

Karst, acantilados y calas en el *Migjorn* de Menorca

Joan J. Fornós¹, Lluís Gómez-Pujol^{1,2}, Vicenç M. Rosselló³, Bernadí Gelabert⁴,
Francesca Segura³, Josep E. Pardo-Pascual⁵

¹ Grup de Ciències de la Terra (Geologia i Paleontologia “Guillem Colom”). Universitat de les Illes Balears, Palma.

² ICTS SOCIB, Sistema de Observación y Predicción Costera de las Islas Baleares (MINECO-CAIB), Palma.

³ Departament de Geografia, Universitat de València, València.

⁴ Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears, Palma.

⁵ Departament d'Enginyeria Cartogràfica i Fotogrametria, Universitat Politècnica de València, València.

RESUMEN

La costa sur de la isla de Menorca se caracteriza por la presencia, de forma más o menos continua, de acantilados verticales cortados en los depósitos carbonatados que constituyen una plataforma atribuida al Mioceno superior. Los acantilados se encuentran interrumpidos en la zona litoral por una marcada incisión producida por los barrancos que drenan toda la plataforma miocena del sur de la isla y que, en su desembocadura al mar, dan lugar a las denominadas calas. La forma de éstas viene controlada no tan sólo por la fracturación, que a su vez controla la red de drenaje, sino que también por la contribución de los procesos kársticos que están directamente relacionados con la zona de mezcla de aguas en los acuíferos litorales. La acción de la dinámica marina y en especial la oscilación del nivel marino durante el Cuaternario también participan en la configuración de la morfología de la calas. Las paredes verticales y un fondo plano debido al relleno sedimentario de las zonas inundadas por el nivel del mar durante el Holoceno son otras de sus características básicas.

Palabras clave: *acantilados, Mioceno superior, fracturación distensiva, barrancos, karst, cala*

ABSTRACT

A continuous cliffy coast built up by a carbonate platform developed in a reef environment during the Upper Miocene characterizes the southern region –Migjorn– of Menorca. This structural platform is dissected by a set of canyon-like creeks that when reach the coast result in narrow and cliffy bays known as “cala”. The cala morphology, as well as the fluvial network with a preferential N-S orientation–, is controlled mainly by fractures but also by the karstic processes that are dominant in the area. These processes are related with the mixing zone water interference in coastal aquifers. The marine action is also quite important, since sea-level oscillation during Quaternary, the shape and attributes of calas were modified, and the sedimentary infilling related with the Holocene inundation, resulted in a flat floor that contrasts with the cliffy sides of the calas.

Keywords: *cliffs, Upper Miocene, fractures, streams, karst, cala*

1 | Introducción

La costa del *Migjorn* de Menorca, especialmente en su sector central, se caracteriza por una costa de trazado rectilíneo de acantilados altos y verticales, recortada en los depósitos tabulares carbonatados del Mioceno superior. Esta costa agreste queda tan sólo interrumpida cuando la estructura tectónica permite el desarrollo de una costa baja a la que se asocia una albufera –como es el caso de Son Bou– y una zona de marismas (Fig. 1). En los márgenes oriental y occidental de la costa meridional el relieve se va suavizando de forma progresiva, aunque la costa sigue siendo rocosa y dominan los acantilados de medios a bajos y de paredes verticales o escalonadas.

El objetivo del presente trabajo se centra en la descripción del litoral rocoso y de los procesos que han dado lugar a su modelado, especialmente aquellos relacionados con el karst (García Senz, 1985; Fornós, 2003; Ginés, 2003; Ginés y Fornós, 2004) y la fracturación. En este sentido tiene una especial relevancia el mecanismo que se expone para la formación de las calas (Rosselló, 1995 y 2005), así como otros aspectos



Figura 1. La costa central del sur de Menorca se caracteriza por una costa alta acantilada que solo queda interrumpida en la depresión que da lugar a la albufera de Son Bou (izquierda de la imagen).

Figura 1. The south of Menorca is characterizes by a continuous high cliffy coast that is occasionally disrupted by the Son Bou lagoon (leftwards at the image) .

relacionados con la dinámica litoral costera, en especial aquellos relativos a la formación de los depósitos de eolianitas cuaternarias que se observan frecuentemente adosadas a los acantilados miocenos (Servera, 1997). Las calas, definidas ya en el siglo XIX por Penck (1894) como un valle erosivo corto y sumergido en una costa rocosa (Fig. 2), constituyen el aspecto más relevante de la presente salida de campo. Mediante el ejemplo de Cala Galdana y del barranc d'Algendar se pretende ahondar en el papel de los procesos kársticos que, ayudados y/o inducidos por los condicionantes estructura-



Figura 2. En la costa sur menorquina son frecuentes las indentaciones marinas que sumergen los valles originando las características calas.

Figura 2. In the southern coast of Menorca very often can be found marine indentations that allow the inundation of flat floor valleys resulting in the archetypical calas.

les –tanto la fracturación como el diaclasamiento– como por la variabilidad sedimentológica de los depósitos miocenos, han modelado esta parte del litoral menorquín. El modelo evolutivo de las calas no tan sólo tiene en consideración el karst, los procesos fluviales, o las variables de base (litología y tectónica), sino que precisa de un elemento clave: la oscilación glacioeustática del nivel marino durante el Cuaternario.

2 | El ejemplo de Cala Galdana

El barranc d'Algendar es uno de los torrentes paradigmáticos que atraviesan el Migjorn de Menorca desembocando en la zona de Cala Galdana. Allí, incisa sobre los materiales calcareníticos del Mioceno superior, se desarrolla la desembocadura del barranco, una ensenada cuya planta –a modo de anfiteatro– queda delimitada por impresionantes acantilados verticales (Fig. 3).

