

EL RELLEU SUBMARÍ DEL PARC NACIONAL DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Miquel Canals

Galderic Lastras

Jesús Rivera

David Amblàs

Antoni M. Calafat

GRC en Geociències Marines; Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà; Facultat de Ciències de la Terra; Universitat de Barcelona;

Instituto Español de Oceanografía; Madrid

GRC en Geociències Marines; Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà; Facultat de Ciències de la Terra; Universitat de Barcelona;

miquelcanals@ub.edu

Canal, M., Lastras, G., Rivera, J., Amblàs, D. i Calafat A.M. (2020). El relleu submarí del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera. *In*: Grau, A.M., Fornós, J.J, Mateu, G, Oliver, P.A., Terrasa, B. (2020) *Arxipèlag de Cabrera: Història Natural*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 30. 738 pp. ISBN 978-84-09-23487-5.

RESUM

Els fons marins del Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera presenten una notable diversitat pel que fa al seu relleu, amb una marcada asimetria tant est-oest com nord-sud. Així, els fons situats a l'est dels illots septentrionals configuren una extensa planassa delimitada per la isòbata de 55 m, damunt la qual s'hi desenvolupen un seguit de barres i crestes cimentades, amb ones de sediment gegants intercalades. En canvi, cap a l'oest, es guanya profunditat ràpidament. Al nord de l'arxipèlag les fondàries són sensiblement menors que no pas al sud, on a molt poca distància de la costa s'assoleixen els 100 m. Els fons situats al sud de Cabrera Gran presenten un extens camp d'ones de sediment pregones orientades de nord a sud, és a dir transversalment a les isòbates. A l'extrem sud-oriental del Parc s'observen unes grans barres cimentades d'orientació mitjana oest-est que semblen tenir continuïtat en direcció a llevant, fora de l'àrea cartografiada. A més, hom descriu i interpreta per primer cop altres elements singulars del relleu submarí, com ara un camp de dunes en mitja lluna, monticles i agrupacions de protuberàncies que localment donen un aspecte granellut al fons, terrasses i esglaons a la plataforma interna, esteles de sediments als freus, un canal submarí al llarg del tàlveg d'Es Port, el rebliment sedimentari de cales i badies, i fins i tot un possible dipòsit d'esllavissament submarí enfora del cap de Lleibeig.

Alguns elements del relleu submarí semblen tenir una relació directa amb l'estructura geològica observable a Cabrera Gran i als illots menors. El cas aparentment més obvi és el de la vall submarina d'Es Port, associada a un front d'encavalcament de direcció sud-est a nord-oest que a terra determina el traçat del canal de ses Figueres, que vertebrà el principal subsistema de drenatge de tot l'arxipèlag. La continuació dels forts desnivells i penya-segats costaners cap als fons marins també es palesa en nombrosos indrets.

Per últim, la fisiografia i el relleu submarí, així com la naturalesa dels materials que a cada indret el formen i l'acció dels processos oceanogràfics, tenen un paper determinant en la composició i distribució dels hàbitats bentònics propis del Parc Nacional.

Paraules clau: *Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera, Cartografia submarina, Batimetria de multifeix, Pendents, Intensitat de retrodifusió, Formes del relleu submarines, Ones de sediment, Barres cimentades, Terrasses submarines, Paleolíniees de costa, Esteles de sediment, Hàbitats bentònics, Illes Balears*

ABSTRACT

The seafloor relief of the Cabrera Archipelago National Park displays a noticeable diversity, with a pronounced asymmetry both east-west and north-south. East of the northern islets there is a

wide platform bounded by the 55 m isobath, on top of which a number of cemented sandbars and sand ridges occur, together with interspersed giant sediment waves. In contrast, water depth increases rapidly westward. To the north of the archipelago depths are markedly shallower than in the south, where 100 m depth are reached at short distance from shore. The seabed southward of Great Cabrera Island shows a large field of north-south oriented deep sediment waves, i.e. normal to the local isobaths. At the southeastern corner of the Park there are some large cemented sandbars with a west-east mean orientation that seem to continue eastward, beyond the mapped area. Other outstanding submarine landforms that appear locally include a barchan dune field, mounds and bumps clusters, terraces and steps on the inner shelf, sediment tails in the straits between islets, a submarine channel following the thalweg of Es Port, the sediment infill of some small coves and bays, and even a possible submarine landslide deposit off Llebeig cape. All these elements are described and interpreted for the first time in this contribution.

