

VICENÇ M. ROSSELLÓ VERGER*

CALA, UNA MESOFORMA LITORAL: CONCEPTE, MODELS I APROXIMACIÓ MORFOMÈTRICA¹

A la memòria de l'amic Roland Paskoff

RESUM

Les cales són en majoria resultat de la invasió marina de valls fluvials, sovint reduïdes a la capçalera. N'hi ha de molt condicionades per la trama de fractures o línies de debilitat, però el caràcter més definitori prové del carst manifestat en canyons, dolines i col·lapses. Per tot això, les plataformes calcàries emergides, en són el lloc d'elecció. No cal parlar de cales si la ratio entre tirat i gola no supera el 2 o 5. Hom malda per afinar d'altres índexs morfomètrics.

MOTS CLAU: cala, carst litoral, illes Balears, Malta, Provença.

ABSTRACT

The calas are mainly the result of the marine drowning of the fluvial valleys, often only leaving their head. Some of the calas are very influenced either by the fracture pattern or minor lines, but the most definitory feature comes from the karst revealed on canyons, dolines and collapses. The emerged carbonatic platforms are then the election places to the calas formation. We should not call them calas if the ratio stretch-inlet is less than 2 or 5. Other more precise morphometric indexes, are being tested.

KEY WORDS: cala, littoral karst, Balearic Islands, Malta, Provence.

Els mariners mediterranis, com Ulisses a la seva Ítaca, treien i avaraven llurs barques a les cales, petites badies més llargues que no amples que els servien de recer. El mot *cala* com a 'vall d'erosió curta i submergida' entrà a la ciència geogràfica de la mà d'A. Penck (1894, II: 568), probablement per influència de l'arxiduc viatger Lluís-Salvador d'Àustria-Toscana (1869-91; *Die Balearen: V-2, "Die Küste der Insel"*), assidu

* Departament de Geografia. Universitat de València. vicent.rossello@uv.es

Data de recepció: maig 2006. Data d'acceptació: juny 2006.

¹ Aquest treball forma part del projecte BTE 2002-04552-C03-03, "El modelado kárstico y la evolución morfológica y sedimentaria del litoral en Las Baleares, Valencia y Cerdeña, como resultado de las oscilaciones del nivel marino" (Ministerio de Ciencia y Tecnología). L'autor agraeix al prof. J. Nicod l'assessorament bibliogràfic sobre la costa provençal.

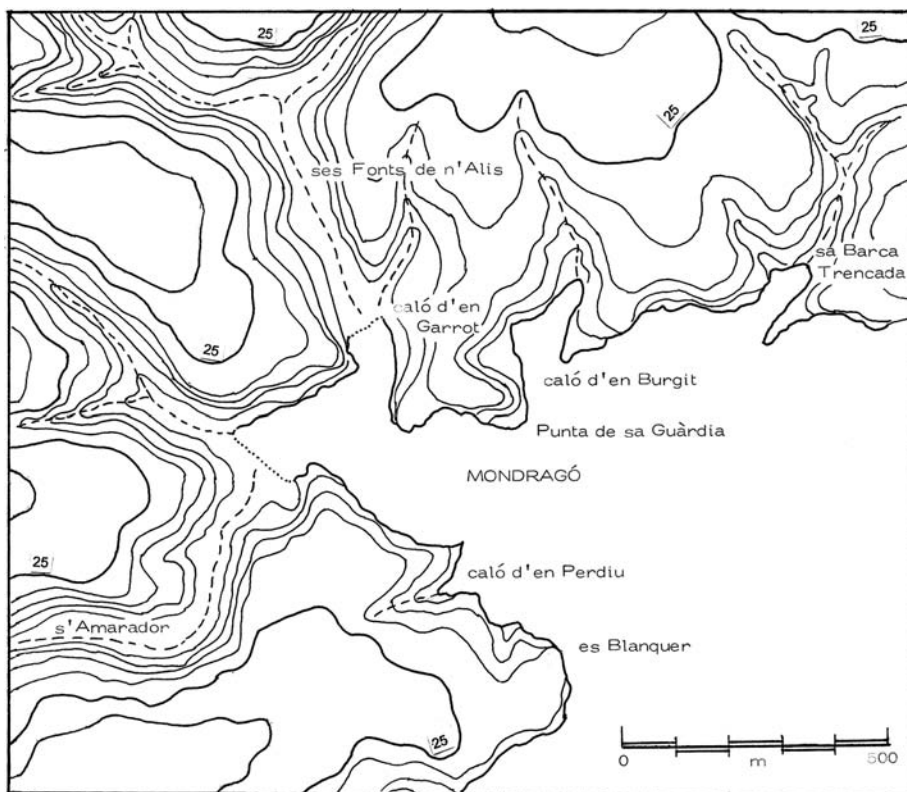


Figura 1a. Cala Mondragó (Mallorca). Mapa detallat amb isohipses de 5 m d'equidistància.

navegant de la costa mallorquina. Cala, tanmateix, ha tingut després menys fortuna que la paraula assumida pel francès, *calanque* (occità *calanco*) que Trenhaile (1987: 264) definia com a “penetració litoral que pot tenir característiques de congost”. Cal dir, de tota manera, que a la mateixa costa provençal, també hi ha *calo*; *calanque* en seria una mena d'augmentatiu.

El sentit de *cala* ‘entrada de mar’ correspon al català, occità, sard, castellà, portuguès, italià i maltès (*qala*), amb un origen preindoeuropeu; l'arrel *kal-* ha donat *calanchi* (‘gullies’) a les marges de la Toscana i dels Apennins i *calanque* (‘taffoni’) al rocam granític de Còrsega. Tots els altres significats són marins i les primeres cites documentals catalanes es remunten al segle XII, les occitanes al XIII, les castellanes i portugueses al XV. L'àrab *sharm/sherm* (plural *sharum/shurum*), propi de les vores de la mar Roja (SCHMIDT, 1923), coincideix en significat amb el mot *cala*.

La bibliografia francesa (BLANCHARD, 1911; NICOD, 1951 i 1972; CHARDONNET, 1948 i 1950), referida sobretot a la costa provençal, ha preferit el vocable *calanque*, mentre que els autors alemanys (LOUIS, 1968; GALAS, 1969; ELLENBERG, 1983; KELLETAT, 1989) vacil·len entre *calanque* i *cala*; és general, però, l'aproximació conceptual al terme *ria* que maldarem per aclarir.



Figura 1b. Cala Mondragó (Mallorca). Fotografia aèria vertical de 1980 on s'endevina el rerefons estructural.

La concreció fisiogràfica del concepte de cala podria identificar-se amb el mot compost *Talbuchten* 'badia-vall', és a dir, vall acabada en badia, que solen usar els autors alemanys. Aquestes valls marines, de vores relativament empinades, poden penetrar més d'un quilòmetre (Port-Miou, exemple clàssic, 1.380 m), però solen entrar menys que les rias. El matís morfogenètic s'introdueix quan hom parla d'inundació per la puja del nivell marí, però recordant que un nivell regressional n'explica l'encaixament i que les isobates de -10, -20 m acusin la forma de la vall sotaiguada. Una altra qüestió és el desigual reblliment que a la costa provençal s'ha atribuït a clima fred, cosa que difícilment podem admetre a les Balears o Malta.

