



E.M. 12

# QUAN LA MAR ENVAEIX LES DESEMBOCADURES FLUVIALS

BARRANCS I CALES, UNA RELACIÓ NECESSÀRIA, PERÒ NO IMPRESCINDIBLE

Francesca Segura

A les costes mediterrànies calcàries les cales són petites raconades que es troben per tot arreu. Es tracta de desembocadures fluvials envaïdes per la mar i retreballades pels processos càrstics i marins. L'acció fluvial es combina amb la resta de processos per modelar un paisatge espectacular i característic del món mediterrani que cal preservar.

Les costes mediterrànies estan plenes de petites raconades o indentacions que la toponímia local identifica com a *cales* al domini lingüístic català, *calanques* al francès (*calanco* a l'occità) o *qala* a Malta. Tots aquests espais tenen com a tret comú la penetració de la mar terra endins. En la majoria dels casos aquesta penetració es fa per les valls fluvials, encara que també hi ha excepcions. En sentit estricte, una cala és una desembocadura fluvial envaïda per la mar i retreballada pels processos marins i càrstics. El component fluvial esdevé fonamental en la gènesi de les cales. Però, com són els barrancs que formen les cales? Quins mecanismes han provocat la invasió marina? Aquestes i altres qüestions semblants són les que tractarem d'aclarir en el present article.

## ■ ELS BARRANCS AL MÓN CALCARI

Amb la paraula *carst* es defineix un paisatge calcari o carbonàtic afectat per la dissolució. Les roques calcàries, en contacte amb l'aigua àcida, es dissolen, a favor de línies de debilitat (fissures, fractures, plànols d'estratificació, etc.) i donen lloc a diverses formes. Les formes superficials (exocarst) més característiques són les dolines (comes, foies), avencs o rasclers. A l'interior de la terra (endocarst) es formen coves i galeries subterrànies que de vegades s'estenen al

llarg d'uns quants quilòmetres. En el món càrstic, l'aigua penetra a l'interior de les roques a través dels porus (porositat primària) i fissures (porositat secundària) i desapareix de la superfície més o menys ràpidament. L'absència d'escolament superficial és un dels trets més característics dels paisatges càrstics: els barrancs o no existeixen o són engolits de sobte pels avencs. L'aigua que s'infiltra circula subterràniament formant aqüífers molt especials, on pot discórrer formant autèntics rius subterranis (com per exemple les coves de la Vall d'Uixó, a la Plana Baixa). També és molt freqüent el fenomen contrari: quan la superfície talla l'aqüífer, apareixen fonts i deus que xorren tot l'any o només després de fortes precipitacions.

El funcionament hidrològic del carst –que als mediterranis ens sembla tan normal, encara que no ho és– implica, per tant, un escàs escolament superficial en benefici del subterrani. Aquest fet explica

l'absència de xarxes de drenatge ben organitzades en el món calcari.

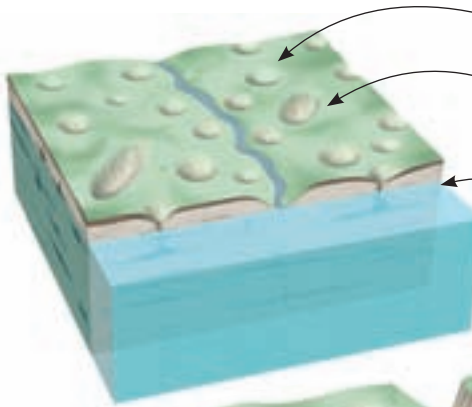
La gènesi dels barrancs als espais càrstics passa per diverses etapes. En una fase inicial, predomina el carst superficial. Dolines, pòlies i avencs modelen un paisatge d'ondulacions suaus, on no sempre és fàcil esbrinar-ne els límits. L'aigua superficial desapareix pels avencs i dissol les capes inferiors. Amb el temps, la

