



CUANDO EL MAR INVADIR LAS DESEMBOCADURAS FLUVIALES

BARRANCOS Y CALAS, UNA RELACIÓN NECESARIA,
PERO NO IMPRESCINDIBLE

Francesca Segura

En las costas mediterráneas calcáreas las calas son pequeñas rinconadas que se encuentran por doquier. Se trata de desembocaduras fluviales invadidas por el mar y retrabajadas por los procesos kársticos y marinos. La acción fluvial se combina con el resto de procesos para modelar un paisaje espectacular y característico del mundo mediterráneo que hay que preservar.

Las costas mediterráneas están llenas de pequeños rincones o indentaciones que la toponimia local identifica como *calas* en el dominio lingüístico catalán, *calanques* en el francés (*calanco* en el occitano) o *qala* en Malta. Todos estos espacios tienen como rasgo común la penetración del mar tierra adentro. En la mayoría de los casos esta penetración se hace por los valles fluviales, aunque también hay excepciones. En sentido estricto, una cala es una desembocadura fluvial invadida por el mar y retrabajada por los procesos marinos y kársticos. El componente fluvial es fundamental en la génesis de las calas. Sin embargo, ¿cómo son los barrancos que forman las calas? ¿Qué mecanismos han provocado la invasión marina? Estas y otras cuestiones semejantes son las que trataremos de aclarar en el presente artículo.

■ LOS BARRANCOS EN EL MUNDO CALCÁREO

Con la palabra *karst* se define un paisaje calcáreo o carbonático afectado por la disolución. Las rocas calcáreas, en contacto con el agua ácida, se disuelven, en favor de líneas de debilidad (fisuras, fracturas, planos de estratificación, etc.) y dan lugar a varias formas. Las formas superficiales (exokarst) más características son las dolinas (*comes*, *foies* en catalán), simas o lenares. En el interior de la tierra (endokarst) se forman

cuevas y galerías subterráneas que a veces se extienden a lo largo de varios kilómetros. En el mundo kárstico, el agua penetra en el interior de las rocas a través de los poros (porosidad primaria) y fisuras (porosidad secundaria) y desaparece de la superficie más o menos rápidamente. La ausencia de escorrentía superficial es uno de los rasgos más característicos de los paisajes kársticos: los barrancos o no existen o son engullidos de

repente por las simas. El agua que se infiltra circula subterráneamente formando acuíferos muy especiales, donde puede discurrir formando auténticos ríos subterráneos (como por ejemplo las cuevas de La Vall d'Uixó, en la Plana Baixa). También es muy frecuente el fenómeno contrario: cuando la superficie corta el acuífero, aparecen fuentes y manantiales que fluyen todo el año o solo después de fuertes precipitaciones.

El funcionamiento hidrológico del karst –que a los mediterráneos nos parece tan normal, aunque no lo es– implica, por tanto, una escasa escorrentía superficial en benefi-

cio de la subterránea. Este hecho explica la ausencia de redes de drenaje bien organizadas en el mundo calcáreo.

La génesis de los barrancos en los espacios kársticos pasa por varias etapas. En una fase inicial, predomina el karst superficial. Dolinas, poljes y simas modelan un paisaje de ondulaciones suaves, donde no siempre es fácil determinar los límites. El agua superficial desapare-