Blanchard (1911) qualificava les *calanques* com a cursos inferiors, negats, de petites valls seques, ordinàriament calcàries. Insistia, a banda de la no funcionalitat dels rius, en el caràcter empinat dels cursos i en l'absència de mareas. Nicod (1951), tot invocant Chardonnet (1948, 1950), posava per davant l'essencial "submersió", però distingia entre "*calanques-rias*" (cales-estuari de Valentin), que serien les genuïnes, i les "*calanques-criques*" que es reduïrien a incisions erosives de penetració decamètrica. Louis (1968) identifica *cala* i *calanque* i atorga a la geofорма una categoria inferior a la ria.

INVASIÓ MARINA²

És ver que l'eustatisme, per ell mateix, no justifica la formació de cales, però sí que hi contribueix eficaçment –indispensablement?– a partir d'altres esdeveniments i accidents com l'epirogènia (*uplift*). Qualsevol baixada relativa del nivell marí afavoreix la incisió de les valls/goles fluvials i qualsevol pujada, llur invasió i rebliment. L'amplitud o freqüència de les oscil·lacions marines són més conegudes a partir de mitjan quaternari, més concretament des dels estadis isotòpics 11 i 9 de Shackleton-Opdyke (1973). A l'interglaciari Eem –o sia Riss-Würm, estadi isotòpic 5– corresponen els nivells alts més ben estudiats, mentre que la baixada més eficaç va ser la regressió würmiana (estadi isotòpic (4) (2)), almenys fins als –80 m respecte al nivell actual. La transgressió flandriana, la podem considerar vigent, malgrat algunes fluctuacions. Vent i onatge més o menys perpendicular al traçat general de la costa poden haver contribuït a l'obstrucció i rebliment de les cales.

Per ara sabem poca cosa dels testimonis erosius o submergits; la precisió de la informació batimètrica no permet més que suggerir cursos fluvials entre –150 i 0 m, com han fet Collina-Girard (1995) a la Provença, Pedley (2002) a Malta i nosaltres a (cala Mondragó i cala Santanyí) Mallorca. Per altra banda són ben escasses –però no absents– les terrasses marines tirrenianes (CUERDA, 1975, 1981, 1987; BUTZER, 1962, 1973) atribuïdes a l'estadi isotòpic 5 i, una mica més freqüents (cala Murada, p.e.) les flandrianes, ja holocèniques, en posicions arrecerades. Galas (1969), a la costa provençal, fa notar que manquen les terrasses altes interglaciàries i que la pujada actual del nivell de la mar tendeix a uniformar els diversos orígens de les cales. A l'arxipèlag maltès, Paskoff i Sanlaville (1978) atribuïen a subsidència la manca de terrasses quaternàries i, fins i tot, a un basculament de l'illa gran vers el NE que, al mateix temps, justificaria una major penetració de cales com Salina Bay, gairebé reblida, Valletta i Marsascalea. Un efecte de l'aixecament dissimètric del horst, part del *rifting* que va afectar la plataforma sículotunisianca (PEDLEY & CLARKE, 2002).

En general la disposició de les vores de les cales i el pendent del fons del barranc, tant a Gozo (ELLENBERG, 1983) com a Mallorca (BUTZER, 1962) i Menorca (FORNÓS *et al.*, 1998) demostren que els canals foren elaborats o reacomodats amb un nivell més baix de la mar; la invasió marina produïda pel moviment transgressiu pogué ser coadjuvada pel basculament tectònic al cas maltès i gozità. Galas (1969) dedueix que les cales provençals existien almenys des de l'últim interglaciari ençà. I com a idea general en països càrstics, no cal oblidar que l'alternança submersió-emersió afecta no solament els processos subaeris, sinó també els subterranis. L'existència d'un engolidor a –147 m, aigües amunt de la gola de Port-Miou (COLLINA-GIRARD, 1995) ho confirma. Més encara, la cova Cosquer, amb una entrada a –36 m, conserva pintures rupestres paleolítiques de 27.000 BP.

Resumint (NICOD, 1951), el factor eustàtic primordial és la baixada marina, probablement ajudat per una precipitació incrementada que es tradueix en incisió fluvial i buidatge càrstic. La transgressió holocènica, en canvi, fins als +2 o 3 m, contribueix a la formació de cales que ocupen goles "fluvials", esclatxes tectòniques o forats càrstics i, eventualment, al seu rebliment sedimentari. La marea, en cap dels casos estudiats, hi té gens de paper.

Una indentació múltiple com la de cala Mondragó (fig. 1) ens pot servir de referència modèlica (ROSSELLÓ, 2006); la mar ha penetrat per una sèrie de barrancs radials el col·lec-

² El terme alemany *Ingressionsbuchten* denota amb exactesa la submersió o invasió marina, jugant amb l'ètim *ingressió*, *transgressió*, *regressió*.

tor dels quals –que segueix mar endins– devia tenir un nivell de base a –15 o –20 m. La de Mondragó és una cala que reuneix tots els trets principals de litologia, tectònica, fluvialisme i submersió, que permeten assignar-li un paper canònic.

EL FACTOR O COMPONENT FLUVIAL

Els autors francesos no són gaire d'acord en manejar l'expressió *calanque-ria* que "hauria" de correspondre a un previ traçat i encaixament fluvial (PASKOFF et SANLAVILLE, 1978), mentre que en altres ocasions s'emfatitza que la cala no té prolongació fluvial (NICOD, 1972), com als tres exemples cèlebres provençals de Port-Miou, Port-Pin i En-Vau, presentats com a "canyons submergits". És clar que la connexió fluvial en sistemes subàrids i eixuts és mala de precisar. Els *drowned valleys* equiparats a *calanques* (MAGRI, 2004) de Marsamxett i de Marsaxlokk, *multidigités* (PASKOFF et SANLAVILLE, 1978) a Malta tenen una mòdica continuació "fluvial", però cal recordar que la xarxa relicta de l'illa és d'una indefinició molt notable (PARK, 1977), per culpa del seu modelat càrstic i les conques estan molt minvades pel retrocés dels espadats litorals. En canvi, Grand Harbour dóna sortida a la conca més gran de Malta (PARK, 1977) i les *qalas* de Ghaudesh o Gozo (ELLENBERG, 1983) són desembocadures característiques, com Wied Sabbar o Xendli Bay. Comencen recollint les pluges a la plataforma en lleres gairebé imperceptibles que després s'encarilen en barrancs i arriben a la mar, amb sediments o sense. La vall de Ramla (atenció al topònim), reblida, justifica una de les escasses platges de l'illa. Les cales estretes de Gozo, més arrecerades, s'han encaixat en penya-segats de Lower Coralline Limestone (chattia) amb una petita acumulació de còdols o arena; encara que són autèntiques desembocadures, la dinàmica fluvial ara hi té poc paper. Schmidt (1923), al tractar dels *sherum* de la mar Roja, en parlava com a d'"antigues valls fluvials".

Als casos baleàrics es tracta de rambles o cursos efímers³ –*arroyos* en "americà"– que solen arrencar de la plataforma carbonàtica o de la zona plegada immediata i s'encaixen més o menys, sobretot a l'acabatall. Els gradients dels fons de les cales, a deduir de les isòbates, són baixos i semblants als dels torrents, entre 0,5 i 4 %. El caràcter gairebé relicte dels corrents ha permès la conservació de les cales al seu estat actual i un major protagonisme de la sedimentació marina (BUTZER, 1962; FORNÓS *et al.*, 1998). No manquen algunes cales gairebé desprovistes de prolongació fluvial.