«EN SENTIT ESTRICTE,  
UNA CALA ÉS UNA  
DESEMBOCADURA FLUVIAL  
ENVAÏDA PER LA MAR I  
RETREBALLADA PELS  
PROCESSOS MARINS I  
CÀRSTICS. EL COMPONENT  
FLUVIAL ESDEVÉ  
FONAMENTAL EN LA SEUA  
GÈNESI»

## Estadis en la formació de la xarxa de drenatge al món càrstic

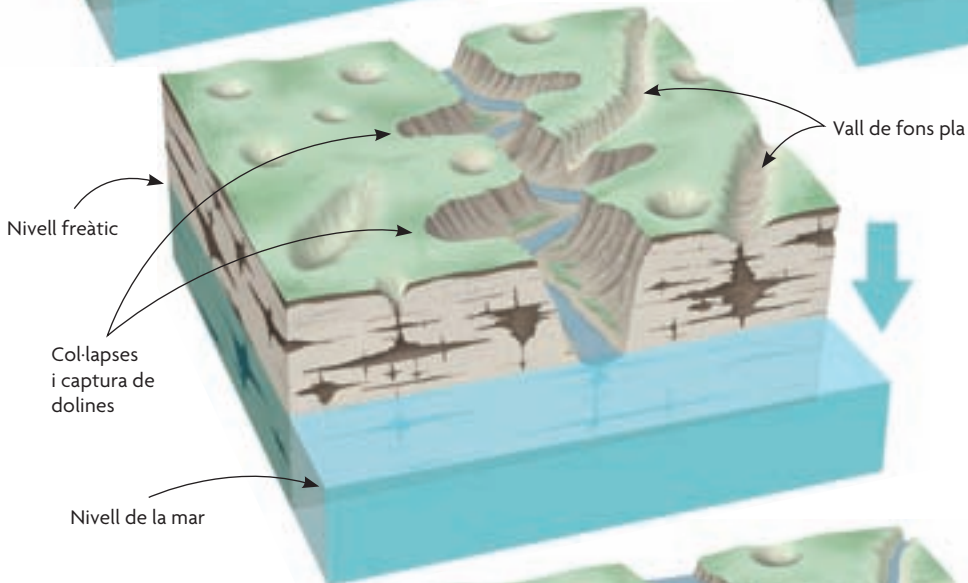
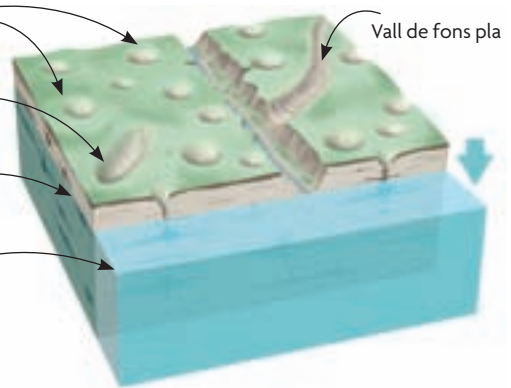
### Primera etapa

Predomini de l'exocarst: dolines i pòlies.



