les cavitats, al mateix temps que és responsable de la seva obertura a l'exterior per mitjà d'esfondraments en superfície, els anomenats abisaments a la comarca de Manacor i esfondrats a ses Salines (com. pers. Cosme Aguiló). També hi ha galeries poc afectades pels processos d'esfondraments i que mantenen un aspecte dominat per les morfologies de corrosió de les aigües.

Exemples d'interaccions entre cales i cavitats litorals

A la marina de Manacor, la cova Genovesa arriba a poc més d'un centenar de metres de la mar, al final de la platja de Cala Anguila. Aquesta presenta 140 m d'amplària de la gola, 250 m de recorregut longi-

tudinal (poligonal principal de l'eix de la cala o tirat) i 95 m d'amplària mitjana. La cavitat, cova de la zona de mescla costanera, presenta un recorregut de 2.415 m i una penetració de poc més de 500 metres terra endins, respecte de la platja. Malgrat tenir el grau de protecció atorgat per la Comunitat Europea de LIC (Lloc d'Interès Comunitari) i de BIC (Bé d'Interès Cultural) pel Consell de Mallorca, aigües residuals de blocs d'apartaments de la urbanització són abocades directament a la cavitat. Aquest és un bon exemple de la fragilitat i agressions que suposa la urbanització del litoral, que afecta no només a la superfície sinó també al subsòl. La contaminació de les aigües subterrànies que drenen de cap a la cala, contamina també a la mar.

La cova del Pilar, també al litoral de Manacor, és una cavitat de gran bellesa per la seva gran entrada i per la presència de grans columnes o pilars recobertes per aigües blaves, batudes per l'onatge els dies de mal temps, que són visibles des dels vaixells que recorren el litoral (Fig. 6). És un bon exemple de captura càrstico-marina amb grans espeleotemes que són arrabassats per l'erosió marina i suposa un cas de formació d'entrant de la mar terra endins a mesura que la cavitat va reculant. A l'actualitat l'entrant de la mar, fóra sostre de la cova, és d'aproximadament 40 metres, emperò la mar hi entra més a l'interior i podria arribar a endinsar-se gairebé 50 metres més. Segons el règim de precipitacions, a la mar es pot notar el dolç que prové del seu interior.

Més al sud es troba Cala Falcó, amb 300 metres d'amplària i 175 m de tirat. Presenta diverses captures càrstico-marines de notable importància com són la cova des Coloms de Cala Falcó i la cova de Cala Falcó, a més d'altres cavitats associades. La cova de Cala Falcó creiem que pot estar