Cala Galdana es un caso típico de cala, bien desarrollada, en la formación de la cual intervienen una conjunción de toda una serie de procesos (i.e. fluvial, kárstico, marino) que actúan bajo el control de la fracturación y la litología y que tienen su espoleta en la variación del nivel marino durante el Pleistoceno–Cuaternario. Cala Galdana tiene, *lato sensu*, el aspecto de una desembocadura fluvial, aunque actualmente muy artificial debido a la fuerte presión turística que ha sufrido la zona en los últimos años. En ella se observa un lecho de fondo plano como consecuencia del relleno sedimentario depositado durante la última transgresión holocena (Fornós *et al.*, 1998) en unas condiciones de ambiente de albufera muy similares a las actuales.

Fracturación y karst

Desde lo alto del acantilado en el margen oriental de la cala, en una vista impresionante, se puede observar la forma circular, ligeramente elíptica que presenta la cala, delimitada por paredes completamente verticales en las cuales es posible observar, con cierta continuidad, una repetición de curvaturas cóncavas que muestran cierta regularidad. Estas formas cóncavas localizadas en las paredes verticales están relacionadas con las zonas de fracturación y diaclasamiento vertical, que presentan una dirección NNE-SSW y que facilitan la formación y la alineación de hundimientos de tipo kárstico (Fig. 4). Estas concavidades, no sólo son visibles en la cala, sino que también están presentes a lo largo de barranco, especialmente en su tramo inferior y se traducen en un curso o trayectoria del barranco meandriforme.

El desarrollo de estos hundimientos o colapsos kársticos está controlado por la evolución de las depresiones kársticas –dolinas– cuya evolución vertical se ve favorecida por la presencia de fracturas verticales, que actúan como conductos preferentes para las aguas de infiltración meteóricas (Fig. 5). Las fracturas también son clave para el desarrollo de los conductos freáticos de tendencia horizontal que se forman y evolucionan en la zona de mezcla de aguas del endokarst litoral, muy cercanos al nivel del mar. Este proceso evolutivo es especialmente visible en la línea de costa actual de los alrededores de Cala Galdana, donde el trazado de la línea de costa y la distribución de los hundimientos hacen muy evidente el control y el papel que juega la fracturación (Rosselló *et al.*, 2002).

Cala Galdana representa, en el modelo evolutivo de las calas, un estadio que podría considerarse como maduro y bien desarrollado, puesto que la interacción entre proce-

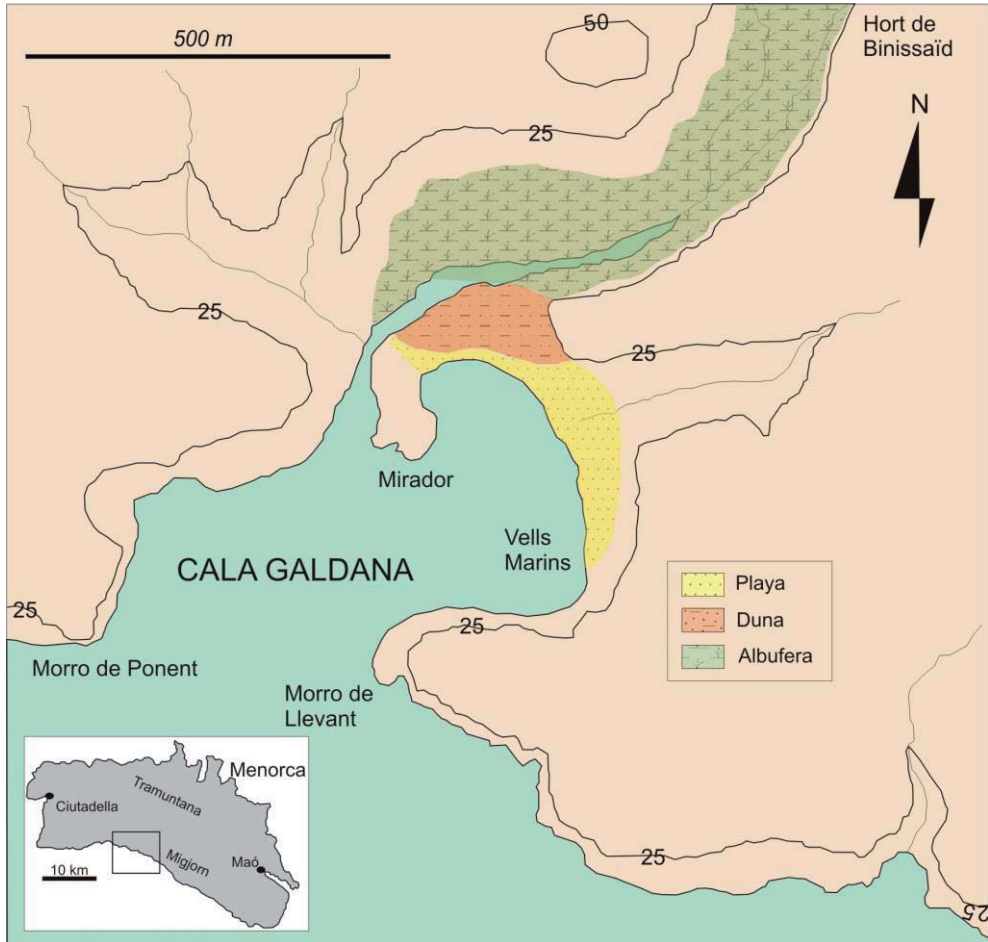


Figura 3. Localización y ambientes deposicionales actuales en Cala Galdana.