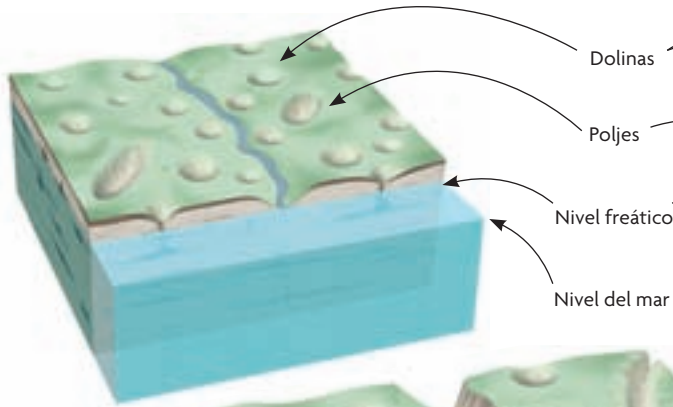
«EN SENTIDO ESTRICTO,
UNA CALA ES UNA
DESEMBOCADURA
FLUVIAL INVADIDA POR
EL MAR Y RETRAJADA
POR LOS PROCESOS
MARINOS Y KÁRSTICOS.
EL COMPONENTE FLUVIAL
SE CONVIERTE EN
FUNDAMENTAL EN SU
GÉNESIS»

A la izquierda, Eva Mus. Serie «La cala encantada», 2012. Óleo sobre papel y carboncillo, 29,8 x 41,3 cm.

Estadios en la formación de la red de drenaje en el mundo kárstico

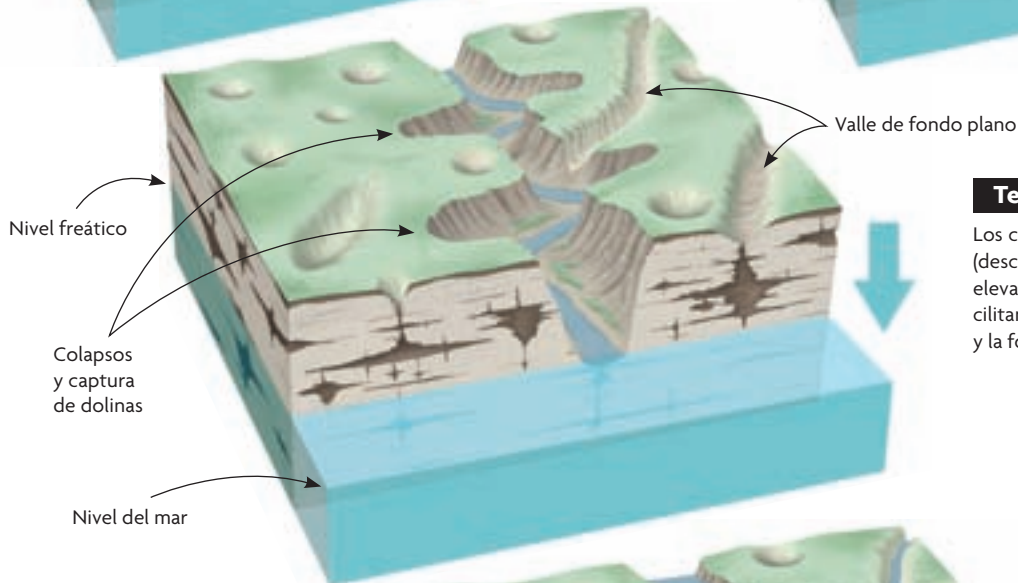
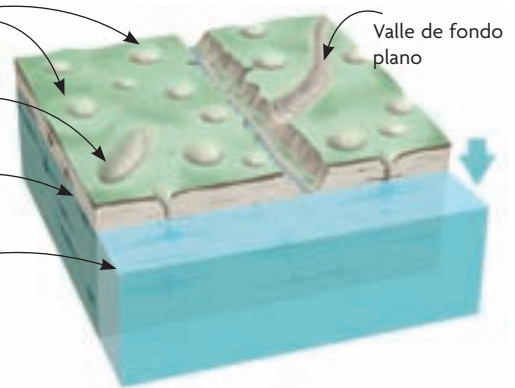
Primera etapa

Predominio del exokarst: dolinas y poljes.