En definitiva, cal reconèixer el modelat fluvial, però sense arribar mai a una consideració d'estuari, tenint en compte la petitesa de les conques, l'exigüitat de la precipitació –medi subàrid– i un desenvolupament escàs o una "fossilització" de les xarxes. Mantes cales vénen a ser les capçaleres –ramificades, sovint– d'un sistema fluvial en bona part submergit. L'acció antròpica dels últims mil·lennis n'ha condicionat la sedimentació.

La d'en Porter és una "cala alta" menorquina, lligada a un curs fluvial de relativa categoria, 7 km² de conca, determinat per la tectònica de fractura. El barranc s'emboteix a la plataforma de +50 m i el control càrstic no l'afecta gaire. La cala estricta –anomenada també *Malport*– entra ara 420 m, però, si el nivell marí pujàs 1 m, arribaria a penetrar 2.180 m, cosa que s'esdevindria al període flandrià (fig. 2). A cala Manacor, Santandria o Macarella podríem fer consideracions semblants.

³ La densitat de cursos mesurada a l'àrea de Xorrigo/Pontiró (al vorell de la plataforma miocènica, ROSSELLÓ, 1985) és de 0,945, encara més baixa que l'obtinguda a l'illa calcària de Malta, 1,88 (PARK, 1977). Aquest autor atribueix a la xarxa un origen pliocènic o anterior, amb un encaixament palès durant el Würm.

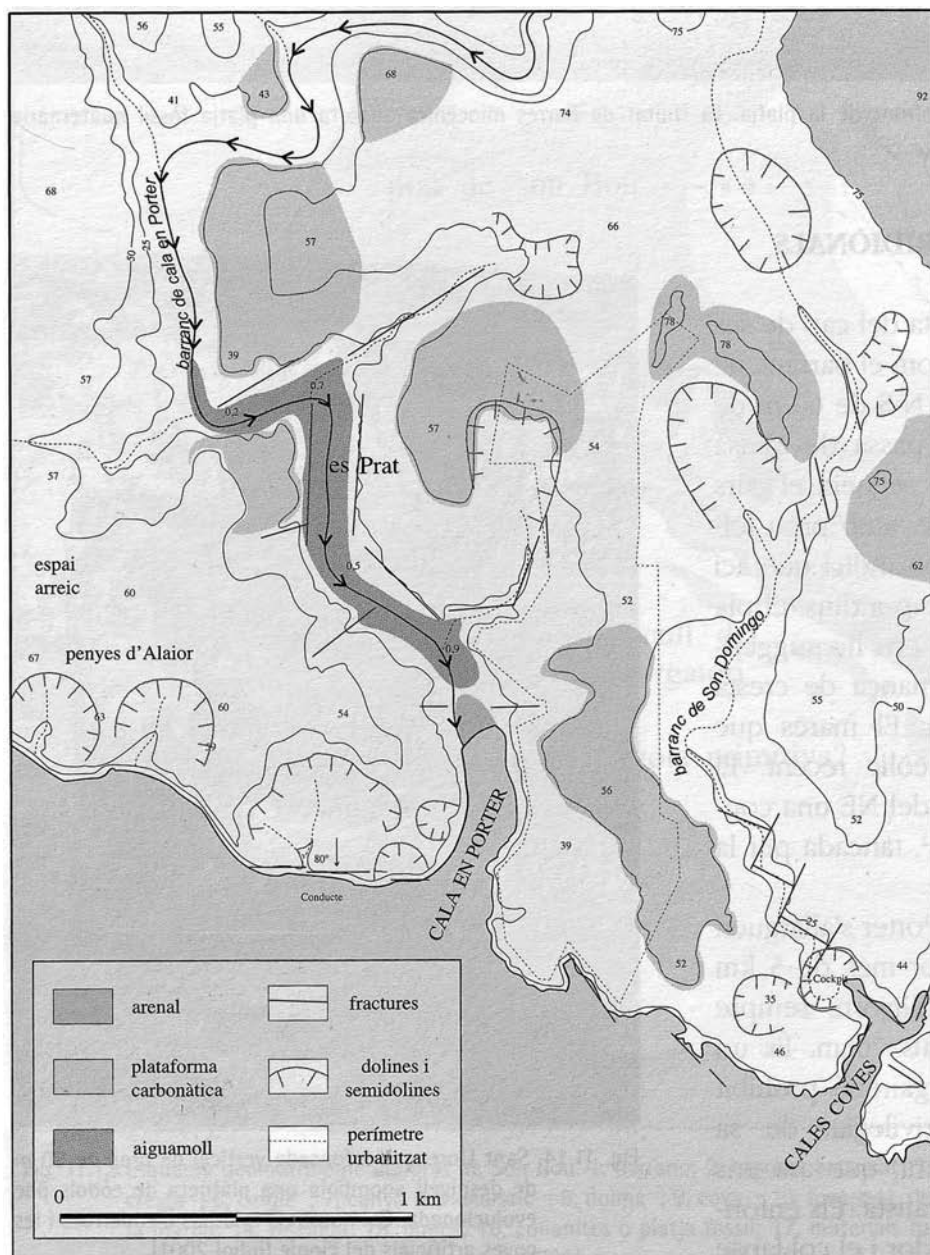


Figura 2. Cala en Porter i cales Coves (Menorca). Croquis geomorfològic de les cales i dels barrancs respectius, marcats per les fractures i les formes càrstiques. El barranc de Cala en Porter, per la seua poca rostrària, ha hagut de ser canalitzat as Prat.

TECTÒNICA

Sense descartar radicalment el component fluvial, hi ha cales que tenen una fonamental motivació tectònica. Ja fa temps (BERARD, 1927) hom va notar a les cales provençals una orientació paral·lela dominant (NW-SE) i una escassa correspondència entre la llargària dels cursos terrestres i el tirat o l'amplària de les valls inundades; per això l'autor en minimitzava el factor fluvial i atribuïa un paper predominant a les fractures. Nicod (1972) assigna un origen estructural a les calanques provençals de Sormiou, Morgiou i a la de Bakar, en ple país del Karst, a l'E de Rijeka. Precisant més, la de Morgiou respon a una direcció estructural N 135° (COLLINA-GIRARD, 1995).

Quan Illies (1981) parla de formació de graben entre Malta i Gozo, conseqüents a la tectònica de plaques, ve a justificar la complicada línia litoral que enfronta Comino i Gozo, on Ellenberg (1983) situa cinc exemples de petites cales tectòniques –p.e. Ta' Bu Għass, d'escassos 100 m de penetració, prop de la punta de Ras il-Qala. S'obrin al penya-segat i no tenen vall que les continuï terra endins; les parets de les referides caletes són superfícies de fractura de distensió i es relacionen amb un pla de corriment paral·lel a la costa i cisallaments. Wied il-Għasri i IlBajja tax Xlendi, als que Paskoff i Sanlaville (1978) assignen categoria tectònica, tenen una conca i un canal suficient per a deixar-los en la categoria anterior. La que sí podria entrar-hi seria Wied Iz-Zurieq, del migjorn de Malta.