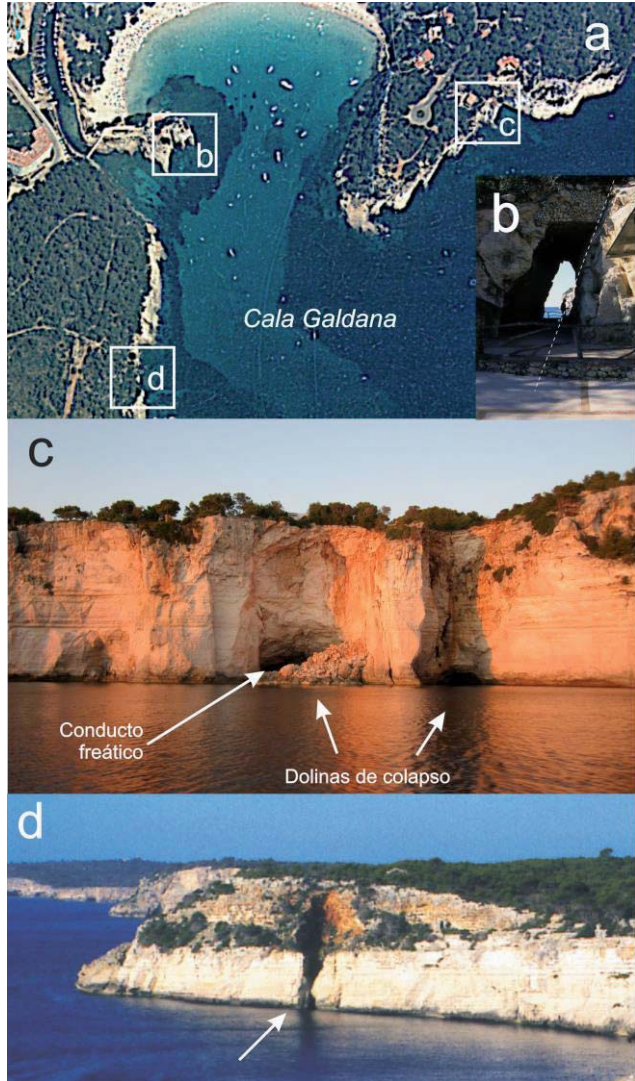
Figura 3. Cala Galdana location and present depositional environments.

Los kársticos, modelado fluvial, estructura tectónica, así como la dinámica marina, se dan en un marco de interacción total. El modelo de evolución que comentaremos a continuación se puede observar en la mayoría de las calas del *Migjorn* de Menorca, aunque en estadios evolutivos muy diferentes. El ejemplo antagónico a la cala que nos ocupa sería el caso de Cala Sant Vicenç que representaría un estadio inicial, todavía poco desarrollado, aunque con la intervención de todas las variables mencionadas (Fornós, 2004).

Menorca y las Baleares en general presentan unos afloramientos rocosos cuya litología es mayoritariamente carbonatada y donde los procesos kársticos son omnipresentes. Evidentemente, también en la zona litoral. En consecuencia, el interés científico para estudiar la relación de los fenómenos kársticos con la morfogénesis litoral, así como otros aspectos, principalmente en lo tocante al registro y los efectos de las oscilaciones del nivel marino durante el Cuaternario, ha ocupado las líneas de investigación recientes así como ha propiciado el desarrollo de las correspondientes

Figura 4. Cala Galdana (a) es el resultado de la interacción entre la fracturación (b), los procesos kársticos y marinos (c) y las variaciones texturales de los materiales carbonatados miocenos (d).

Figura 4. Cala Galdana (a) results from the interaction of fractures (b), karstic and marines processes (c) and the textural differences among the Miocene carbonate rocks.



técnicas de exploración (Ginés, 2000). En este sentido, la exploración subacuática de diversas cavidades localizadas en la zona litoral, iniciadas a principios de este siglo de una forma sistemática (Gràcia et al., 2000), ha puesto de manifiesto la existencia de toda una serie de grandes cavidades que, por norma general, presentan una distribución paralela a la costa y disminuyen su presencia hacia el interior, del mismo modo que se organizan una serie de conductos en un trazado que prosigue en profundidad los lechos de los principales barrancos. Un fenómeno similar al descrito en zonas tropicales (Whitaker y Smart, 1990; Mylroie y Carew, 1990) y que se relaciona con los procesos de disolución preferente que tienen lugar en los acuíferos carbonatados marinos litorales en la zona de mezcla de aguas (Smart y Whitaker, 1991). Así las cosas, las cavidades del endokarst litoral se relacionan con la cuña de in-