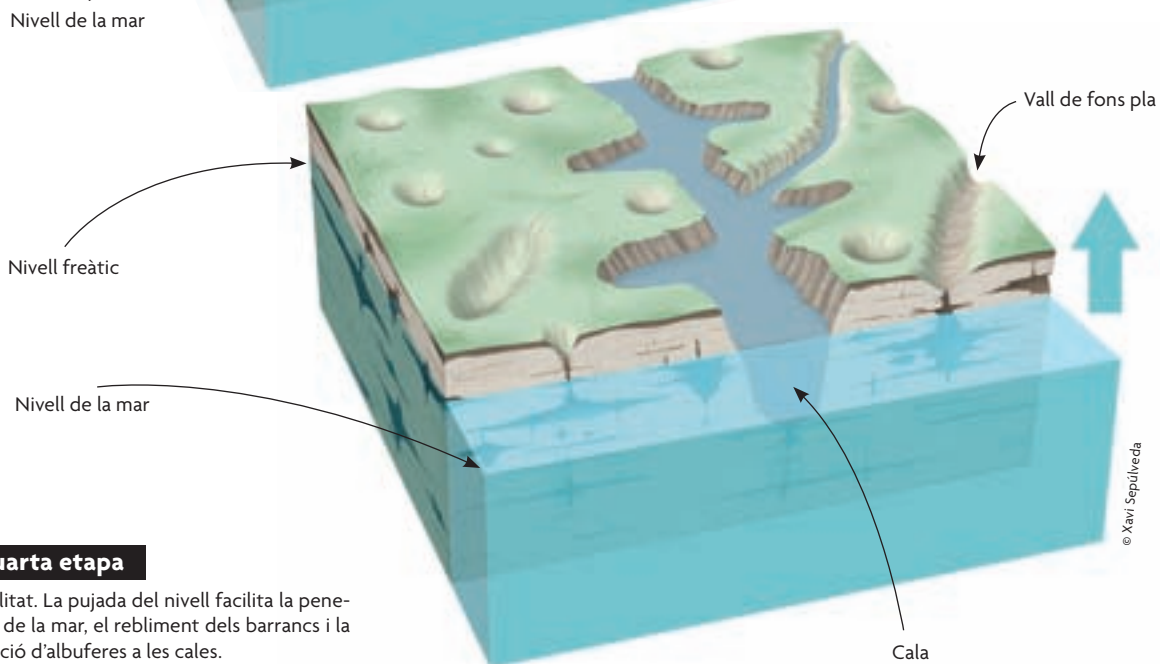
### Segona etapa

Formació d'una xarxa incipient per coalescència de formes de dissolució superficials.



### Tercera etapa

Els canvis del nivell de base (davallada del nivell de la mar o alçament del continent) faciliten l'erosió remuntant i la formació de canyons.



### Quarta etapa

Actualitat. La pujada del nivell facilita la penetració de la mar, el rebliment dels barrancs i la formació d'albuferes a les cales.



dissolució superficial produeix la coalescència de dolines i pòlies i la configuració d'una xarxa primitiva de valls de fons pla amb prou penes dibuixades. L'evolució posterior depèn molt de l'energia del sistema, que pot incrementar-se per un canvi del nivell de base (una davallada del nivell de la mar, per exemple) o per un augment del desnivell topogràfic (com per una causa tectònica). En qualsevol dels casos, es produirà un increment del pendent que provoca una erosió remuntant que anirà capturant la xarxa primitiva des de la mar. L'encaixament del barranc dependrà del desnivell generat i pot determinar la formació de canyons amb parets ben esquerpes. Aquest seria el cas del sector central del Migjorn de Menorca, on una potent xarxa de canyons meandritzants solca la plataforma calcària miocena. L'encaixament pot augmentar pel col·lapse de galeries i coves subterrànies.

#### ■ FALSOS MEANDRES I CALES

El model de barrancs descrit té un component afegit ben interessant. Els canyons tenen una elevada sinuositat, la qual cosa contradiu les lleis de la dinàmica dels rius al·luvials. L'observació dels meandres dóna algunes pistes sobre la seua gènesi. En un meandre la màxima incisió es produeix a la cara externa i l'acumulació a la cara interna, on forma una barra anomenada *point-bar*. En els meandres dels torrents que ens ocupen, aquesta morfologia es desdibuixa i és ben freqüent la formació d'autèntiques «olles», que per les seues dimensions semblen places de bous. L'observació detallada de la topografia i de la fotografia aèria confirma que les parets dels barrancs estan plenes de semidepressions penjades sobre el llit, mentre que en altres casos, la forma arrodonida arriba fins al fons. En el primer cas es tracta de dolines capturades (que queden incorporades a les parets dels canyons amb una forma de mig embut), mentre que en el segon cas estariem davant d'un col·lapse d'una dolina o fins i tot d'una cova subterrània.