La tectònica distensiva té part en la disposició de determinades cales “estructurals” baleàriques o en l'orientació preferent que adopten moltes de les cales baixes (ROSSELLÓ, 1995). Aquestes acusen en gran mesura, com els tàlvegs originaris, la disposició entravessada de línies de debilitat, motiu pel qual es mostren molt ramificades (p.e. cala Llombards, Mondragó, Portopetre, cala Llonga). Tant al litoral alt menorquí (cales Coves, p.e.) com al mitjà (cala En Forcat, p.e.) la influència dominant de les fractures curtes és palesa (ROSSELLÓ, 2004).

Calapí, prototipus de “cala alta”, que amb prou feines connecta amb una xarxa hidrogràfica relict a –per no dir inexistent–, té un traçat marcat per dues direccions de fractures o línies de debilitat (fig. 3) que fan entre si un angle de 130°. Era un port ben conegut el segle XIV com reconeixen les cartes de navegar de l'època; el nivell probablement més alt justificava una penetració doble de l'actual que és de prop 500 m. L'influx tectònic pot comprovar-se igualment a les cales orientals menorquines des Rafalet i Sant Esteve.

ELS PROCESSOS CÀRSTICS

Totes les referències que han sortit fins ara a cales *stricto sensu* es troben en àmbits caracteritzats pel rocam calcari. Més encara, la immensa majoria corresponen a una litologia de calcàries sedimentàries marines dipositades en plataformes somes durant el miocè. Al cas baleàric (Mallorca S i SE, Menorca S i Formentera) es tracta de calcoarenites bioclàstiques tortonianes-messinianes que en algun moment unificaren l'arxipèlag, com s'esdevingué al de Malta on una cresta submarina connecta amb la costa siciliana de Ragusa que mostra materials semblants, recordant el pont continental per on arribaren a les illes els mamífers quaternaris. Malta i Gozo tenen el *Lower Coraline Limestone* (zongor en maltès) basal i que aflora al peu de molts penya-segats i cales; el *Globigerina Limestone*

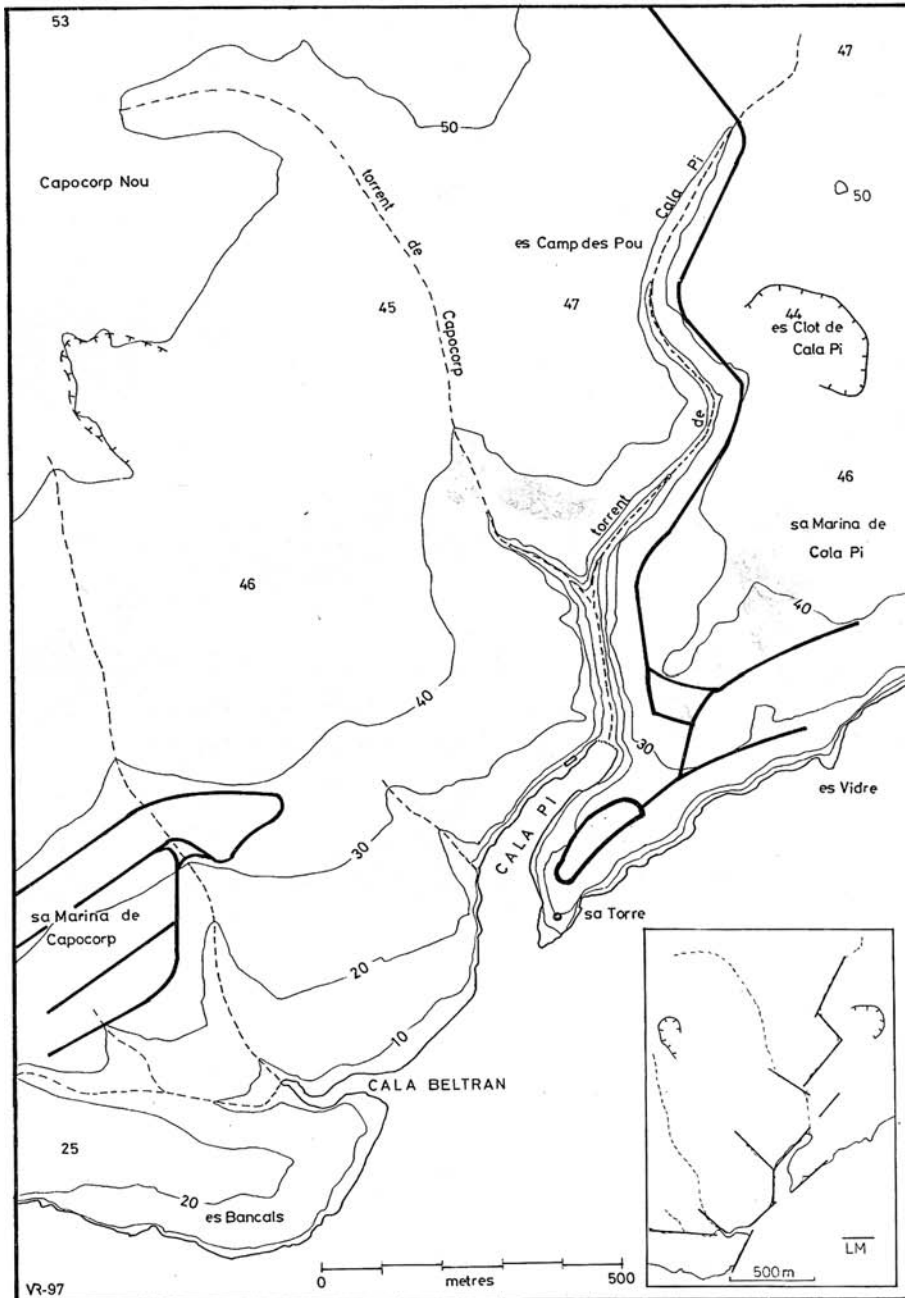


Figura 3. Calapí (Mallorca). Croquis dels torrents de Calapí i de Capocorb. Detall de les línies de fractura o menor resistència (LM, quarteró).

(*franka*, 200 m de potència màxima d'un pedreny molt emprat per a la construcció), més margós, i l'*Upper Coraline Limestone* (*tal-qawwi*, tortonià, 160 m) que cobreix la plataforma fracturada (MAGRI, 2004). El material de la costa provençal pertany al cretaci inferior (urgoptià) i és un calcari molt pur i compacte. La condició de plataformes, és a dir, l'estratificació horitzontal o subhoritzontal (rampes) i l'absència de plegament intens –no així de fractures– sembla connatural amb el modelat de les cales.

Altrament, cal tenir en compte l'ecotò litoral i en especial la confrontació de l'aigua salada infiltrada amb la pressió hidrostàtica dels freàtics dolços interiors. Aquesta interfàcies (GINÉS, 1995) és particularment propícia als processos dissolvents i buidadors i, conseqüentment, a enfonsaments relacionables amb la invasió marina subaèria, és a dir, amb les cales. Convé també tenir present que els canvis eustàtics del nivell marí accentuen i amplien els esmentats fenòmens endocàrstics.