Some of the seafloor landforms seem to relate directly with the geological structure of Great Cabrera and the smaller islets. The submarine valley along the axis of Es Port is the best example, as it seems to be associated to a south-east to north-west oriented thrustfront that also controls the path of ses Figueres channel inshore, which is the main course of the principal subaerial watershed in the entire archipelago. The continuation of the pronounced slopes and coastal cliffs into the sea becomes also obvious in numerous places.

Finally, the overall physiography and the seafloor relief, together with variations in its constitution from place to place and the action of oceanographic processes, play a key role on the composition and distribution of benthic habitats occurring across the National Park.

Keywords: *Cabrera Archipelago National Park, Seafloor mapping, Multibeam bathymetry, Slope gradient, Backscatter, Seabed landforms, Sediment waves, Beachrocks, Submarine terraces, Paleoshorelines, Sediment tails, Benthic habitats, Balearic Islands*

INTRODUCCIÓ

Les illes Balears són la part emergida de l'anomenat promontori Balear, d'orientació general SSO-ENE, de 350 km de llarg i entre 105 i 155 km d'ample (Figs. 1 i 2). Geològicament, el promontori és l'extensió nord-oriental de les serralades Bètiques del sud de la península Ibèrica cap a l'interior de la mar Mediterrània Occidental. Per la seva posició i configuració, el promontori Balear separa la conca pregona Algerobaleare, de 2.700 m de fondària, situada al sud, entre les illes i el nord d'Àfrica, de l'anomenat solc de València, situat al nord del promontori, on només al seu extrem nord-oriental s'ultrapassen els 2.000 m. Per l'est, el promontori Balear limita amb la conca Algeroprovençal, mentre que per l'oest el canal d'Eivissa separa el promontori de la plataforma continental alacantina (Canals *et al.*, 1982; Medimap Group, 2007; Camerlenghi *et al.*, 2009). En aquest context, l'arxipèlag de Cabrera se situa justament penjat al límit septentrional de la conca Algerobaleare, l'obertura de la qual s'hauria iniciat al Miocè inferior, al Burdigalià, fa uns 20 milions d'anys. Hom creu que sota els sediments miocens i plio-pleistocens de la conca Algerobaleare hi ha escorça oceànica de només 16 milions d'anys d'antiguitat, és a dir del Miocè mig, formada a partir d'un centre d'expansió enterrat anomenat Dorsal d'Anníbal (Mauffret *et al.*, 2004; Panza *et al.*, 2007).

Els talussos que envolten el promontori Balear són majoritàriament abruptes o molt abruptes (3°-20°), amb menció especial pels talussos meridional (conegut com escarpament de l'Emile Baudot), oriental i nord-oriental (escarpament de Menorca) i també el talús septentrional de Mallorca i Menorca (Figs. 1 i 2). Els escarpaments de l'Emile Baudot i de Menorca comporten un desnivell de 2.500 m des de la vora de plataforma, a 100-130 m de fondària, fins el peu del talús, mentre que al nord i oest d'Eivissa el pendent del talús és més suau (1°-2°) i el desnivell de l'ordre de 1.000 m o menys. El braç de mar que s'obre entre les Pitiüses i la costa alacantina, anomenat canal d'Eivissa, assoleix 800 m de fondària màxima amb l'excepció d'una depressió estreta al peu del mont submarí de Xàbia, que s'estén d'oest a est al bell mig del canal, on s'ultrapassen, de poc, els

900 m de fondària (Lastras *et al.*, 2004). Alguns d'aquests talussos, especialment els més abruptes, estan solcats per nombroses valls o canyons submarins amb un recorregut de poques desenes de quilòmetres (Acosta *et al.*, 2001), amb l'excepció del canyó submarí de Menorca (Figs. 1 i 2). Aquest canyó, amb un curs superior format per tres branques principals, s'inicia a poc mes de 5 km de la costa de migjorn de Menorca, entorn els 80 m de fondària, i sembla assolir una profunditat propera als 2.600 m a la seva gola, més enllà de l'escarpament de l'Emile Baudot, al sud de Mallorca (Acosta *et al.*, 2002, 2004a).