El mateix procediment que hem explicat per a la formació dels meandres serveix per a explicar algunes cales. Un exemple ben explotat pel turisme per la seua espectacularitat és la zona de Dwejra, a l'illa de Gozzo, un indret on el col·lapse de dues dolines al final de dos barrancs explica ben bé el mecanisme de formació de les cales. Una de les dolines esfondrades roman separada de la mar (Dwejra Point), encara que s'ha produït

**«UNA DE LES COSES QUE CRIDA MÉS L'ATENCIÓ DELS BARRANCS DE LES BALEARS ÉS QUE EN REALITAT SÓN RIUS EXCAVATS EN ROCA MARE, PERÒ UNA COBERTA DE SEDIMENTS FINS N'ENTAPISSA EL LLIT»**

la invasió parcial de la mar mitjançant una galeria submarina (Blue Hole) que forma un petit mar interior (Inland Sea). En l'altre cas, la mar ha obert la dolina i ha format una cala ben rodona que denota ben a les clares el seu origen càrstic (Dwejra Bay). Els barrancs en els dos casos tenen un paper secundari.

#### ■ ESTRUCTURA, TORRENTS I CALES

El traçat dels barrancs sempre té un fort component estructural. Falles, fissures i fractures solen dibuixar un camí molt fàcil per a l'aigua, que aprofita la debilitat del terreny. En el cas de Menorca l'estructura està clarament influïda per la tectònica. El sector central del Migjorn mostra una xarxa de direcció N-S, que gira a W-E a la part oriental i es transforma en la direcció contrària a la part occidental. Aquestes alineacions responen a la xarxa de fractures associades a la formació d'un anticlinal, on la compressió lateral eleva el sector central i crea línies de debilitat aprofitades per l'aigua.

Un bon exemple de la relació entre l'estructura, els barrancs i el carst el tenim a Macarella i Macarelleta, al Migjorn de Menorca. La desembocadura de dos barrancs forma una cala amb dos braços, on la direcció dels barrancs –i també de les dolines– està clarament definida per diferents línies de fractura. El barranc de Santa Anna desguassa a Macarella, seguint l'alineació general del centre del Migjorn, és dir, NNE-SSW, mentre que un barranc secundari forma Macarelleta, seguint una fractura de direcció E-W.

Altres exemples més complexos, els tenim en el cas de la part oriental de Mallorca, on abunden les cales ramificades. En aquest sector, malgrat que hi ha barrancs que desemboquen a les cales, aquestes es bifurquen tot seguint les línies de falla. En aquests casos, la importància estructural és més gran que la fluvial.

#### ■ ELS PERFILS DELS BARRANCS I ELS CANVIS DE NIVELL DE BASE

Teòricament el perfil longitudinal d'un riu en equilibri mostra una forma còncava cap amunt, tot indicant que ha aconseguit els pendents adients per a minimitzar el seu treball. El riu elabora el seu perfil per a arribar al nivell de base, que en el cas de xarxes exorreiques és la mar. Si davalla el nivell de la mar, els rius modifiquen el seu perfil encaixant-se i formant canyons; si,

per contra, puja la mar, el barranc es rebleix. Aquests mecanismes són fonamentals en el cas de les cales. A les Illes Balears s'ha documentat que la davallada d'uns 150 m del nivell de la mar ocorreguda a l'estadi isotòpic 2 (14.000 BP o anys abans de 1950) va provocar una forta incisió dels barrancs que es van encaixar en la plataforma. Posteriorment, la mar va pujar durant la transgressió flandriana (6.500 BP), i això va produir el rebliment dels barrancs i va formar les cales actuals. Aquesta penetració marina va deixar la seua empremta en alguns perfils com ara al barranc de Trebalúger, on s'observa un trencament de pendent provocat pels canvis del nivell de la mar al perfil longitudinal.