Chardonnet (1948 i 1950) ja relacionava amb les calcàries –urgonianes al cas del litoral entre Croisette i Cassis– el fenomen de les *calanques* “amb independència dels canvis del nivell de la mar”; això vol dir que el simple enfonsament o la dissolució sola, al seu parer, les justificava. Mensching (1965) es referia a un *Brandungskarst* (carst d'onatge) a Santander-Llanes, que havia provocat les formes embrionàries de dissolució, transformades després per l'acció marina i la variació del nivell. Nicod (1972) justificava les *criques* diverses, per fracturació, erosió diferencial i col·lapse, referint-se a la Triperie, al litoral provençal de c. Morgiou. La qüestió de si hi ha cales exclusivament o predominantment càrstiques, hom la podria respondre afirmativament per a les segones.

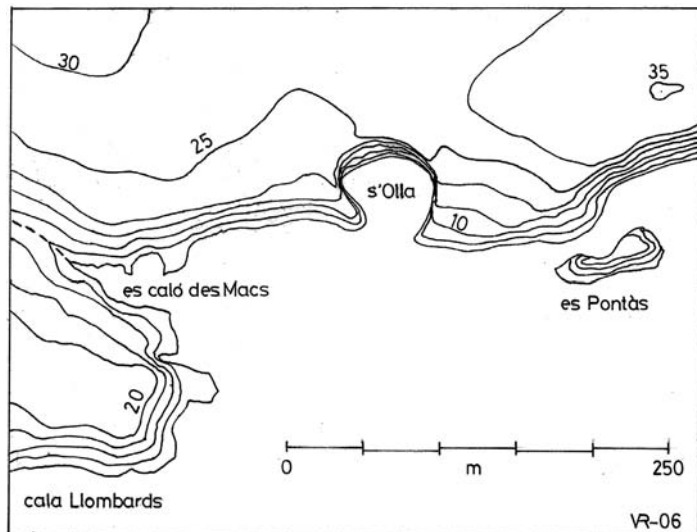
Ningú no pot ignorar l'assídua presència de canyons a les àrees tabulars calcàries, fenomen que ens suggereix sovint un clima més humit que l'actual i/o un encaixament produït per les etapes regressives de la mar. Si no fóra per l'*encanyonament* seria difícil justificar Calapí (Mallorca), encara que la considerem tectònica. Cala en Porter (Menorca) resulta d'un vertader canyó, com Marsaskala a Malta o Mgarr ix-Ximi a Gozo. Ara, en aquests casos, per molt que remarquem l'aspecte càrstic, no podem excloure'n el component fluvial.

Galas (1969) parlava de “cales-dolina” a la costa provençal, posant com a exemple En-Vau. Ellenberg (1983) hi assimila les autèntiques *qalas* de Gozo, descrites abans per Illies (1981) com a “dolines-pou” i *collapse features*. A Menorca (ROSELLÓ *et al.*, 2002; ROSELLÓ, 2004) cala Galdana i cala Trebalúger responen a l'ocupació marina d'una o diverses dolines ara enllaçades per un curs fluvial més o menys funcional.

La designació *col·lapse*, la reservariem per a fenòmens tal volta menys desenvolupats, però la diferència genètica és mínima. Guilcher i Paskoff (1975) s'hi refereixen per a l'enfonsament circular interior de Qwara i per al d'Il-Bajja tad-Dwejra, ambdós a Gozo i per al d'Il-Ħofra ž-Zghira (d'uns 300 m de diàmetre) a Malta. Nosaltes hi afegiríem Il-Ħofra il-Kbira, immediat a l'anterior, i una mica més gran. Aquests fenòmens s'han congriat dins la calcària margosa (*Globigerina Limestone*). Posteriorment Paskoff (1985) reprèn la forma al·ludida amb el nom de *semi-circular coves and sinkholes*, tot assignant-li diàmetres de 300 o 400 m. Fornós (1999) ha tractat els col·lapses intraformacionals miocènics a la plataforma carbonàtica sudmallorquina.

A la costa mallorquina de penya-segat mitjà sovintegen els enfonsaments semicirculars o encara més tancats, anomenats *olles* (sg. *olla*). Podem proposar-ne, com a tipus modèlics, s'Olla immediata a l'oest des Pontàs (Santanyí), perfectament circular i de 60 m de diàmetre i s'Olla des Bastons (diàmetre 55 m) al tram proper del cap de ses Salines (FORNÓS *et al.*, 2006). En dimensions més grans, caldria referir-se a sa Bassa Nova –més

Figura 4. S'olla des Pontàs (Mallorca). La característica forma d'enfonsament o col·lapse afecta la calcària tortoniana de la plataforma de +30 m. Es Pontàs també té un component càrstic.



aviat una dolina de 450 m de diàmetre— que forma part de Portocolom. Cala Galdana de Menorca ve a ser un *cockpit* de 40 m de salt i 380 m de diàmetre, cala Trebalúger amb 200 m de diàmetre s'apropa al mateix esquema, mentre que la cala de Sant Llorenç (FORNÓS, 2004), també a Menorca, mostra un procés inacabat, amb un radi de 150 m i 50 m d'enfonsament. Olles i olletes al litoral sudmenorquí abunden; destaquem-ne na Mala, 100 m de diàmetre i 50 de caiguda o la terminació ponentina de cales Coves.

Caldria afegir, per acabar, l'enfonsament de grutes, insinuat per Nicod (1972) com a origen de cales, fet fàcilment comprovable a escala decamètrica. A Mallorca Gràcia *et al.*, (2003 i 2005) han explorat nombroses galeries subaquàtiques el curs de les quals coincideix amb diverses cales desenvolupades a un nivell superior. A la costa provençal Gilli *et al.* (2004) han estudiat la paleohidrologia i les surgències dolces sotaiguades.

ASSAIG DE MORFOMETRIA

El concepte de tancament o confinament aplicat als estuaris o les badies és difícil d'establir amb exactesa, tant si hom treballa amb criteris de biòleg (ecòleg), com d'oceanògraf o geomorfòleg. La renovació de l'aigua o l'ecotò entre la marina (salada) i la continental (dolça) hi interfereixen. Fa temps (ROSSELLÓ, 1995) assajarem d'aplicar el simplista índex L/E de Healy-Harada (1991), on L és la penetració perpendicular i E l'amplària de la gola, a una quarantena de cales mallorquines, sense gaire èxit. Per això en vaig idear un altre més matisat que substitueix L pel tirat o tracte (T) i E per l'amplària mitjana de la cala (C), sense menystenir la de la gola (E). Portat el mateix sistema de paràmetres a les cales menorquines (ROSSELLÓ *et al.*, 1997), ens trobàrem que els grans reblliments de determinades desembocadures "falsejaven" els índexs i debilitaven l'argumentació (Taula 1).