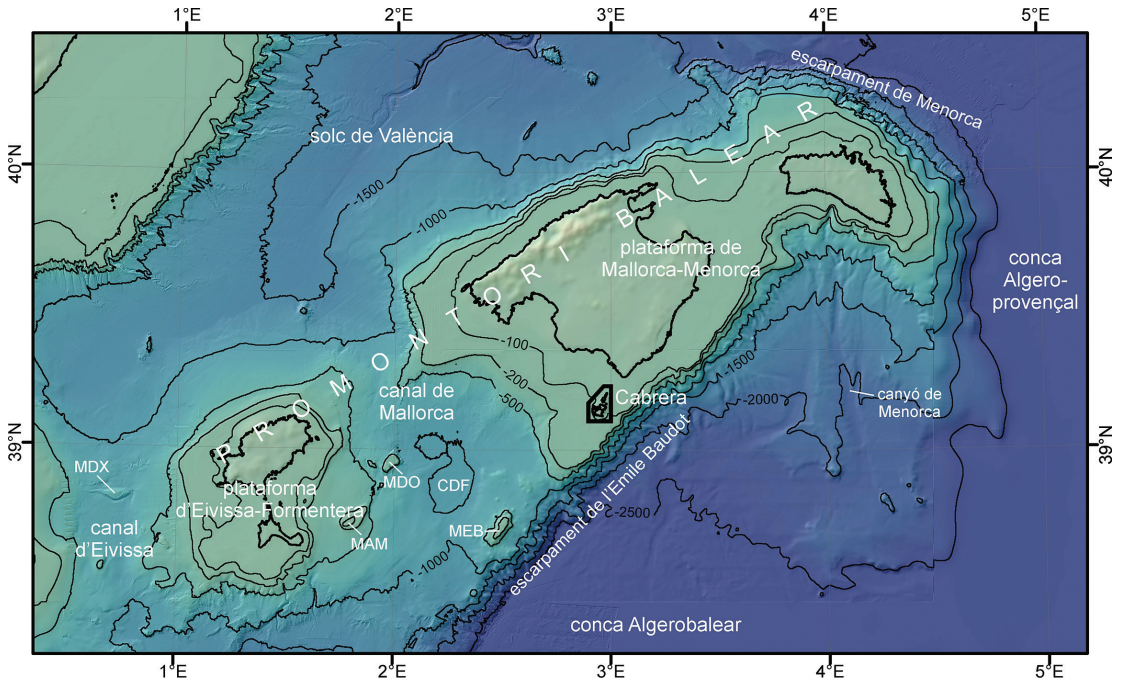


Figura 1 Mapa batimètric general del promontori Balear on s'indica la situació del Parc Nacional de Cabrera. CDF: Cubeta de Formentera. MAM: Mont d'Ausiàs March. MDO: Mont dels Oliva. MDX: Mont de Xàbia. MEB: Mont de l'Emile Baudot. Isòbates en metres.