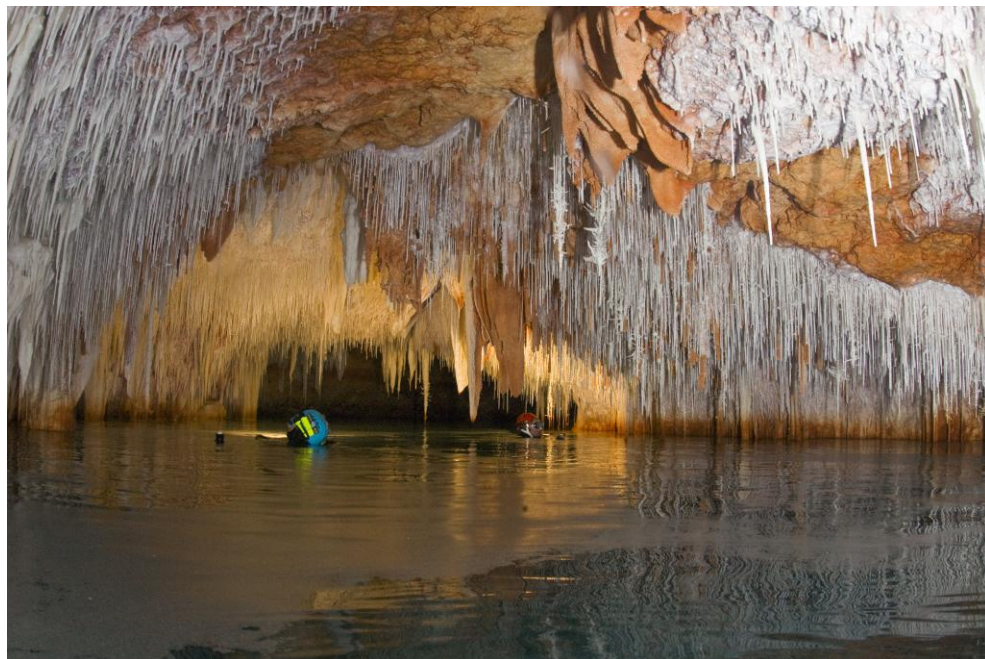


Fig. 7. El ric patrimoni natural que suposen les cavitats de la franja litoral requereix mesures de protecció. Sistema Pirata-Pont-Piqueta (Foto: A. Cirer. GNM).

Fig. 7. The rich natural heritage require protection measures for coastal caves. Pirata Pont-Piqueta system (Photo: A. Cirer. GNM).

relacionada amb l'important sistema Pirata-Pont-Piqueta, de 3.091 m de recorregut i que es troba a menys de 200 m de distància i s'endinsa 700 m terra endins (Fig. 7). Els esfondraments d'antigues galeries han separat la cova d'aquest sistema endocàrstic. Per altra banda, la captura de la cova des Coloms per la mar ha fet retrocedir de forma visible la línia de costa de penya-segats de cap a l'interior i ha deixat penjat a la vertical marina diverses capes de sediments llimosos quaternaris que es troben adossats a les parets de la gran entrada marina. A més dels bells llacs glacioeustàtics destaca per la presència d'arenas marines al terra d'una gran sala terrestre.

A molt poca distància i seguint de cap al sud, encara dins el terme de Manacor, es

localitza cala Varques. L'amplària de la gola de la cala és de 200 m, 320 m de tirat de la cala i 160 m d'amplària mitjana. Les cavitats litorals que es troben envoltant la cala i en connexió directa o bé a poca distància de la mar són: la cova de Cala Varques B, la cova de Cala Varques ACD o cova des Xuetes, la cova des Genet, la cova des Coloms de Cala Varques o cova des Coloms II, la cova Marina des Pont (Fig. 8) i alguna més trobada recentment i encara en fase d'estudi.

De totes les anomenades, la cova de Cala Varques B és la de major dimensions, 1068 m de recorregut i una fondària màxima per sota del nivell de la mar que supera els 30 m. La seva situació, al fons de la platja, suggereix el que pot arribar a passar evolutivament a la cavitat i a cala

Varques amb el temps per esfondrament del sostre de la cova.

A la marina de Felanitx, la cova Gran, gran cavitat d'abració marina, ha retrocedit més de 70 m respecte a la línia de costa i tot el seu sostre és susceptible d'enfonsar-se i formar un entrant de més de 120 m terra endins.

Cala sa Nau i cala Mitjana es troben situades entre Portocolom i cala Ferrera, encara que més prop d'aquesta darrera, i a devers 5 km del poble de s'Horta. Formen part de la marina de Felanitx, constituïda també per materials calcaris neògens, que en aquesta zona representa una franja de 4 km d'amplària. És una àrea on el litoral es troba molt estructurat formant multitud de cales i puntes. Cala sa Nau presenta una amplària de la gola de 100 m, amb un tirat de 500 m i una amplària mitjana de 55 m. La cavitat més destacable de la zona és la cova d'en Bassol, cavitat de la zona de mescla costanera, amb una direcció general NE-SW i 1.491 m de recorregut (Fig. 9). Es va trobar a la recerca d'aigua, ja que no posseeix cap entrada natural. Adquireix un elevat interès per la gran abundància i bellesa dels espeleotemes i pel volum de les



Fig. 8. La cova Marina des Pont és un bon exemple de captura càrstico-marina a on es fa evident la interacció entre les processos càrstics i la dinàmica litoral (Foto: M. Luque).