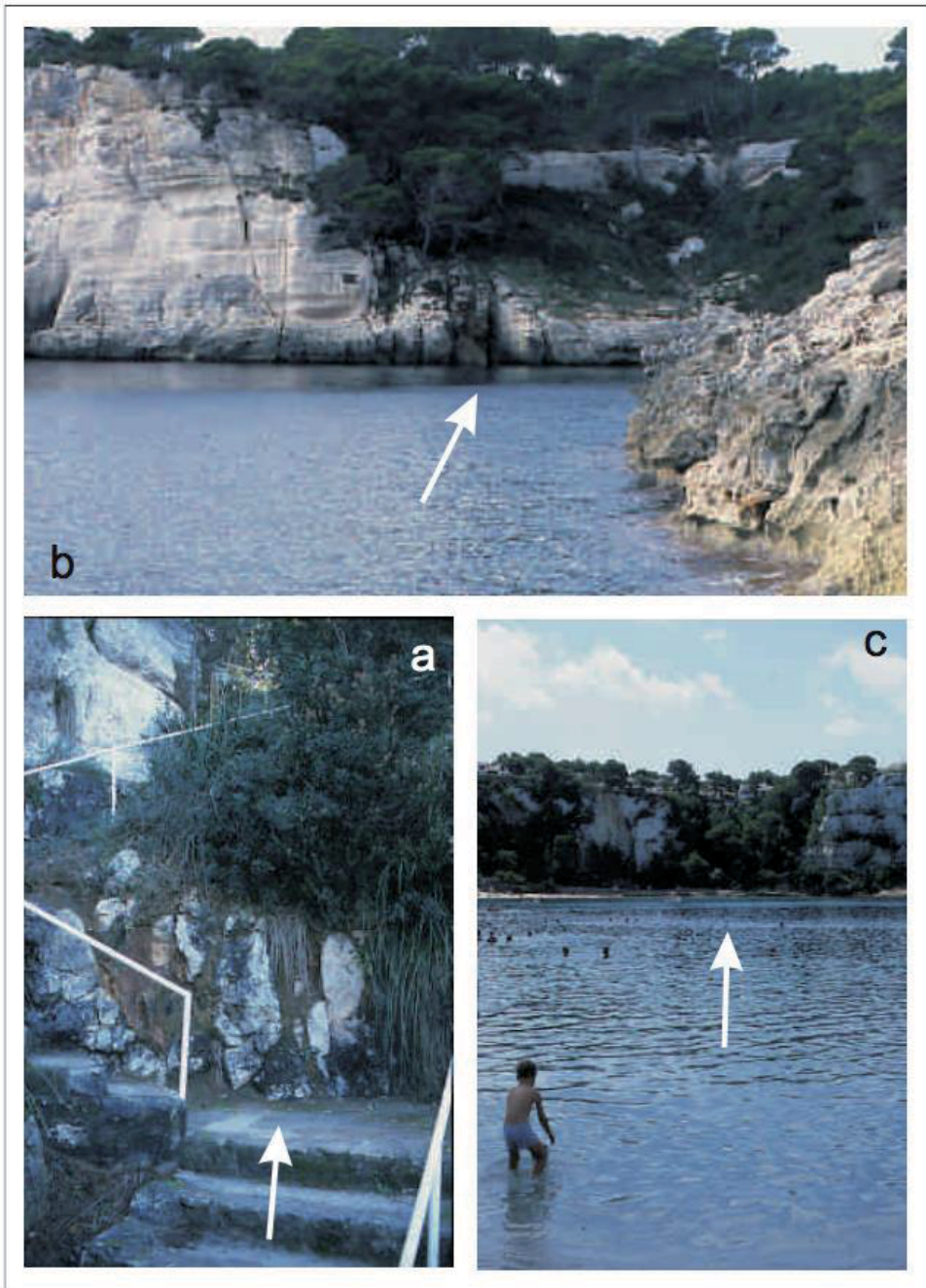


Figura 5. La interacción entre fracturación y karst se hace evidente en el modelado de Cala Galdana.

Figura 5. The interaction between fractures and karst is quite evident at the Cala Galdana morphorlogy.

trusión marina, aunque mostrando diferentes digitaciones en función de la dinámica fluvial y las variaciones texturales de la litología carbonatada.

El modelado kárstico se caracteriza por la utilización de conductos preferentes, en nuestro caso la fracturación y el diaclasamiento. En el *Migjorn* de Menorca, especialmente en la zona central (Fig. 6), la fracturación distensiva presenta una orientación preferente en la que dominan las direcciones N-S. Es decir, alineaciones perpendiculares a la línea de costa (Gelabert, 2003). Esta orientación ha facilitado la infiltración de la cuña marina en los acuíferos y, por tanto, la efectividad de la disolución en dirección a tierra debido a la canalización preferencial de flujo a través de las líneas de discontinuidad que representan estas fracturas (Back *et al.*, 1984). El trazado en planta de las cavidades kársticas muestra, en consecuencia, una fuerte digitación que acaba por debilitar la estructura de la roca y facilita la acción erosiva del mar. Una acción de zapa que acabará con la captura de dichas cavidades y conductos. De este modo se inicia el desarrollo de entradas marinas, que con su evolución podrán participar en la génesis de las calas. Fenómeno habitual y bastante evidente en el caso del sector de costa que nos ocupa.

Otro aspecto a considerar es la sedimentología de los roquedos miocenos. En concreto, su estratificación y su pendiente deposicional (Fig. 7). En los distintos afloramientos y secciones, tanto costeras como interiores, se observa, claramente, que buena parte de los conductos freáticos siguen la pendiente deposicional y que la alter-