Tanmateix, en el món càrstic el perfil dels rius està condicionat pels processos específics. Així, quan hi ha una davallada del nivell freàtic és freqüent un enfonsament de galeries i coves, que incrementen la incisió fluvial. Per aquest motiu sovint els perfils són molt irregulars o fins i tot convexos.

#### ■ EL REBLIMENT DELS BARRANCS

Una de les coses que crida més l'atenció dels barrancs de les Balears és que en realitat són rius excavats en roca mare, però una coberta de sediments fins n'entapissa el llit. Es tracta fonamentalment d'arena, llim i argila que de vegades arriben als caixers pels conductes subterranis. Les arenas són un producte de la meteorització fisicoquímica de les calcarenites miocenes; les argiles roges en són un residu (*terra rossa* s'anomena a la conca mediterrània).

Hi ha diverses qüestions que criden l'atenció als caixers dels barrancs. Una és l'absència de còdols, justificada segurament perquè la meteorització de les calcarenites dona la fracció arena original. Una altra és l'absència de formes fluvials: no hi ha barres ni canals definits. Una tercera és la forta antropització dels llits: horts i bancals se succeeixen al llarg del canyó. Els tres fenòmens estan relacionats amb la poca energia dels torrents. D'una banda, indiquen que la dinàmica fluvial és escassa i per l'altra que la mateixa acció antròpica s'encarrega de refer els bancals en passar una riuada.

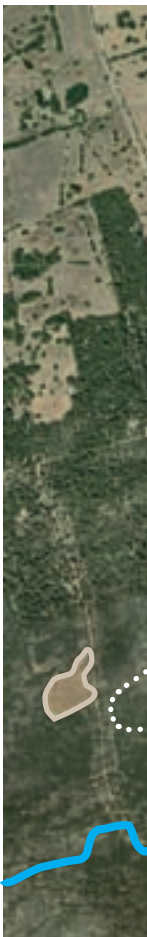
El rebliment dels caixers roman fins i tot a les cales. Tanmateix, en els darrers quilòmetres dels torrents

Dwejra, illa de Gozzo. En la fotografia s'observa la formació de cales arrodonides com a conseqüència del col·lapse de dolines. En la més septentrional (Dwejra Point, 1), el procés encara no ha acabat i la dolina es comunica amb la mar mitjançant una galeria subterrània (Blue Hole, 2) que ha permès l'entrada parcial de la mar (Inland Sea, 2). En la més meridional, la mar ha erosionat la cara externa de la dolina (en queden restes) i la cala ha quedat oberta (Dwejra Bay, 3). En ambdós casos, els barrancs tenen un paper secundari en la formació de les cales.

la influència marina es deixa sentir, i molts acaben en una petita albufera. Els sondejos realitzats en algunes cales han mostrat que els canvis eustàtics han fet que actualment les cales i la part final dels barrancs estiguin reblerts de sediments d'origen marí i albuferenc, sense cap rastre de sedimentació continental. El gruix dels dipòsits arriba als 50 metres (cala Galdana) i les datacions mostren que aquests sediments tenen una antiguitat inferior a 8.000 BP. Aquesta sedimentació suggereix que durant el darrer episodi transgressiu holocènic es degué desenvolupar un medi d'estuari que va evolucionar cap al rebliment sedimentari amb la formació i evolució d'una restinga amb els seus submedis associats (platja, duna, albufera) que acabarien omplint-la i donant-li la configuració actual.

Tanmateix, hi ha altres barrancs sense albufera distal, incisió submarina ni rebliment apreciable. En aquests casos, els barrancs presenten un recorregut que no sol superar el quilòmetre i les conques que drenen són molt petites. La interpretació més probable és que es tracta de barrancs amb una incisió recent que respon al nivell de la mar actual i per tant no han patit els canvis eustàtics mencionats. Són, per tant, torrents on l'empremta càrstica i els processos marins representen un paper més evident que els fluvials.