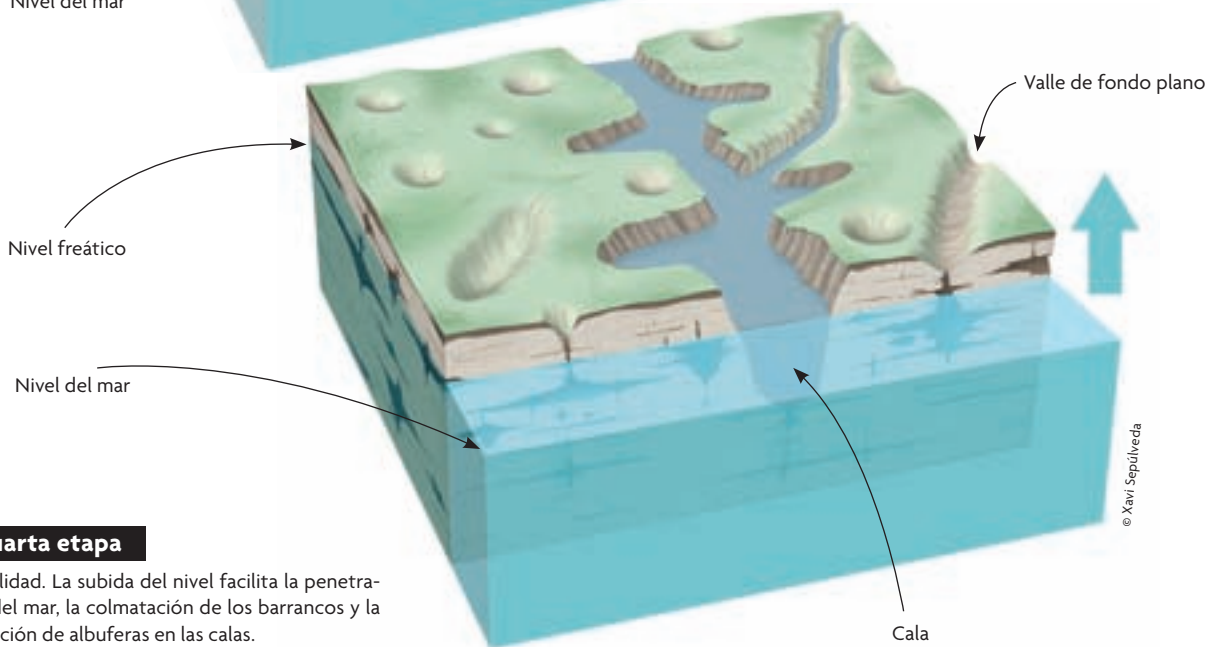
Segunda etapa

Formación de una red incipiente por coalescencia de formas de disolución superficiales.



Tercera etapa

Los cambios del nivel de base (descenso del nivel del mar o elevación del continente) facilitan la erosión remontante y la formación de cañones.



Cuarta etapa

Actualidad. La subida del nivel facilita la penetración del mar, la colmatación de los barrancos y la formación de albuferas en las calas.

ce por las simas y disuelve las capas inferiores. Con el tiempo, la disolución superficial produce la coalescencia de dolinas y poljes y la configuración de una red primitiva de valles de fondo plano a penas dibujados. La evolución posterior depende mucho de la energía del sistema, que puede incrementarse por un cambio del nivel de base (un descenso del nivel del mar, por ejemplo) o por un aumento del desnivel topográfico (como por una causa tectónica). En cualquiera de los casos, se producirá un incremento de la pendiente que provoca una erosión remontante que irá capturando la red primitiva desde el mar. El encajonamiento del barranco dependerá del desnivel generado y puede determinar la formación de cañones con paredes muy abruptas. Este sería el caso del sector central del sur de Menorca, donde una potente red de cañones meandrizantes surca la plataforma calcárea miocena. El encajonamiento puede aumentar por el colapso de galerías y cuevas subterráneas.