Després dels grans ports maltesos, la cala de boca més ampla és Portopetre (400 m), seguida per cala Galdana, cala Falcó i cala Trebalúger; a gairebé totes aquestes podríem

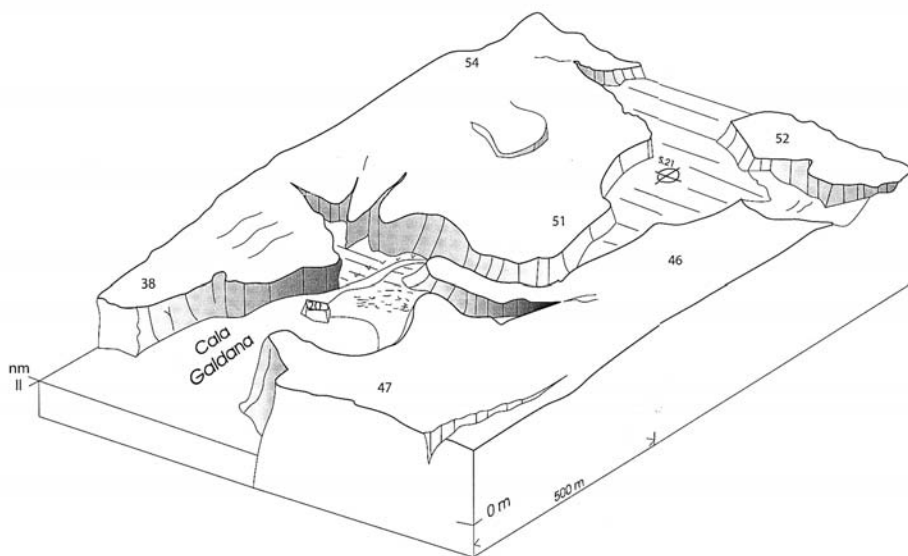


Figura 5. Cala Galdana (Menorca). Formes fluvials còncaves visibles al bloc diagrama. Els enfonsaments càrstics es combinen amb fractures, sobretot a la costa oberta. El riu que aboca a la cala és permanent.

invocar enfonsaments o negaments de *cockpits* càrstics. De les 39 ressenyades a la costa de Llevant de Mallorca i al Migjorn de Menorca, només la de Sant Esteve i cala Llobards, Cala Murta, es Canotells i Binissafúller tenen una gola de 100 m o menys. Cal reconèixer que hem refusat de comptabilitzar-ne moltes de petites. Les amplàries mitjanes (C) tenen com a extrems –llevat de Sharm Abhur, Marsacala i Grand Harbour– cala Galdana (250 m), Macarella (185) i cala Gran (180 m, més que la gola), per factors diversos; mentre que n’hi ha qualcuna com es Degollador, cala Antena o cala Murta, que no arriben als 50 m, pel seu condicionament fractural. El traçat o tirat (T) més llarg, el donen Sharm Abhur (11.500 m), Grand Harbour (3.940 m), Marsamxet (2.660), cala Manacor (1.800 m), seguits per Portopetre (1.150) i Calallonga (1.070, que fa honor al nom). Cal dir que, si fèiem pujar 1 m el nivell de la mar (cosa que s’esdevingué fa 6.000 anys i potser en fa 600), les penetracions serien considerablement incrementades. Tanmateix, tenen més interès les relacions T/E i T/C.

La *ratio* tirat/amplària de la boca –ultra l’extrem de Sharm Abhur– dona un màxim de 9,21 a Grand Harbour, 8,67 a cala Sant Esteve, gairebé igual al de cala Manacor (8,57): en ambdós casos el torrent “meandritzta” i prossegueix terra endins. En aquest paràmetre vénen al darrere Marsamxet (7,91), Calallonga (6,29), Port-Miou (6,27) i Ciutadella (5,95), amb barrancs estructurals ben definits. Superior a l’índex 4 hi ha sa Nau, es Degollador, Santandria i es Canotells. A l’extrem contrari figuren cales sense torrent o que tenen un factor predominant no fluvial, com cala Galdana i Trebalúger (1,72 i 1,03), obertes per enfonsament. En altres casos, el coeficient inferior a 1 ens ha servit per a descartar-les com a cales.

Taula 1.

	Cala	E	T	C	T/E	T/C	Característiques	
MALLORCA	Manacor	210	1.800	100	8,57	18,0	meandritzant	
	Murta	100	225	45	2,25	5,0	carst	
	Mendia	110	150	80	1,36	1,9		
	Anguila	140	250	95	1,79	2,6		
	s'Estany d'en Mas	200	350	125	1,75	2,8	barranc meandritzant	
	Falcó	300	175		0,58			
	Varques	200	320	160	1,60	2,0		
	Magraner	250	450	95	1,80	4,7		
	Virgília	210	460	65	2,19	7,1		
	Bóta	180	230	80	1,28	2,9		
	Antena	150	300	50	2,00	6,0	barranc molt marcat	
	es Domingos	210	225		1,07		doble barranc	
	Murada	105	110		1,05		estany	
	sa Nau	100	500	55	5,00	9,1	meandritzant	
	Mitjana	230	500	75	2,17	6,7		
	Gran	160	470	180	2,94	2,6		
	d'Or (ses Dones)	130	310	70	2,38	4,4		
	Llonga	170	1.070	140	6,29	7,6		
	ses Egos	160	380	60	2,37	6,3	meandritzant	
	Portopetre	400	1.150		2,87		menadritzant	
	Mondragó	250	500	160	2,00	3,1	meandritzant i estany	
	Figuera	250	800	90	3,20	8,9	meandritzant	
	Santanyi	250	360	90	1,44	4,0	barranc ramificat	
	Llombards	80	250	55	3,12	4,5	estany?	
	s'Almonia	150	150		1,00		barranc i col·lapses	
	MENORCA	Ciutadella	210	1.250	80	5,95	15,6	barranc estructural, col·lapses laterals
		des Degollador	110	500	40	4,55	12,5	
		Santandria	120	550	85	4,58	6,5	barranc de fons pla i dos afluents
Blanca		140	350	80	2,50	4,4	barranc i gran dolina	
en Turqueta		180	370	140	2,06	2,6	estructura-eix	
Macarella		240	320	185	1,33	1,7	dolines enfonsades i barranc	
Galdana		360	620	250	1,72	2,5	dolines col·lapses	
Mitjana		190	310	165	1,63	1,9	fractures i ¿dolines?	
Trebalúger		290	300	175	1,03	1,7	arenal i reblliment quaternari	
en Porter		220	420	125	1,91	3,4	encaixada a la plataforma +50 m	
Coves		150	370	70	2,47	5,3	encaixada a la plataforma +40 m	
es Canotells		100	410	80	4,10	5,1	barranc encaixat a la plataforma +10 m	
Binissafüller		100	260	55	2,60	4,7		
Sant Esteve		90	780	65	8,67	12,0	barranc encaixat a la plataforma +25/30 m	
ALTRES	Grand Harbour	428	3.943	367	9,21	10,7	fracturació i barrancs	
	Marsamxet	336	2.660	260	7,91	10,2	fracturació i barrancs	
	Marsascala	540	1.458	414	2,70	3,5	barrancs encaixats confluents	
	Sharm Abhur	330	11.500	930	34,85	12,4	ued en material escullós, no sediments	
	Port-Miou	220	1.380	55	6,27	25,1	canyó càrstic?	