Fig. 8. *The cova Marina des Pont is a good example of sea captured cave where an obvious interaction exists between karst processes and coastal dynamics (Photo: M. Luque).*



Fig. 9. Cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). 1. Cova Submarina de Cala sa Nau. 2. Cova de ses Barraques. 3. Cova de Cala Mitjana. 4. Cova d'en Bassol.

Fig. 9. *Cala Sa Nau and Cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). 1. Submarine Cave at Cala Sa Nau. 2. Cave de ses Barraques. 3. Cave de Cala Mitjana. 4. Cave d'en Bassol.*

sales. El desmantellament progressiu de les cales i la penetració de la mar generaria importants modificacions a la cala. A la part SE de la cala, a on es troba un petit entrant marí, sembla que el penya-segat ha retrocedit i la cala ha penetrat terra endins degut a la reculada de la cova d'en Bassol. Actualment la sedimentació marina sembla que ha tancat la comunicació directa de la cavitat amb la mar a escala humana. Hi ha evidències de poliquets i alguns crustacis marins que poden entrar encara dins la cova.

Altres cavitats veïnes són la cova submarina de Cala sa Nau i la cova de ses Barraques. La primera es troba en un cap geogràfic i travessa la punta de banda a banda de no ésser per processos de sedimentació litoral que al llarg d'una regressió marina al Pleistocè taponà una de les entrades per eolianites.

Una part de la cova d'en Bassol va en direcció sud, de cap a Cala Mitjana, de la qual només dista 170 ms. La cala té 230 m de gola i 500 m de tirat, amb una amplària mitjana de 75 m. De la cala, a només 180 m es troba la cova de Cala Mitjana, de 340 m de recorregut, la qual es va trobar també gràcies a les recerques d'aigua, en fer un pou a l'antiga, de 13 m de fondària. L'aigua més superficial s'empra per regar una ampla extensió de terreny sembrat de gespa, prop de la mar, terreny que entre d'altres coses caracteritza actualment cala Mitjana. La situació respecte de la cova d'en Bassol sembla fer suposar que formarien part d'un mateix sistema i que un esfondrament, que no deixa cap pas penetrable, ha aïllat ambdues cavitats.

A cala Santanyí, localitzada al terme municipal amb el mateix nom, de 360 m de tirat, amb 260 m d'amplària de la bocana i 90 m d'amplària mitjana, la cova des Riu constitueix la surgència a la mar de la cova des Drac de Cala Santanyí, de la qual formaria part. Es localitza al NO, a l'interior d'un entrant de la cala, de 27 m d'amplària i 31 m de llargària, amb els 10 m darrers amb forma de balma i prossegueix de forma subaquàtica fins que l'acumulació d'arenes i de blocs tanquen la connexió amb la cavitat del darrera. Formaria part de la cova des Drac de Cala Santanyí, cavitat de 803 m de recorregut, amb una penetració en relació a la mar de 228 m en relació al fons de la cala (Fig. 10). Per mor d'un esfondrament i de la deposició de materials sedimentaris marins es degué tancar la comunicació amb la resta i l'esfondrament extern formà l'entrant marí. Aquest entrant es veu molt bé en fotografia aèria i no és gens menyspreable en l'evolució de la pròpia cala. S'ha de fer constar, a més a més, la gran quantitat de coves submarines que es troben a la bocana sud de la cala, a on formen un complex que consta de túnels



Fig. 10. La cova des Drac de Cala Santanyí i la cova des Riu, dolç que constitueix la comunicació de la cavitat amb la mar. S'aprecia com aquesta forma endocàrstica va reculant i modifica les característiques geogràfiques de la cala. Els entrants que es troben al costat oest són producte del desmantellament de cavitats submarines que foraden els penya-segats.

Fig. 10. The cave des Drac de Cala Santanyí and the cave des Riu, which represents the cave communication with the sea. This was seen as a receding endokarst that modifies the geographic characteristics of the cove. The entries that are on the west side are the product of the dismantling cave voids of the bottom of the cliffs.

amb abundants entrades i morfologies d'abrasió marines associades. Un desmantellament progressiu de la cova des Drac de Cala Santanyí o d'altres coves submarines per esfondrament afavoriria encara més l'entrada de la mar en aquests indrets i afectaria de gran manera l'evolució de la cala.