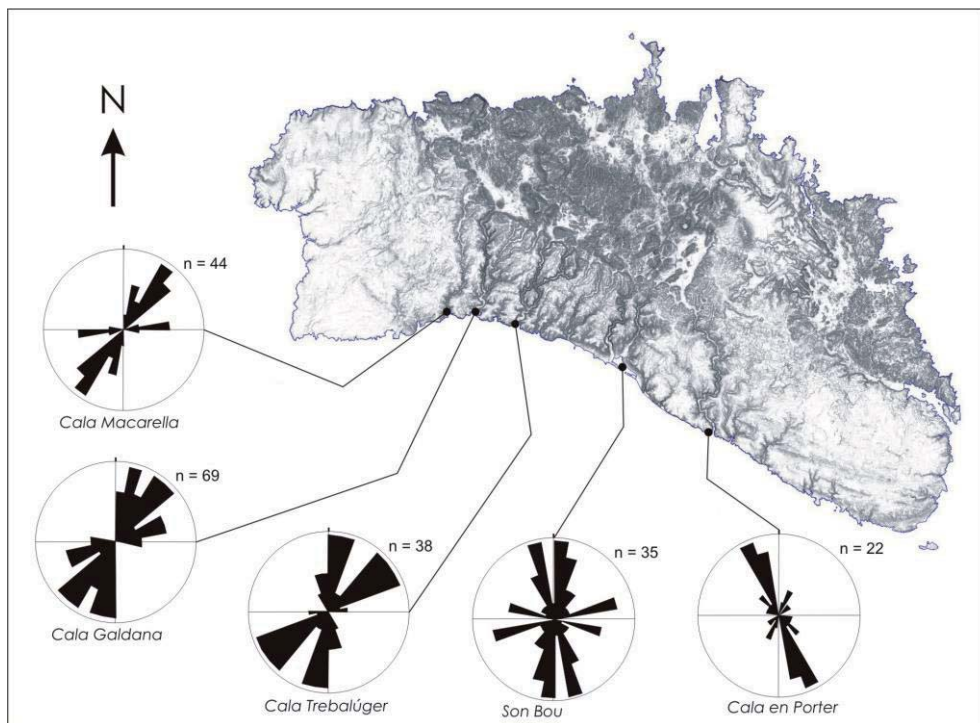


Figura 6. El trazado de los barrancos en la zona central del Menorca viene condicionado por las principales direcciones de fracturación.

Figura 6. The fluvial drainage network in the center of Menorca is controlled by the main fractures direction.

nancia entre materiales más lutíticos e impermeables con depósitos calcareníticos, haría que estos últimos actuaran como conductos preferentes. En cualquier caso, siempre favorecidos por la facturación vertical y desarrollados durante etapas o periodos de estabilidad del nivel del mar durante el Pliocuaternario.

No puede hablarse de un único sistema o nivel de conductos y cavidades, ya que se observa la superposición de diferentes niveles de disolución a cotas distintas, en parte, debidos a la variabilidad glacioeustática cuaternaria. Esta disposición en vertical del conjunto de cavidades contribuye, sin duda, a la formación de cañones kársticos, depresiones y dolinas. A la larga, la pérdida de soporte hidráulico en periodos glaciales favorecerá su colapso, especialmente en aquellas zonas en las que la formación carbonatada miocena presenta una mayor potencia (mayor altura de los acantilados). Este mecanismo morfogenético no actúa de forma individualizada, por lo que la forma final de la cala vendría condicionada por la interacción de otros procesos, entre ellos el fluvial.

A modo de síntesis, podemos afirmar que los episodios regresivos implicarían la aceleración de los procesos de desmantelamiento e incisión de los barrancos, especialmente por el colapso de cavidades; mientras que en periodos cálidos y transgresivos, esas zonas deprimidas serían invadidas por el mar. Durante la estabilización del nivel marino los procesos sedimentarios provocarían el relleno de los barrancos (Fornós *et al.*, 1998).

La característica forma de planta elíptica o casi circular que presentan las calas, la verticalidad de las paredes que las delimitan de forma envolvente, así como la forma meandriforme de los barrancos –especialmente en los tramos finales– en los cuales se observa, en la actualidad, un patrón de acumulación inverso al proceso sedimentario



Figura 7. Las dos principales unidades sedimentarias del Mioceno del Migjorn de Menorca. En la parte inferior, la Unidad Inferior de Barras y, en la superior, la Unidad Arrecifal. Apréciase la pendiente deposicional.

Figure 7. The two main sedimentary units at the Menorca Migjorn Miocene. In the base the Bars Lower Unit, and on top the Reefal Uni. Notice the depositional slope.

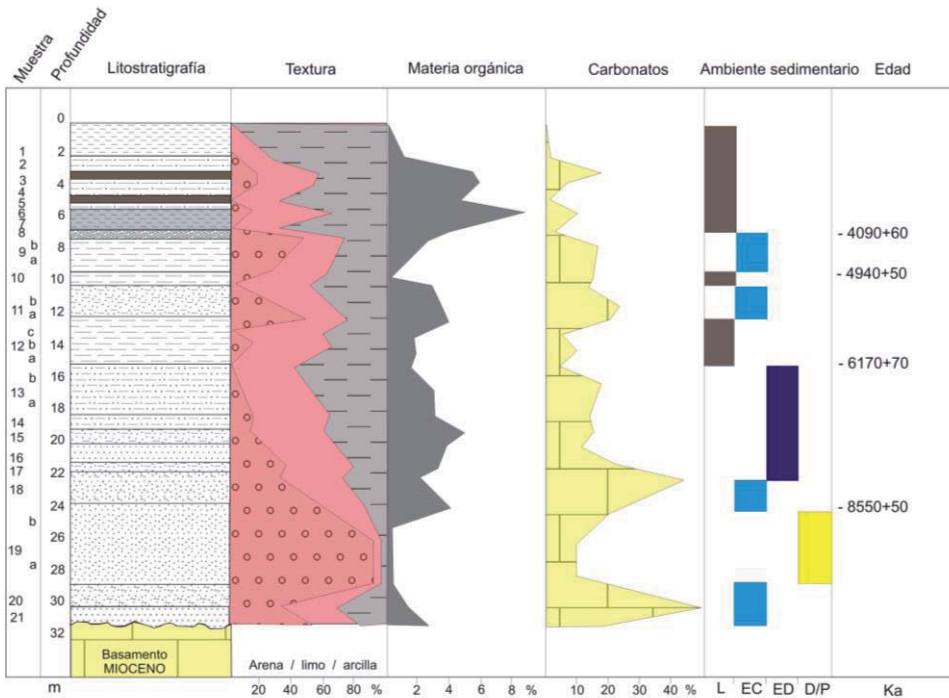


Figura 8. Sedimentología de los rellenos de fondo de barrancos en Cala Galdana.
Figura 8. Sedimentology of the bottom valley infilling at Cala Galdana.

que se supone debería presentar un modelado fluvial meandriforme, abogan claramente por una interpretación genética en la que el karst, con su formación de vacíos y su posterior hundimiento, controlaría el desarrollo de esta forma. En cualquier caso, la forma resultante de cala no debe considerarse exclusiva o propia del modelado kárstico, sino que en realidad presenta una elevada variabilidad morfológica fruto de la combinación del karst con los otros procesos y agentes: fluviales, dinámica marina, estructura tectónica y la variación textural y sedimentaria de los depósitos carbonatados. Todo ello dentro del marco y el rol catalizador con el que contribuye la oscilación del nivel marino durante el Cuaternario.