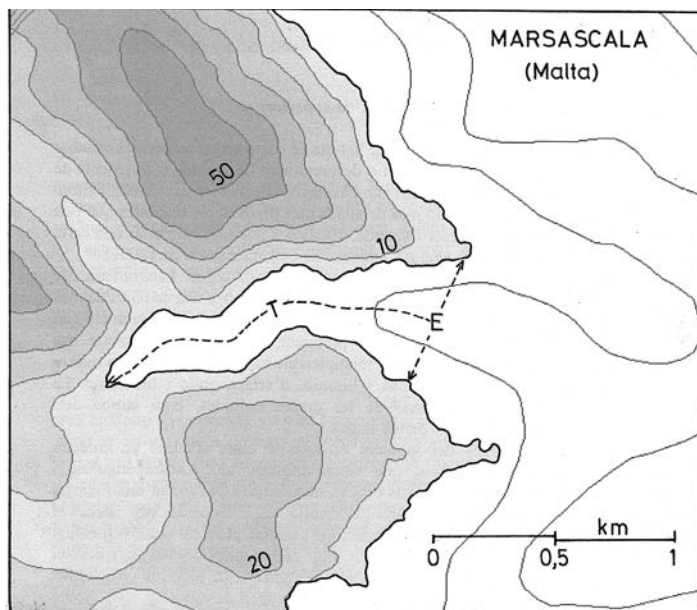


Figura 6. Marsascala (Malta). Paràmetres morfològics: T, tirat (per l'eix de la cala) i E, amplària de la boca. C es calcula com a amplària mitjana. Isòbates i isohipses de 10 m d'equidistància.

L'índex T/C , és a dir, la relació tirat/amplària mitjana, ens pot confirmar les idees anteriors. Destaquen, encara més, Port-Miou (25,1), cala Manacor (18,0) i el port de Ciutadella (15,6), seguits per les cales des Degollador (12,5), de Sant Esteve (12,0), Grand Harbour (10,7) i Marsamxet (10,2). En un segon rengle romanen cala sa Nau (9,1), Figuera (8,9), Santandria (6,5) i Coves (5,3). Totes són cales-barranc, més o menys encaixades en una plataforma baixa o elevada. Els coeficients més baixos de la sèrie, per sota de 2 –no arriben a duplicar l' amplària mitjana– Mendia (1,9), Macarella (1,7), Mitjana (1,9), Trebalúger (1,7), pateixen un fort reblliment sedimentari o, pel seu origen, conserven eixamplaments interiors notables.

Recalquem que les dues cales més característiques de Malta, *Grand Harbour* i *Marsamxet* –en realitat pertanyen a un conjunt únic marcat per la tectònica– ens donen índexs T/E i T/C molt elevats: 9,21 i 10,7; 7,91 i 10,2, respectivament, que justifiquen llur paper historicoestratègic comparable amb el de *Port Maó*. El "gran port" té un tirat de 4.000 m (que a l'edat antiga eren més de 5.000, compresa Marsa) i una gola de 430 m. Les subcales ens recorden, a diferent escala, la disposició de Portopetret i cala Mondragó (fig. 7) i responen més a la tectònica que a la incisió fluvial. Marsascala –de nom ben eloqüent: *marjal + cala*– s'estira 1,5 km navegables amb una gola de 500 m i escaig. Els índexs T/E i T/C són de 2,70 i 3,5, però canviarien força amb la prolongació meandritzant i rebllida del barranc de la dreta (Magħluq).

Aquestes consideracions morfològiques haurien de completar-se amb l'obtenció de talls transversals continentals i submarins, seguint un mètode fluvial de la relació $F = \text{amplària}/\text{fondària}$ i diversos índexs d'asimetria (MILNE, 1983; ROSSELLÓ, 1985). De més a més, seria bo construir una matriu per a combinar aquestes dades amb d'altres de litologia, estructura, nivells marins quaternaris, extensió de les conques, etc.

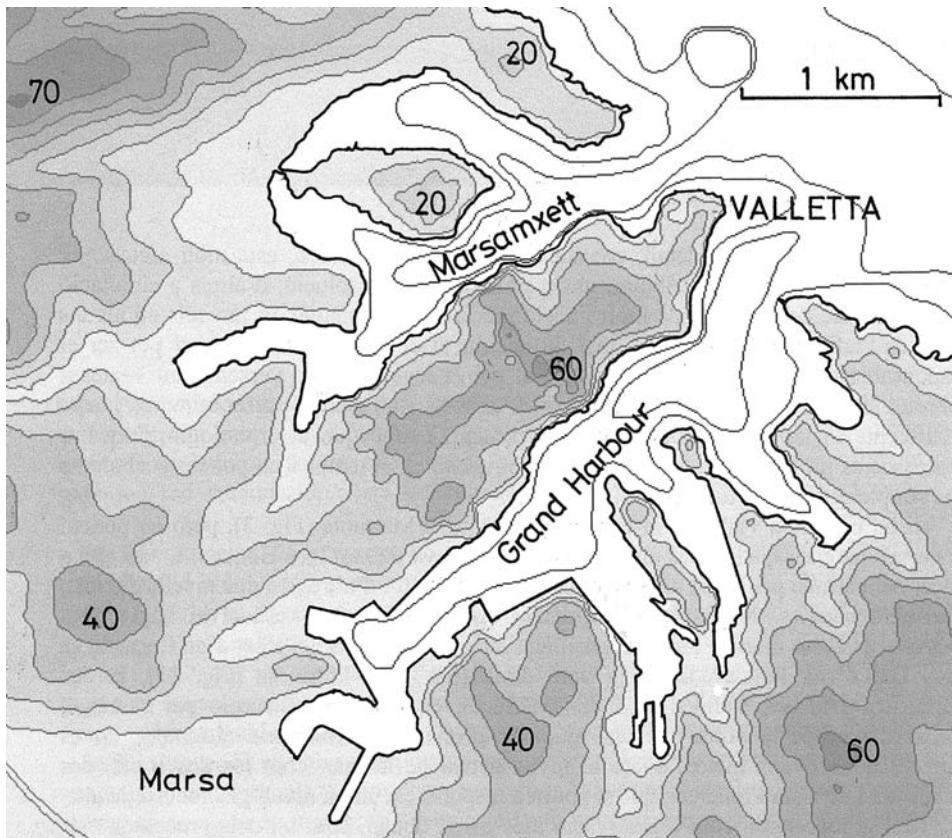


Figura 7. Valletta (Malta). La capital presideix la doble cala multidigitada que encara tenia major desenvolupament en època antiga per la marjal (*Marsa*) de la culassa del "port gran".

CONCLUSIÓ

Causes diverses poden produir els mateixos efectes. És allò que el gran geomorfòleg J. Tricart en deia «convergència de processos», que al nostre cas té una aplicació perfecta. La invasió marina, submersió o negament, és un requisit «conceptual» que sovint delata una incisió regressional würmiana o anterior. Moltes cales coincideixen amb un sistema fluvial, ara no funcional, barranc o torrent o rierol que, si duu aigua permanent, prové de surgències. Els *sherum* i tot de la mar Roja pertanyen a xarxes embotides i arreu trobem la vinculació al carst. L'erosió de l'onatge, de vegades, només ha deixat les capçaleres fluvials (Valletta, Mondragó, p.e.).

El traçat de determinades cales suggereix trames tectòniques o estructurals, particularment línies de debilitat, diàclasis o autèntiques fractures. N'hi ha prou veient la disposició de Calapí o de la calanque de Morgiou. Tanmateix, és el carst el que imprimeix el *marxamo* definitori de les cales enfront de les *rias*. Parlem de Malta, Gozo, les illes Balears,



Figura 8. Port-Miou (Provença). La relació entre desenvolupament i amplària de la gola (T/E) d'aquesta *calanque* és una de les més notables. Tectònica i carst s'hi han al·liat.

la Provença... Unes vegades tenim canyons, d'altres, dolines envaïdes per la mar, o col·lapses litorals on la dissolució se suma als efectes mecànics. La calcària de plataformes somes –moltes miocèniques– ara emergides subratlla el paradigma més complet.