No només al llevant de Mallorca es veuen relacions genètiques entre cavitats i indentacions de la costa. Aguiló (2007) a la seva tesi doctoral de toponímia de Santanyí i ses Salines parla de la bassa des Dolç. Aquesta consisteix en una petita entrada terra endins, de més de 40 m de penetració, s'ha format per la reculada de la cavitat i constituiria un altre cas de captura càrstico-marina d'una cova de la zona de mescla litoral, en aquest cas dins materials més recents que no pas els del llevant mallorquí.

Les surgències submarines a les cales

Les surgències submarines, anomenades dolços a Mallorca, no són exclusives de les cales i ports, però si que es troben casos molt representatius associades a elles, sovint provinents de cavitats assequibles a l'home mitjançant tècniques d'espeleologia subaquàtica.

Cala Murta, al terme de Manacor, posseeix una gola de 100 m d'amplària, amb 225 m de recorregut longitudinal i 45 m d'amplària mitjana. L'aiguaneix sorgeix gairebé al fons de la cala, al costat nord i a pocs metres de fondària i procedeix d'una cavitat d'uns 100 m de recorregut lineal. En períodes de pluges intenses seguides de bonança a la mar, la surgència flueix amb un gran cabal. A més a més del drenatge de l'aigua dolça d'infiltració, la davallada del nivell marí en condicions d'altres pressions baromètriques, és un factor primordial per explicar la sortida de l'aigua, que adquireix gran espectacularitat i fins i tot produeix turbulències ben visibles des de les penyes. Per contra, la deposició de sediments marins pels temporals, especialment arenes, i els corrents marins d'entrada, poden arribar a rebllir el conducte subterrani. En

canviar les condicions atmosfèriques, el flux d'aigua de sortida arriba a ésser tan fort que buida novament d'arenes la galeria. Aquest aiguaneix sens dubte està relacionat amb les coves des Drac, del qual està separat per pocs metres de distància. Més al sud, la cova des Coloms de Cala Varques, relacionada genèticament amb la cova des Genet, de la qual està separada per un esfondrament, actua com a dolç de la cala.

Ja dins Portocolom, a la marina de Felanitx, es troba es Rivetó, nom aplicat a una raconada del port que recorda una cala interior. Aquest topònim sol estar associat a surgències submarines, com s'Esdolç o barraques d'Aigo Dolça, que es localitza dins es Rivetó (Aguiló, 1991). L'aiguaneix, que surt de dins un escar, constitueix l'entrada submarina a la cova des Coll, important formació endocàrstica de 7.090 metres de recorregut amb fort control estructural, a on la permeabilitat associada a la fracturació adquireix major rellevància, en presentar aquests materials una porositat bastant més baixa que els dipòsits escullosos d'altres indrets de la regió del Migjorn (Gràcia *et al.*, 1997; 2005) (Figs. 11 i 12). Els canvis baromètrics es tradueixen en corrents de sortida o d'entrada, a mode de vasos comunicants, per compensar la diferència de nivell de la mar i de les aigües subterrànies. D'aquesta manera, quan puja la mar, a causa de la comunicació directa que té amb la cova es produeix l'entrada de l'aigua. El fenomen contrari passa en davallar el nivell de la mar, quan l'aigua surt de la cavitat cercant l'equilibri hidrostàtic. Un cas extraordinari del qual es té constància va succeir en produir-se l'arribada dels efectes del terratrèmol d'Algèria el dia 4 de juny de 2003 a les 18:33 h. La retirada de l'aigua de la mar va deixar es Rivetó en eixut. Aquest fenomen va provocar corrents amb gran força que sorgien del Dolç i que fins i tot