El relleno sedimentario holoceno y su evolución

Uno de los atributos morfológicos más destacables en los tramos finales de los barrancos y de los fondos de la cala es el característico fondo plano, evidencia inequívoca de un relleno sedimentario importante. Este relleno está diseccionado en la actualidad por un canal de desagüe artificial que da al barranco una salida al mar, superando así la barra arenosa. Antes el cauce del barranco, en función del caudal, rompía la restinga del sistema playa-duna que cierra, cerraba, una pequeña zona interna de albufera.

Los sondeos efectuados en dichos materiales de relleno permiten observar la evolución de la sedimentación en esta área con connotaciones estuarinas (Fig. 8). El registro sedimentario corresponde, como el resto de los rellenos de los barrancos del *Migjorn*, a depósitos lutíticos intercalados con secuencias arenosas propias de ambien-

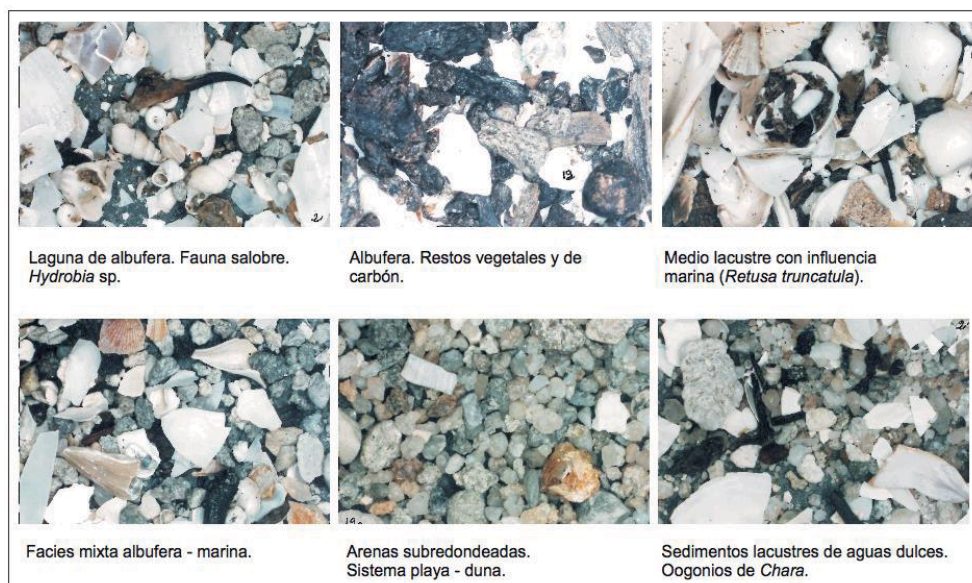


Figura 9. Principales facies sedimentarias presentes en la evolución sedimentaria del relleno de los barrancos.

Figura 9. Main recognizable sedimentary facies at the bottom valley infilling logs.

tes de transición playa-duna y albufera. La superposición de las facies marca una clara tendencia evolutiva hacia niveles más restringidos y con menor influencia marina (Fig. 9). El conjunto presenta una participación muy débil de la sedimentación detrítica de origen fluvial, fruto –sin duda– de la litología carbonatada que aflora casi exclusivamente la cuenca de drenaje.

La regresión que afecta al área balear en los estadios glaciales del Pleistoceno (Cuerda, 1989) y especialmente el último, así como la posibilidad de interferencia con procesos de tipo tectónico como basculamientos (Fornós et al. 2002), han dado lugar a la incisión de los barrancos por debajo del presente nivel marino en las zonas costeras del Migjorn de Menorca. La fuerte erosión mecánica favorecida por el descenso brusco del nivel de base, y sin duda también por los procesos de karstificación asociado, dio como resultado encajamientos profundos que actualmente se pueden observar. Este encajamiento no es uniforme a lo largo de todo el Migjorn, sino que se ve favorecido por las condiciones hidrológicas de la isla. La máxima incisión de los barrancos puede apreciarse precisamente en los barrancos que llegan a capturar los niveles impermeables de la Tramuntana. Circunstancia que no se da en otros barrancos a pesar del contacto entre los materiales carbonatados y la región septentrional. Es en este último caso el drenaje se ve favorecido por los procesos subterráneos kársticos eliminando de este modo el volumen de agua que puede circular en superficie y disminuyendo, por tanto, la incisión mecánica de los cauces. Este proceso además conlleva la poca uniformidad en la potencia de los rellenos sedimentarios (Fig. 10).

El ascenso del nivel de base originado en el presente interglaciar por la subida del nivel del mar durante el Holoceno (el máximo flandriense se produciría en la cercana isla de Mallorca alrededor de los 7.000 años BP según Goy et al., 1997), implicaría la

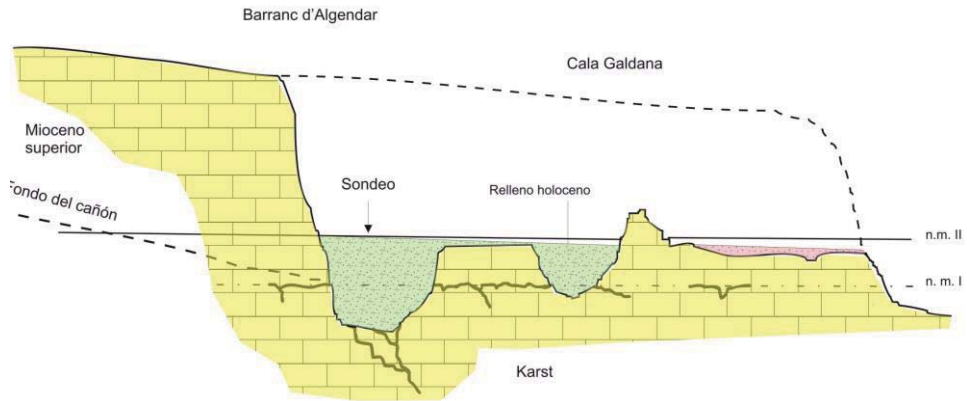


Figura 10. En relleno holoceno del fondo de los barrancos presenta variaciones importantes de potencia debido a la presencia de depresiones kársticas.