No hauríem de parlar de cales amb una relació tirat/gola (T/E) inferior a 1 o 2, i millor, superior a 5. N'hi ha que depassen l'índex 10. Quant a la penetració –presa per l'eix, T– la majoria de les cales baleàriques no arriben al quilòmetre, però n'hi ha quatre que el depassen. De les altres, en trobem una a la taula que arriba als 12 km; les goles, majorment, oscil·len entre 50 i 200 m. Des del punt de vista portuari, no oblidem que l'estretor arrecera. L'etim de Port-Miou, <PORTUS MELIOR, ens recorda el concepte en què el tenien els romans. Les goles més amples són dolines o *cockpits*. Les *ratios* entre tirat i gola (T/E) dóna màxims a barrancs que prossegueixen terra endins i de vegades meandritzen. La relació (T/C) tirat/amplària mitjana emfatitza l'encanyonament. Hi ha, però, un factor que pot fer canviar molt aquesta consideració, el rebliment de les valls inundades per sedimentació continental o/i marina. Potser aquest aspecte ens obligaria a reconsiderar el significat dels índexs en la perspectiva eustàtica i paleoclimàtica.

Sineu, 17 d'abril de 2006

BIBLIOGRAFIA

- CHARDONNET, Jean (1948): Les calanques provençales. Origine et divers types. *Annales de Géographie*, **57**: 289-297.
- COLLINA-GIRARD, J. (1995): Analyse multiscale et multisource des directions structurales du Massif des Calanques et de leur expression morphologique; application au Cap Morgiou et à la grotte Cosquer (Marseille, France). *Géomorphologie; Relief Processus Environment*, **2** : 67-84.
- ELLENBERG, Ludwig (1983): Die Küsten von Gozo. *Essener Geogr. Arb.*, **6**: 129-160.
- FORNÓS, Joan J. *et al.* (1998): Rebliment holocènic de la vall incisa del barranc d'Algendar (Cala Galdana, sud de Menorca, Mediterrània Occidental). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*, **41**: 173-189.
- FORNÓS, J.J., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, Ll., RIQUELME, J. i ROSSELLÓ, V.M. (2006): Descripció geomòrfica des Màrmols fins as Balç (Santanyí): un segment modèlic del litoral marí-nenc a Mallorca. *Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda*. Palma, Monografies Soc. Hist. Nat. de Balears, **12**. Cf. pp. 209-234.
- GALAS, Dieter (1969): Die Calanquen der provençalische Küste zwischen Cap Croisette und Cassis. *Geographische Rundschau*, **21-11**: 420-423 + lám. f.t.
- GILLI, R., MANGAN, C. et MUDRY, H. (2004): *Hydrogéologie ; Objets, méthodes, applications*. Paris, Dunod. 303 pp.
- GINÉS, Joaquín (1995): L'endokarst de Mallorca: els mecanismes espeleogenètics. GINÉS, A. i J. (eds.) "El carst i les coves de Mallorca/Karst and Caves in Mallorca". *Endins*, **20**: 71-85.
- GRÀCIA, F., CLAMOR, B., GUAL, M.A., WATKINSON, P. i DOT, M.A. (2003): Les coves de Cala Anguila (Manacor, Mallorca). *Endins*, **25**: 23-42.
- GRÀCIA, F., CLAMOR, B., JAUME, D., FORNÓS, J.J., URIZ, W.J. *et al.* (2005): La cova des Coll (Felanitx, Mallorca). *Endins*, **27**: 141-186.
- GUILCHER, A. et PASKOFF, R. (1975): Remarques sur la géomorphologie littorale de l'archipel maltais. *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, **427**: 225-231.
- HEALY, T. i HARADA, K. (1991): Enclosed and Semi-enclosed Coastal Seas. *Journal of Coastal Research*, **7-1**: 1-5.
- ILLIES, J.M. (1981): Graben formation. The Maltese Islands –a case history–. *Tectonophysics*, **73**: 151-168.
- MAGRI, Odette [2004]: *A Geological and Geomorphological Review of the Maltese Islands with special reference to coastal zone*. M.s. inèdit.
- MENSCHING, Horst (1965): Beobachtungen zum Formenschatz des Küstenkarstes an der Kantabrischen Küste bei Santander und Llanes (Nordspanien). *Erdkunde*, **19**: 24-31.
- MILNE, J.A. (1983): Variation in Cross-sectional Asymetry of Coarse Bedload River Channels. *Earth surface Processes and Landforms*, **8**: 503-511.
- MONNIER, Olivier i GUILCHER, André (1993): Le Sharm Abur, ria récifale du Hedjaz, mer Rouge: géomorphologie et impact de l'urbanisation. *Annales de Géographie*, **569**: 1-16.
- NICOD, Jean (1951): Le problème de la classification des "calanques" parmi les formes de côtes de submersion. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, **2-3**: 120-127.
- NICOD, Jean (1972): *Pays et paysages du calcaire*. Paris, Presses Universitaires de France. 244 pp.
- PARK, Ch.C. (1977): Dry Valley Network and Density in Malta. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, **26-2**: 49-59.

- PASKOFF, Roland (1985): Malta. BIRD, E.C. & SCHWARTZ, M.L. (eds.) *The World's Coastlines*. New York, Van Nostrand Reinhold Co. *Sub voce*.
- PASKOFF, Roland et SANLAVILLE, Paul (1978) Observations géomorphologiques sur les côtes de l'archipel maltais. *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, **22-3**: 310-328.
- ROSSELLÓ, Vicenç M. (1998): Torrents i cales de Mallorca: aspectes geomorfològics. FORNÓS, J.J. (ed.) *Aspectes geològics de les Balears*. Palma, Universitat de les Illes Balears. Cf. pp. 331-360.
- ROSSELLÓ, Vicenç M. (2004): El litoral (i les cales). FORNÓS, J.J., OBRADOR, A. i ROSSELLÓ, V.M. (eds.) *Història Natural del Migjorn de Menorca*. Palma de Mallorca, Societat d'Història Natural de les Balears. Cf. pp. 177-200.
- ROSSELLÓ, V.M., FORNÓS, J.J., GELABERT, B., GIMÉNEZ, J., GINÉS, J., PARDO, J.E. y SEGURA, F. (2002): El papel del karst en el macromodelado litoral: el ejemplo de las calas de las Islas Baleares. CARRASCO, G., DURÁN, J.J. y ANDREO, B. (eds.) *Karst and Environment*. Málaga, Fund. Cueva de Nerja, 565 pp. Cf. pp. 329-335.
- SCHMIDT, W. (1923): Die Scherms an der Rotmeerküste von el-Hedschas. *Petermans Mitteilungen*, **69**: 118-121.
- VOSSMERBÄUMER, H. (1972): Malta. Ein Beitrag zur Geologie und Geomorphologie des Zentralmediterranen Raumes. *Würzburger Geogr. Arb.*, **38**: 11-213.