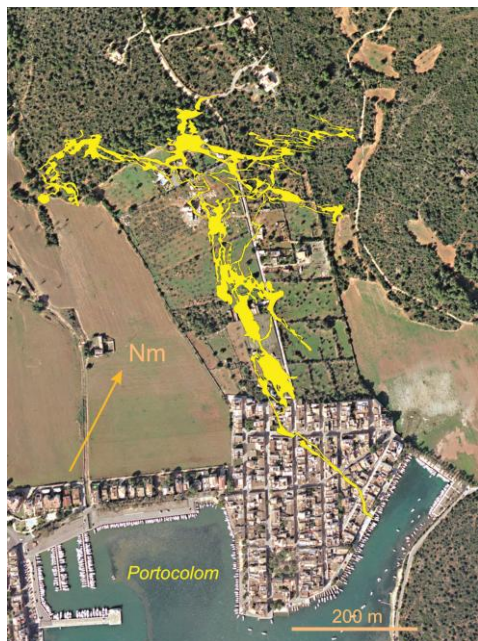


Fig. 11. Els dolços presents a moltes cales i ports de Mallorca constitueix un altre exemple d'interacció entre el carst i la mar. Cova des Coll a Portocolom (Felanitx).

Fig. 11. The outlet "dolços" are present in many bays and harbors of Mallorca is another example of interaction between karst and the sea. Cova des Coll in Portocolom (Felanitx).

arrabassaren els llaüts que es trobaven amarrats a les proximitats de l'escar.

A 2,5 km al sud es troba cala sa Nau, a on la toponímia recull un altre topònim de rivetó. L'aigua brolla sota l'arena del fons marí al costat sud de la platja, a poc més d'un metre de fondària.

Aquest dolç procedeix de la cova de ses Barraques, molt propera a la cova d'en Bassol i caracteritza la platja, ja que suposa un contrast tèrmic important. A l'estiu l'aigua que surt del sistema endocàrstic pot suposar una diferència tèrmica entre la mar i les aigües subterrànies d'entre 6 i 10°C.

També la cova des Riu a cala Santanyí presenta aquest topònim i constitueix l'aiguaneix provinent de la cova des Drac de Cala Santanyí.

En un paisatge litoral del tot diferent, sense penya-segats, com són les platges de la Colònia de Sant Jordi, es troba es Dolç, a ses Salines. Cedeix el seu nom a tota la platja, per la menor salinitat de l'aigua a la mar i per l'espectacular sensació tèrmica del contrast, molt marcat, entre l'aigua de la



Fig. 12. Barraques de s'Esdolç al Riuetó de Portocolom, lloc de connexió de la cova des Coll amb la mar. Es produeixen forts corrents de sortida o d'entrada, principalment en funció de les condicions baromètriques.

Fig. 12. Barraques de s'Esdolç of the Riuetó of Portocolom connecting point of the cave des Coll with the sea. Strong input-output currents occur depending on the barometric conditions.

mar i l'aigua subterrània que aflora a la bassa des Dolç.

Conclusions

Molts són els factors i processos que intervenen en la formació i evolució de les cales. La presència de cavitats càrstiques que són capturades per l'erosió marina i posteriorment desmantellades progressivament constitueix un factor més a tenir en compte. En alguns casos de petites cales, calons o entrades de poca entitat en la línia de costa pot haver estat determinant i gairebé un factor exclusiu. En altres casos de cales de majors dimensions i fins i tot ports, pot haver contribuït a la seva evolució de forma més o menys important.

Molts dels "dolços" provenen de cavitats càrstiques que drenen i interactuen hidrològicament amb la mar i que en certa manera constitueixen una prolongació de la mar terra endins.

Agraïments

A l'amic i company Mateu Febrer, que ens ha deixat enguany, però que sempre seguirà viu dins nosaltres.

A tots els companys del Grup Nord de Mallorca que han col·laborat amb les tasques d'exploració, topografia o estudi de les cavitats.

A Toni Cirer i Miquel Àngel Perelló del Grup Nord de Mallorca per la realització de les fotografies subaquàtiques. A Miquel Àngel Perelló del GNM i a Manolo Luque del GELL per les fotografies de les zones aèries de les cavitats.

Els estudis de les cavitats s'han pogut dur a terme al llarg d'aquests anys gràcies a que han estat parcialment finançats per l'Obra Social de SA NOSTRA dins els

Projectes de Conservació de la Biodiversitat.