■ FALSOS MEANDROS Y CALAS

El modelo de barrancos descrito tiene un componente añadido muy interesante. Los cañones tienen una elevada sinuosidad, lo cual contradice las leyes de la dinámica de los ríos aluviales. La observación de los meandros da algunas pistas sobre su génesis. En un meandro la máxima incisión se produce en la cara externa y la acumulación en la cara interna, donde forma una barra llamada *point-bar*. En los meandros de los torrentes que nos ocupan, esta morfología se desdibuja y es muy frecuente la formación de auténticas «ollas», que por sus dimensiones parecen plazas de toros. La observación detallada de la topografía y de la fotografía aérea confirma que las paredes de los barrancos están llenas de semidepresiones colgadas sobre el lecho, mientras que en otros casos, la forma redondeada llega hasta el fondo. En el primer caso se trata de dolinas capturadas (que quedan incorporadas a las paredes de los cañones con una forma de medio embudo), mientras que en el segundo caso estaríamos ante un colapso de una dolina o incluso de una cueva subterránea.

El mismo procedimiento que hemos explicado para la formación de los meandros sirve para explicar algunas calas. Un ejemplo muy explotado por el turismo por su espectacularidad es la zona de Dwejra, en la isla de Gozzo, un lugar donde el colapso de dos dolinas al final de dos barrancos explica muy bien el mecanismo de formación de las calas. Una de las dolinas hundidas per-

«UNA DE LAS COSAS QUE LLAMA MÁS LA ATENCIÓN DE LOS BARRANCOS DE LAS BALEARES ES QUE EN REALIDAD SON RÍOS EXCAVADOS EN ROCA MADRE, PERO UNA CUBIERTA DE SEDIMENTOS FINOS TAPIZA LOS LECHOS»

manece separada del mar (Dwejra Point), aunque se ha producido la invasión parcial del mar mediante una galería submarina (Blue Hole), que forma un pequeño mar interior (Inland Sea). En el otro caso, el mar ha abierto la dolina y ha formado una cala muy redonda que muestra bien a las claras su origen kárstico (Dwejra Bay). Los barrancos en los dos casos tienen un papel secundario.

■ ESTRUCTURA, TORRENTES Y CALAS

El trazado de los barrancos siempre tiene un fuerte componente estructural. Fallas, fisuras y fracturas suelen dibujar un camino muy fácil para el agua, que aprovecha la debilidad del terreno. En el caso de Menorca la estructura está claramente influida por la tectónica. El sector central meridional muestra una red de dirección N-S, que gira a W-E en la parte oriental y se transforma en la dirección contraria en la parte occidental. Estas alineaciones responden a la red de fracturas asociadas a la formación de un anticlinal, donde la compresión lateral eleva el sector central y crea líneas de debilidad aprovechadas por el agua.

Un buen ejemplo de la relación entre la estructura, los barrancos y el karst lo tenemos en Macarella y Macarelleta, en el Mediodía de Menorca. La desembocadura de dos barrancos forma una cala con dos brazos, donde la dirección de los barrancos –y también de las dolinas– está claramente definida por diferentes líneas de fractura. El barranco de Santa Ana desemboca en Macarella, siguiendo la alineación general del centro del sur, es decir,

NNE-SSW, mientras que un barranco secundario forma Macarelleta, siguiendo una fractura de dirección E-W.

Otros ejemplos más complejos, los tenemos en el caso de la parte oriental de Mallorca, donde abundan las calas ramificadas. En este sector, a pesar de que hay barrancos que desembocan en las calas, estas se bifurcan siguiendo las líneas de falla. En estos casos, la importancia estructural es mayor que la fluvial.