La part submergida més soma del promontori Balear està dividida en dues plataformes, la de Mallorca-Menorca i la d'Eivissa-Formentera, separades pel canal de Mallorca, que s'obre entre les costes d'Andratx i Santa Ponsa, a Mallorca, i les de l'extrem nord-oriental d'Eivissa, amb una fondària màxima de 740 m (Acosta *et al.*, 2004b) (Figs. 1 i 2). El mateix canal de Mallorca, juntament amb les vores de plataforma del sud-oest de Mallorca, inclòs l'arxipèlag de Cabrera, i del sud-est i est de les Pitiüses, i els monts submarins dels Oliva, d'Ausiàs March i de l'Emile Baudot, encerclen una àmplia depressió a l'interior del promontori, de fins 1.125 m de fondària, que se situa entre Mallorca i les Pitiüses, al sud del canal de Mallorca i al nord de l'escarpament de l'Emile Baudot, anomenada cubeta de Formentera (Canals *et al.*, 1982; Medimap Group, 2007). A Mallorca, el mont de l'Emile Baudot és conegut també amb el nom de Fort del Francès. És una de les muntanyes submarines més notables dels Països Catalans, situada a poc més de 70 km al sud-oest de l'illa de Cabrera Gran. Està formada per més de 100 pitons volcànics que configuren un edifici principal i un seguit d'edificis satèl·lits menors (Ballesteros *et al.*, 2013).

La superfície de les dues plataformes és ben diferent, essent la de Mallorca-Menorca més del doble (6.418 km²) que la d'Eivissa-Formentera (2.709 km²), segons Acosta *et al.*, (2002). La forma general d'ambdues plataformes també és dissimilar. Així, la plataforma de Mallorca-Menorca s'assembla a dos rectangles entorn les illes de Mallorca i Menorca, d'orientació major SSO-ENE i NO-SE, respectivament, units a l'alçada del canal de Menorca, de poc més de 100 m de fondària, que s'obre entre les dues illes. En canvi, la plataforma d'Eivissa-Formentera té una forma grollerament ovalada entorn les dues illes principals. Les dimensions màximes d'ambdues plataformes segons el seu eix major i la direcció transversal són de 190 km i 95 km en el cas de Mallorca-Menorca, i de 75 km

i 60 km en el cas d'Eivissa-Formentera. La profunditat de la vora de plataforma és força semblant, entre 116 m i 150 m a Mallorca-Menorca, amb una mitjana de 138 m, i entre 100 m i 138 m a Eivissa-Formentera, amb una mitjana de 119 m. Pel que fa a l'amplada de la plataforma, és a dir la distància entre la línia de costa i la vora de plataforma més propera, també és força variable: entre un mínim de 3 km al SE de Menorca i un màxim de 35 km al sector de cap de ses Salines-arxipèlag de Cabrera, a Mallorca-Menorca, i un mínim de 2 km a l'est de Formentera i 25 km a l'oest de Formentera, a Eivissa-Formentera. La inclinació mitjana de la plataforma és, com el propi nom d'aquest element fisiogràfic indica, escassa: entre $0,23^\circ$ i $3,43^\circ$ a la plataforma de Mallorca-Menorca, i entre $0,37^\circ$ i $4,11^\circ$, a la plataforma d'Eivissa-Formentera (Acosta *et al.*, 2002)

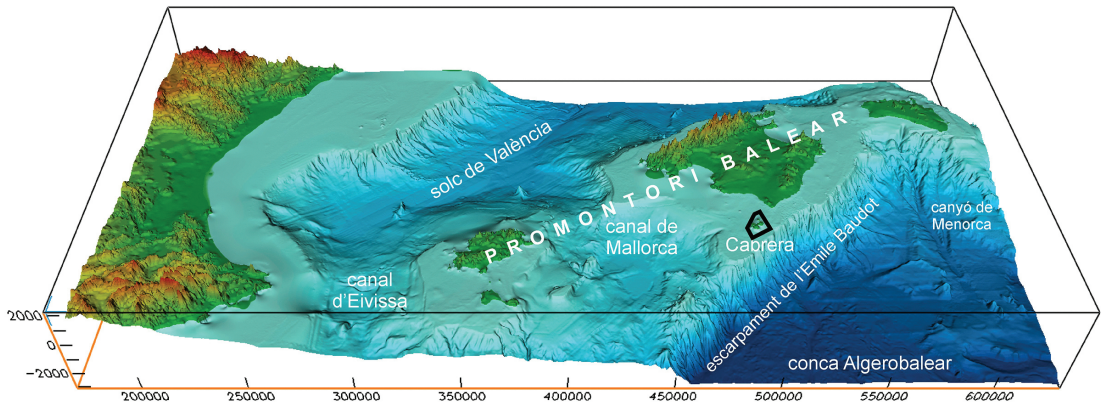


Figura 2 Imatge 3D del promontori Balear vist des del sud. El polígon negre mostra la situació del Parc Nacional de Cabrera.