Figura 10. *The Holocene bottom valley infilling shows significant thickness variations because the presence of karstic depressions.*

paralización del proceso de incisión en las partes más bajas de los torrentes, y se iniciaría con ello el relleno en las partes más cercanas a la actual línea de la costa. Hoy por hoy, sistemas playa-duna con albuferas y marismas asociadas y que, en la misma línea de costa, originan la característica forma de cala (Rosselló et al., 1997). Este proceso sedimentario ligado a la morfogénesis kárstica provocaría un cierre rápido de los barrancos por una restinga, que limitaría una zona interna de albufera cercada por las paredes de la incisión anterior. La sedimentación lacustre/palustre asociada refleja las variaciones de salinidad y la presencia de facies típicas de estos ambientes de transición con influencias continentales o marinas alternantes, como consecuencia de las pequeñas oscilaciones del nivel del mar y las variaciones de tipo climático.

3 | Las eolianitas pleistocenas adosadas a los acantilados miocenos

Uno de los fenómenos sedimentarios más característicos del litoral de la isla de Menorca es la presencia de depósitos de eolianitas peistocenas adosadas a los acantilados verticales (Fig. 11) recortados en las unidades pleistocenas en el *Migjorn*, aunque también las eolianitas están presentes en el litoral de la zona de *Tramuntan*., En este último caso suelen estar más relacionados con ensenadas y costas bajas.

Un bonito ejemplo de eolianitas adosadas al acantilado lo tenemos en los acantilados del este de Cala en Porter, donde de forma adosada a los acantilados verticales que llegan a superar los 25 m de altura se observa una importante acumulación eólica (Fig. 12). Formada por una calcarenita de composición casi en su totalidad bioclástica –que se conoce localmente con el nombre de *marès*– está dispuesta de forma adosada al pie del acantilado. Morfológicamente el depósito dunar está compuesto de por dos unidades deposicionales distintas. En la base se trata de una duna adosada al acantilado (*cliff-front dune*) con características de duna *eco* que presenta una marcada laminación milimétrica y en la que son visibles tanto las láminas de barlovento, con buzamientos que superan los 25°, como las láminas de so-



Figura 11. Acantilados del sector occidental de Cala en Porter, con acumulaciones de eolianitas de forma adosada a los acantilados, especialmente presentes en recovecos protegidos de la erosión marina.

Figura 11. Cliffs westwards from Cala en Porter. Notice the presence of eolianites attached to the cliff face in the sheltered coast undulations.



Figura 12. Acantilados del sector oriental de Cala en Porter, donde se pueden apreciar las espectaculares acumulaciones de dunas adosadas pleistocenas.

Figura 12. Cliffs eastwards from Cala en Porter. Notice the presence of large Pleistocene cliff attached eolianites.

tavento, con buzamientos que llegan a superar puntualmente los 30° . En la cresta de la duna, que se dispone de forma paralela al acantilado, son claramente visibles estructuras en zig-zag. Cuando las láminas presentan un buzamiento menor son también visibles estructuras de deformación producidas por la presión ejercida en el deambular de vertebrados caprinos (concretamente de *Myotragus balearicus*, Fornós *et al*, 2002).

La segunda unidad eólica está separada de la anterior por una ligera superficie de erosión con el desarrollo incipiente de un paleosuelo producto de una acumulación coluvial de escasa importancia. Se trata de una duna remontante (*climbing dune*) caracterizada por una fina laminación milimétrica que supera los 20° de buzamiento en dirección al acantilado. En este caso no son visibles las láminas de barlovento. Esta duna remontante no llega a superar el acantilado. Cabe considerar, también, la presencia importante de bloques de diversas dimensiones (desde clastos de orden centimétrico a bloques de orden métrico) en la zona de contacto de la duna con el acantilado debido a la dinámica erosiva del propio talud.

Las dataciones por OSL, preliminares, aportan a estos depósitos una edad correspondiente al Pleistoceno superior. En concreto la duna inferior tendría una edad aproximada de 115 ka que se correspondería con el estadio isotópico marino del

5d; mientras que la duna superior, con una edad aproximada de 62 ka, se atribuiría al MIS 4. En ambos casos parece clara la relación de los depósitos eólicos con las etapas regresivas desde el último estadio interglaciario (MIS 5e). Dada la elevada producción de arenas bioclásticas depositadas en la plataforma marina en momentos de mar alto (periodos cálidos) grandes bancos de arena quedarían expuestos durante el inicio de las etapas regresivas, permitiendo la removilización de dichos depósitos marinos arenosos por la acción del viento que acabarían acumulándose al pie de los acantilados, los cuales, a su vez, actuarían en forma de barrera y/o trampa sedimentaria. En cualquier caso, sí que parece evidente que la acumulación de dichos depósitos se corresponde con el momento de descenso del nivel marino durante los episodios regresivos acaecidos desde el último interglaciario (Fornós *et al.*, 2012).