El present article s'ha vist beneficiat per l'ajuda del projecte d'investigació CGL2010-18616 i pel finançament de la Comunitat Autònoma de les Illes Balears, Direcció General d'Universitats, Recerca, Transferència del coneixement de la Conselleria d'Educació, Cultura i Universitats i amb fons FEDER per al grup competitiu de la UIB BIOGEOMED.

Bibliografia

- Aguiló, C. 1991. *La toponímia de la costa de Felanitx*. Centre cultural de Felanitx 105 pàgs. Felanitx.
- Aguiló, C. 2007. *La Toponímia de Santanyí i ses Salines*. Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Inèdita.
- Back, W., Hanshaw, B. B. i Van Driel, J. N. 1984. Role of groundwater in shaping the eastern coastline of the Yucatán peninsula, Mexic. In: *Groundwater as a Geomorphic Agent*. La Fleur Allen & Unwin, 281-293. Boston.
- Bover, P. 2011. La paleontologia de vertebrats insulars de les Balears: la contribució de les excavacions recents. *Endins*, 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 299-316.
- Fornós, J.J. 2003. El karst y la evolución del litoral del Mifjorn de Menorca. In: Rosselló, V.M., Fornós, J.J., Gómez-Pujol, L. (eds.), *Introducción a la Geografía Física de Menorca*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 10: 101-110.
- Ginés, A. 2000. Patterns of collapse chambers in the endokarst of Mallorca (Balearic Islands, Spain). *Acta carsologica* 29/2. 9: 139-148. Ljubljana.
- Ginés, A. i Ginés, J. 1992. Les coves del Drac (Manacor, Mallorca). Apuntes històrics y espeleogenéticos. *Endins*, 17-18: 5-20.
- Ginés, A. i Ginés, J. 2002. Estado actual del conocimiento científico del karst y de las cuevas de las islas Balears. *Boletín SEDECK*, 3: 26-45.