És en aquest context que se situa el Parc Nacional de l'Arxipèlag de Cabrera ("PN de Cabrera" o, senzillament, "el Parc" d'ara en endavant, per motius de concisió), a l'extrem sud-occidental de la plataforma de Mallorca-Menorca, justament on la mateixa assolix la seva amplada màxima. Hom pot considerar les illes i illots que formen l'arxipèlag de Cabrera com un aflorament meridional de la serra de Llevant de Mallorca. L'arxipèlag consta d'una illa principal, anomenada Cabrera, i també Cabrera Gran quan hi pot haver confusió amb el nom del conjunt de l'arxipèlag, i 18 illes menors i illots, de les quals la més extensa és l'illa des Conills. A més, hi ha un gran nombre de niells i esculls. Cabrera Gran ocupa una superfície d'11,5 km², i assolix la cota màxima al cim de Na Picamosques¹, amb 172 m d'altitud (Servera, 1993).

Sota l'aigua, i en direcció est, sud-est i sud, i a una distància mínima de 3 km del límit del Parc, hi queda la vora de plataforma, la qual dona pas a l'escarpament de l'Emile Baudot, mentre que cap al sud-oest i l'oest, també fora dels límits del Parc i a una distància d'uns 10 km, la plataforma s'aboca al talús que s'obre a la cubeta de Formentera. Tota l'àrea que envolta el Parc pel nord correspon a la plataforma aigües enfora del tram costaner comprès entre el cap de ses Salines i el cap Blanc, al sud-oest de Mallorca (Figs. 1 i 2).

L'objectiu d'aquest capítol és descriure i il·lustrar el relleu submarí del PN de Cabrera i la seva perifèria més immediata, tot i intentant explicar els factors causatius dels seus elements morfològics més conspicus. Hom també mira d'establir les relacions entre les formes del relleu submarí i la geologia de l'arxipèlag, per una banda, i la distribució dels diferents tipus de fons i de les comunitats bentòniques que els poblen, per una altra.

¹ Per la toponímia del PN de Cabrera hem seguit Trias (1993) i, en menor mesura, la simplificada a ITGE (1991).

METODOLOGIA

L'estudi del relleu submarí del PN de Cabrera que aquí es presenta es basa en un conjunt de dades de batimetria de multifeix que foren adquirides pel GRC en Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB) amb la col·laboració de l'*Instituto Español de Oceanografía* (IEO) el mes de juliol de l'any 2014, durant la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL a bord del *V/O Francisco de P. Navarro*², pertanyent al mateix IEO. La campanya fou finançada a través de la UB pel projecte ASTARTE (*Assessment, STrategy And Risk Reduction for Tsunamis in Europe*), del VII Programa Marc de la Comissió Europea. Prèviament a la realització de la campanya hom sol·licità i obtingué els permisos corresponents de les autoritats competents.

Per adquirir les dades de batimetria de multifeix hom emprà una ecosonda EM-3002D³ de Kongsberg instal·lada en el buc del vaixell. Aquesta ecosonda pot muntar-se en configuració senzilla (un transductor o capçal emissor-receptor) o dual (dos capçals emissors-receptors), que fou l'emprada. L'alta freqüència a què treballa (300 kHz), la seva elevada taxa d'emissió (fins 40 Hz), i l'alt nombre de mesures per tret amb un total de 640 feixos amb un angle de 1,5° cadascun, fan que sigui una ecosonda idònia per a la cartografia d'alta resolució del fons marí a fondàries compreses entre 1 i 150 m, aproximadament. Abans d'iniciar l'adquisició hom efectuà unes línies de calibració del sistema de multifeix d'acord amb els protocols establerts a fi i efecte de corregir possibles desviaments angulars deguts al caboteig, l'escora i el balandreig de l'embarcació, i de garantir la millor qualitat de les dades.