■ LOS PERFILES DE LOS BARRANCOS Y LOS CAMBIOS DE NIVEL DE BASE

Teóricamente el perfil longitudinal de un río en equilibrio muestra una forma cóncava hacia arriba, indicando que ha alcanzado las pendientes adecuadas para minimizar su trabajo. El río elabora su perfil para llegar al nivel de base, que en el caso de redes exorreicas es el

mar. Si baja el nivel del mar, los ríos modifican su perfil encajándose y formando cañones; si, por el contrario, sube el mar, el barranco se colmata. Estos mecanismos son fundamentales en el caso de las calas. En las Islas Baleares se ha documentado que el descenso de unos 150 m del nivel de la mar ocurrido en el estadio isotópico 2 (14.000 BP o años antes de 1950) provocó una fuerte incisión de los barrancos que se encajaron en la plataforma. Posteriormente, el mar subió durante la transgresión flandriana (6.500 BP), produciendo la colmatación de los barrancos y formando las calas actuales. Esta penetración marina dejó huella en algunos perfiles como en el barranco de Trebalúger, donde se observa una ruptura de pendiente provocada por los cambios del nivel del mar en el perfil longitudinal.

Sin embargo, en el mundo kárstico el perfil de los ríos está condicionado por los procesos específicos. Así, cuando hay un descenso del nivel freático a menudo se hunden galerías y cuevas, que incrementan la incisión fluvial. Por este motivo es frecuente que los perfiles sean muy irregulares o incluso convexos.

■ LA COLMATACIÓN DE LOS BARRANCOS

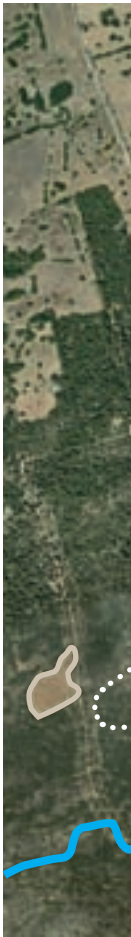
Una de las cosas que llama más la atención de los barrancos de las Baleares es que en realidad son ríos excavados en roca madre, pero una cubierta de sedimentos finos tapiza el lecho. Se trata fundamentalmente de arena, limo y arcilla que a veces llegan a los cauces por los conductos subterráneos. Las arenas son un producto de la meteorización fisicoquímica de las calcarenitas miocenas; las arcillas rojas son un residuo (*terra rossa* se llama en la cuenca mediterránea). Hay varias cuestiones que llaman la atención en los cauces de los barrancos. Una es la ausencia de guijarros, justificada seguramente porque la meteorización de las calcarenitas da la fracción arena original. Otra es la ausencia de formas fluviales: no hay barras ni canales definidos. Una tercera es la fuerte antropización de los lechos: huertos y bancales se suceden a lo largo del cañón. Los tres fenómenos están relacionados con la poca energía de los torrentes. Por una parte, indican que la dinámica fluvial es escasa y por otra, que la propia acción antrópica se encarga de rehacer los bancales al pasar una riada.

Dwejra, isla de Gozzo. En la fotografía se observa la formación de calas redondeadas como consecuencia del colapso de dolinas. En la más septentrional (Dwejra Point, 1), el proceso aún no ha acabado y la dolina se comunica con el mar mediante una galería subterránea (Blue Hole, 2), que ha permitido la entrada parcial del mar (Inland Sea, 2). En la más meridional, el mar ha erosionado la cara externa de la dolina (quedan restos de ella) y la cala ha quedado abierta (Dwejra-Bay, 3). En ambos casos, los barrancos tienen un papel secundario en la formación de las calas.

La colmatación de los cauces permanece incluso en las calas. Sin embargo, en los últimos kilómetros de los torrentes la influencia marina se deja sentir, y muchos acaban en una pequeña albufera. Los sondeos realizados en algunas calas han mostrado que los cambios eustáticos han hecho que actualmente las calas y la parte final de los barrancos se hayan rellenado de sedimentos de origen marino y albuferenco, sin ningún rastro de sedimentación continental. El grueso de los depósitos llega a los 50 metros (cala Galdana) y las dataciones muestran que estos sedimentos tienen una antigüedad inferior a 8.000 BP. Esta sedimentación sugiere que durante el último episodio transgresivo holocénico se debió desarrollar un medio de estuario que evolucionó hacia la colmatación sedimentaria con la formación y evolución de una restinga con sus submedios asociados (playa, duna, albufera) que acabarían por colmatarla y darle la configuración actual.