Agradecimientos

El presente trabajo es una contribución a los proyectos de investigación MINECO CGL2013-48441-P y CGL2016-79246-P (AEI/FEDER, UE).

Bibliografía

- Back, W., Hanshaw, B.B. y Van Driel, J.N. (1984): Role of groundwater in shaping the Eastern Coastline of the Yucatan Peninsula, Mexico. En: LaFleur, R.G. (ed.) *Groundwater as a Geomorphic Agent*. Allen and Unwin, Inc. London. The Binghamton Symposia in Geomorphology: International Series, 13(12): 281-293.
- Cuerda, J. (1989): *Los tiempos cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma de Mallorca, 304 pp.
- Fornós, J.J. (2003): El karst y la evolución del litoral del Migjorn de Menorca. En: Rosselló, V.M., Fornós, J.J. y Gómez-Pujol, L. (eds.), *Introducción a la Geografía Física de Menorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 8: 101-110. Palma, AGE, Universitat de València, Societat d'Història Natural de les Balears.
- Fornós, J.J., Bromley, R.G.; Clemmensen, L.B. y Rodríguez-Perea, A. (2002): Traces and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artyodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180: 277-313.
- Fornós, J.J. (2004): Morfologia costanera i processos litorals. El paper de la fracturació i el karst. En: Fornós, J.J., Obrador, A. y Rosselló, V.M. (eds.), *Història Natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 11: 201-212. Palma, Societat d'Història Natural de Balears, Institut Menorquí d'Estudis.
- Fornós, J.J., Clemmensen, L.B., Gómez-Pujol, L., Ginés, A. y Ginés, J. (2012): Pleistocene eolianites and low sea levels. En: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B.P. y Fornós, J.J. (eds.), *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 85-110. Palma, Societat d'Història Natural de les Balears.
- Fornós, J.J., Fumanal, M.P., Pons, G.X., Barón, A., Fornés, A., Pardo, J.E., Rodríguez-Perea, A., Rosselló, V.M., Segura, F. y Servera, J. (1998): Rebliment holocènic a la vall incisa del barranc d'Algendar (Cala Galdana, sud de Menorca, Mediterrània Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 41: 173-189.
- García-Senz, J.M. (1985): *Estudio geomorfológico del karst del Migjorn menorquí*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geodinámica Externa e Hidrogeología. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona. 51 pp.
- Gelabert, B. (2003): La estructura geológica de Menorca. Las zonas de Tramuntana y Migjorn. A: Rosselló, V.M., Fornós, J.J. y Gómez-Pujol, L. (eds.), *Introducción a la Geografía Física de*

- Menorca. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 8: 39-48. Palma, AGE, Universitat de València, Societat d'Història Natural de les Balears.
- 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. Palma, Universitat de les Illes Balears.
- Ginés, J. 2003. El modelado kárstico. In: Rosselló, V.M.; Fornós, J.J. & Gómez-Pujol, L. (Eds.) *Introducción a la Geografía Física de Menorca. Guía de Campo de las XVIII Jornadas de Geografía Física*. AGE - Universitat de València - Mon. Soc. Hist Nat. Balears, 10: 65-70. Palma de Mallorca.
- Ginés, J. y Fornós, J.J. (2004): Caracterització del karst del Migjorn. La seva contribució al modelat del territori. Fornós, J.J., Obrador, A. y Rosselló, V.M. (eds.), *Història Natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 11: 259-274. Palma, Societat d'Història Natural de Balears, Institut Menorquí d'Estudis.
- Goy, J.L., Zazo, C. y Cuerda, J. (1997): Evolución de las cuencas margino-litorales de la costa de Mallorca (I. Baleares) durante el último y presente interglacial: nivel del mar Holoceno y clima. *Boletín Geológico y Minero*, 108: 455-463.
- Gràcia, F., Clamor, B. y Lavergne, J.J. (2000): Les coves de Cala Varques (Manacor, Mallorca). *Endins*, 23: 41-57.
- Myloie, J.E. y Carew, J.L. (1990): The flank margin model for dissolution cave development in carbonate platforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15: 413-424.
- Penck, A. (1894): *Morphologie der Erdoberfläched*. Engelhorn. Stuttgart.
- Rosselló, V.M. (2005): Cala, una mesoforma litoral: concepte, models i aproximació morfomètrica. *Cuadernos de Geografía*, 77, 1-18.
- Rosselló, V.M. (1995): Les cales, un fet geomòrfic epònim de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 38, 167-180.
- Rosselló, V.M., Fornós, J.J., Fumanal, M.P., Pardo, J.E. y Rodríguez-Perea, A. (1997): Elementos morfogenéticos de calas y barrancos del sur de Menorca. *Dinámica Litoral Interior. Actas XV Congreso de Geógrafos Españoles*, 1: 245-256.
- Rosselló, V.M., Fornós, J.J., Gelabert, B., Giménez, J., Ginés, J., Pardo, J. y Segura, F. (2002): El papel del karst en el macromodelado litoral: el ejemplo de las calas de las Islas Baleares. En: Carrasco, F., Durám J.J. y Andreo, B. (eds), *Karst and Environment*: 329-335. Madrid, ITGME.
- Servera, J. (1997): *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis Doctoral, Departament de Ciències de la Terra. Palma, Universitat de les Illes Balears.
- Smart, P.L. y Whitaker, F.F. (1991): Karst processes, hydrology and porosity evolution. En: *Palaeokarsts and Palaeokarstic Reservoirs*. (ed. V.P. Wright, M. Esteban y P.L. Smart), P.R.I.S. Occ. Publ. Series, 2: 1- 54. Reading, University of Reading.
- Whitaker, F.F. y Smart P.L. (1990): Active circulation of saline ground waters in carbonate platforms: Evidence from the Great Bahama Bank. *Geology*, 18: 200-203.