Val a dir també que els processos descrits fins aquí són els mateixos que generen les ries de l'Atlàntic i el Cantàbric. La principal diferència entre les dues formes rau en l'absència de processos càrstics, ja que les







Cales Macarella i Macarelleta. El barranc de Santa Anna, tot seguint la direcció de fractura NNE-SSW, desguassa a cala Macarella, seguint un traçat de falsos meandres creats per la captura de dolines. Un segon barranc segueix la fractura E-W i desguassa a Macarelleta.

ries estan modelades sobre roques ígnies o metamòrfiques de caràcter àcid.

#### ■ LES ALTRES CALES

Al llarg de les costes mediterrànies hi ha altres cales que no reuneixen els tres components que modelen les cales *sensu stricto*: fluvials, càrstics i marins. Així, a les costes del nord de Castelló és freqüent trobar cales als conglomerats dels ventalls al·luvials que conformen les planures costaneres. Els processos càrstics són inexistents, però en canvi, l'observació de la fotografia aèria indica una forta associació de les badies amb paleocaixers. En aquest

cas, l'antic caixer ha estat reblert de materials fins que són més fàcilment erosionables, la qual cosa ha facilitat el treball de la mar.

#### ■ I PER ACABAR, LA PROTECCIÓ

La formació de les cales depèn de l'acció de l'aigua: la dissolució de les roques calcàries, la incisió fluvial, el treball de les ones i els corrents marins. L'aigua és l'agent modelador en els processos càrstics, fluvials i marins. Resulta paradoxal que en un món on l'aigua superficial resulta tan escassa, les cales siguen fruit del treball de l'aigua (dolça i salada). En aquest context, la importància dels processos fluvials és variable, tot depenent de la importància de la xarxa fluvial. Des dels canyons fins als paleocaixers, els barrancs conformen uns espais de gran valor paisatgístic i ecològic que cal preservar.

En aquesta línia de treball destaca la protecció modèlica dels barrancs del Migjorn de Menorca. La bellesa i la gran riquesa ecològica que atresoren han fet que el barranc d'Algendar, que desemboca a cala Galdana, s'haja declarat Patrimoni de la Humanitat l'any 1998. A més, tota l'illa és Reserva de la Biosfera des del 1993, atenent a l'alt grau de compatibilitat entre el desenvolupament de les activitats econòmiques i la conservació d'un patrimoni i d'un paisatge que –tot i essent profundament antròpic– manté avui dia una qualitat excepcional. Un exemple que caldria seguir en altres indrets. ☺

### «A MACARELLA I MACARELLETA LA DESEMBOCADURA DE DOS BARRANCS FORMA UNA CALA AMB DOS BRAÇOS, ON LA DIRECCIÓ DELS BARRANCS –I TAMBÉ DE LES DOLINES– ESTÀ CLARAMENT DEFINIDA PER DIFERENTS LÍNIES DE FRACTURA»

#### BIBLIOGRAFIA

- FORNÓS, J. J. i F. S. SEGURA, 2004. «El rebliment holocènic dels barrancs del Migjorn». In FORNÓS, J. J. et al. (eds.) *Història Natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Societat d'Història Natural de les Balears. Palma de Mallorca.
- GELABERT, B. et al., 2005. «Structurally Controlled Drainage Basin Development in the South of Menorca (Western Mediterranean, Spain)». *Geomorphology*, 65: 139-155.
- SEGURA, F. S. et al., 2004. «Els barrancs del Migjorn de Menorca». In FORNÓS, J. J. et al. (eds.) *Història Natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Societat d'Història Natural de les Balears. Palma de Mallorca.
- SEGURA, F. et al., 2007. «Morphometric Indices as Indicators of Tectonic, Fluvial and Karst Processes in Calcareous Drainage Basins, South Menorca Island, Spain». *Earth Surface Process and Landforms*, 32: 1.928-1.946.

Francesca Segura. Catedràtica de Geografia física. Departament de Geografia de la Universitat de València.