Sin embargo, existen otros barrancos sin albufera distal, incisión submarina ni colmatación apreciable. En estos casos, los barrancos presentan un recorrido que no suele superar el kilómetro y las cuencas que drenan son muy pequeñas. La interpretación más probable es que se trata de barrancos con una incisión reciente que responde al nivel del mar actual y por tanto no han sufrido los cambios eustáticos mencionados. Son, por tanto, torrentes donde la huella kárstica y los procesos marinos representan un papel más evidente que los fluviales.

Hay que advertir también que los procesos descritos hasta aquí son los mismos que generan las rías del At-



© Francesca Segura



© Francesca Segura



Calas Macarella y Macarelleta. El barranco de Santa Ana, siguiendo la dirección de fractura NNE-SSW, desagua en cala Macarella, siguiendo un trazado de falsos meandros creados por la captura de dolinas. Un segundo barranco, sigue la fractura E-W y desemboca en Macarelleta.

lántico y del Cantábrico. La principal diferencia entre las dos formas está en la ausencia de procesos kársticos, ya que las rías están modeladas sobre rocas ígneas o metamórficas de carácter ácido.

■ LAS OTRAS CALAS

A lo largo de las costas mediterráneas hay otras calas que no reúnen los tres componentes que modelan las calas *sensu estricto*: fluviales, kársticos y marinos. Así, en las costas del norte de Castellón es frecuente encontrar calas en los conglomerados de los abanicos aluviales que conforman las llanuras costeras. Los procesos kársticos

son inexistentes, pero en cambio, la observación de la fotografía aérea indica una fuerte asociación de las bahías con paleocauces. En este caso, el antiguo cauce ha sido colmatado con materiales finos que son más fácilmente erosionables, lo cual ha facilitado el trabajo del mar.

■ Y PARA ACABAR, LA PROTECCIÓN

La formación de las calas depende de la acción del agua: la disolución de las rocas calcáreas, la incisión fluvial, el trabajo de las olas y las corrientes marinas. El agua es el agente modelador en los procesos kársticos, fluviales y marinos. Resulta paradójico que en un mundo donde el agua superficial resulta tan escasa, las calas sean fruto del trabajo del agua (dulce y salada). En este contexto, la importancia de los procesos fluviales es variable, dependiendo de la importancia de la red fluvial. Desde los cañones hasta los paleocauces, los barrancos conforman unos espacios de gran valor paisajístico y ecológico que hay que preservar.

En esta línea de trabajo destaca la protección modelica de los barrancos del sur de Menorca. La belleza y la gran riqueza ecológica que atesoran han hecho que el barranco de Algendar, que desemboca en la cala Galdana, se declarara Patrimonio de la Humanidad en 1998. Además, toda la isla es Reserva de la Biosfera desde 1993, dado el alto grado de compatibilidad entre el desarrollo de las actividades económicas y la conservación de un patrimonio y de un paisaje que –aun siendo profundamente antrópico– mantiene hoy en día una calidad excepcional. Un ejemplo que habría que seguir en otros lugares. ☉

BIBLIOGRAFÍA

- FORNÓS, J. J. y 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.

«EN MACARELLA Y MACARELLETA LA DESEMBOCADURA DE DOS BARRANCOS FORMA UNA CALA CON DOS BRAZOS, DONDE LA DIRECCIÓN DE LOS BARRANCOS –Y TAMBIÉN DE LAS DOLINAS– ESTÁ CLARAMENTE DEFINIDA POR DIFERENTES LÍNEAS DE FRACTURA»

Francesca Segura. Catedrática de Geografía física. Departamento de Geografía de la Universitat de València.