- Ginés, J. 2000. El karst litoral en el levante de Mallorca: una aproximación al conocimiento de su morfogénesis y cronología. Tesis Doctoral. Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears. 595 pp + 29 làms. Inèdita.
- Ginés, J. i Ginés, A. 2011. Classificació morfogenètica de les cavitats càrstiques de les illes Balears. *Endins*, 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 85-102.
- Gràcia, F., Clamor, B., Aguiló, C. i Watkinson, P. 1998b. La cova des Drac de cala Santanyí (Santanyí, Mallorca). *Endins*, 22: 55-66.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gamundí, P. i Fornós, J. J. 2011. Cavitats subaquàtiques de la franja litoral de Mallorca. *Endins*, 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 103-132.
- Gràcia, F., Clamor, B., Jaume, D., Fornós, J.J., Uriz, M.J., Martín, D., Gil, J., Gràcia, P., Febrer, M. i Pons, G.X. 2005. La cova des Coll (Felanitx, Mallorca). Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna i conservació. *Endins*, 27: 141-186.
- Gràcia, F., Clamor, B. i Lavergne, J.J. 2000. Les coves de cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- Gràcia, F., Clamor, B., Fornós, J.J., Jaume, D. i Febrer, M. 2006a. El Sistema Pirata - Pont - Piqueter (Manacor, Mallorca): Geomorfologia, espeleogènesi, hidrologia, sedimentologia i fauna. *Endins*, 29: 25-64.
- Gràcia, F., Clamor, B., Gual, M. A., Watkinson, P. i Dot, M. A. 2003a. Les coves de cala Anguila (Manacor, Mallorca). I: Descripció de les cavitats i història de les exploracions. *Endins*, 25: 23-42.
- Gràcia, F., Clamor, B., Landreth, R., Vicens, D. i Watkinson, P. 2001. Evidències geomorfològiques dels canvis del nivell marí. In: Pons, G.X. i Guijarro, J.A. (eds.) *El canvi climàtic: passat, present i futur*. *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 9: 91-119.
- Gràcia, F., Clamor, B. i Watkinson, P. 1998a. La cova d'en Passol i altres cavitats litorals situades entre cala sa Nau i cala Mitjana (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 22: 5-18.
- Gràcia, F., Clamor, B., Watkinson, P., Dot, M.A. i Landreth, R. 2003c. La cova de les Llàgrimes (Alcúdia, Mallorca). *Endins*, 25: 131-140.
- Gràcia, F., Fornós, J. J., Gamundí, P., Clamor, B., Pocoví, J. i Perelló, M. A. 2009. Les descobertes subaquàtiques a la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). Història i descripció dels descobriments, hidrologia, espeleotemes, sediments, paleontologia i fauna. *Endins*, 33: 35-72.
- Gràcia, F., Jaume, D., Ramis, D., Fornós, J.J., Bover, P., Clamor, B., Gual, M.A. i Vadell, M. 2003b. Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). II: La Cova Genovesa o Cova d'en Bessó. Espeleogènesi, geomorfologia, hidrologia, sedimentologia, fauna, paleontologia, arqueologia i conservació. *Endins*, 25: 43-86.
- Gràcia, F. i Vicens, D. 1998. Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. In: Fornós, J.J. (ed.) *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. 307-329. Palma de Mallorca.
- Gràcia, F., Watkinson, P., Monserrat, T., Clarke, O. i Landreth, R. 1997. Les coves de la zona de ses Partions-Portocolom (Felanitx, Mallorca). *Endins*, 21: 5-36.
- Montoriol-Pous, J. 1971. Estudio de una captura kárstico-marina en la isla de Cabrera (Balears). *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- Myrloie, J. E. i Carew, J. L. 1988. Solution conduits as indicators of late Quaternary sea level position. *Quaternary Science Reviews*, 7: 55-64.
- Myrloie, J. E. i Carew, J. L. 2000. Speleogenesis in coastal and oceanic settings. In: Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N. i Dreybrodt, W. (Eds.) *Speleogenesis. Evolution of karst aquifers*. *National Speleological Society*. 226-233. Huntsville.
- Plummer, L. N. 1975. Mixing of sea water with calcium carbonate ground water. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 142: 219-236.
- Rosselló, V.M. 2005. Cala, una mesoforma litoral: concepte, models i aproximació morfomètrica. *Cuadernos de Geografía*, 77: 1-18.
- Rosselló, V. M., Fornós, J. J., Gelabert, B., Giménez, J., Ginés, J., Pardo, J. i Segura, F. 2002. El papel del karst en el macromodelado litoral: el ejemplo de las cales de las Islas Baleares. In: Carrasco, F.,

- Durán, J. J. i Andreo, B. (Eds.). *Karst and Environment*, 329-335.
- Trias, M. 1992. Noves dades sobre la cova des Coloms 1 (Manacor, Mallorca). *Endins*, 17/18: 21-23.
- Trias, M. i Mir, F. 1977. Les coves de la zona de Can Frasquet - cala Varques. *Endins*, 4: 21-42.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Ginés, A., Fornós, J.J. i Vesica, P. L. 1998. Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos controlados por el nivel marino, procedentes de cuevas costeras de Mallorca (España). *Endins*, 22: 99-107.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, C., Pazzelli, L., Taddeucci, A., Clamor, B., Fornós, J.J., Ginés, A. i Gràcia, F. 2000. Dataciones Th/U de espeleotemas freáticos recolectados a cotas inferiores al actual nivel marino en cuevas costeras de Mallorca (España. aportaciones a la construcción de una curva eustática detallada de los últimos 300 ka para el Mediterráneo Occidental. *Endins*, 23: 59-71.
- Tuccimei, P., Ginés, J., Delitala, C., Ginés, A., Gràcia, F., Fornós, J.J. i 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.
- Vesica, P. L., Tuccimei, P., Turi, B., Fornós, J.J., Ginés, A. i Ginés, J. 2000. Late pleistocene Paleoclimates and sea-level change in the Mediterranean as inferred from stable isotope and U-series studies of overgrowths on speleothems, Mallorca, Spain. *Quaternary Science Reviews*, 19: 865-879.