Depenent de les seves característiques i configuració, i també de la profunditat d'aigua, les ecosondes de batimetria de multifeix insonifiquen un passadís més o menys ample del fons marí a mesura que el vaixell va avançant, generalment a velocitats compreses entre 5 i 7 nusos. En funció de totes aquestes variables hom obtindrà una major o menor densitat de dades del fons marí, cosa que repercuteix directament en la resolució i validesa dels productes cartogràfics. L'EM-3002D permet assolir una amplada màxima per passada de 5,5 vegades la profunditat d'aigua sota els transductors, amb un màxim d'uns 800 m. La reiteració de passades, preferiblement en la mateixa direcció, amb un solapament parcial a banda i banda, permet recobrir en la seva integritat l'àrea del fons marí objecte d'investigació.

En el cas de la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL, hom operà en mode equidistant, és a dir fent que l'amplada sobre el fons de cada passada fos constant, amb independència de la profunditat d'aigua. Aquesta estratègia permeté maximitzar el nombre de feixos útils, a més de facilitar la planificació de les passades successives i homogeneïtzar la resolució de la malla batimètrica obtinguda, augmentant així la seva resolució. L'adquisició es feu en mode mosaic, és a dir mitjançant línies de navegació paral·leles amb recobriment complet del fons marí. Hom ajustà la separació entre línies segons la profunditat, dins d'un rang comprès entre 80 m a les parts més somes i 250 m a les parts més pregones. L'ajustament de l'amplada sobre el fons de cada passada fou fet en conseqüència, variant entre 160 m i 340 m, amb un solapament de com a mínim el 20% entre passades successives. Del procediment general descrit se n'exceptuen les línies més properes a la costa, en què hom obrí al màxim el conjunt de feixos situats al costat de menys fondària a fi i efecte d'obtenir un recobriment tan ample com fos possible, atenent també al fet que no es farien passades més enganxades a la costa. Durant la campanya hom adquirí periòdicament, en diferents punts, perfils verticals de la velocitat del so a la columna d'aigua amb un perfilador *SVPlus V2* d'*Applied Microsystems*. Els perfils obtinguts s'anaven bolcant en el sistema de multifeix emprant els protocols establerts a l'efecte, de manera que les profunditats mesurades fossin tan precises com fos possible.

2 Vegeu-ne les característiques a: <http://www.ba.ieo.es/es/presentacion/equipamiento/buques-oceanograficos/229-bio-francisco-de-paula-y-navarro>.

3 Vegeu-ne les característiques completes a: https://www.kongsberg.com/globalassets/maritime/km-products/product-documents/164771ae_em3002_product_spec_lr.pdf

Per l'operació i el control de l'ecosonda i per l'adquisició de les dades a bord en temps real hom emprà el *Seafloor Information System* (SIS), v3.8.3, de Kongsberg Simrad, el qual compta amb un seguit d'interfícies gràfiques i eines que faciliten enormement aquestes tasques, incloses la verificació del calibratge del sistema i de la qualitat de les dades a mesura que hom les va obtenint.

Les dades obtingudes amb l'ecosonda de multifeix foren primerament preprocessades a bord, la qual cosa permeté generar de manera immediata malles amb una resolució de 10 m. Posteriorment, ja a terra, les mateixes dades foren processades de manera més acurada. En ambdós casos hom emprà el software *HIPS and SIPS* (*Hydrographic Information Processing System and Sonar Information Processing System*), v8.1.8, de CARIS (*Computer Aided Resource Information System*), el qual compta amb un seguit d'eines que permeten processar i assegurar la qualitat de les dades de batimetria de multifeix de manera automàtica i manual.

El processament dut a terme tingué com a finalitats principals corregir els efectes distorsionadors sobre les dades batimètriques derivats de: (i) els moviments del vaixell esmentats més amunt, (ii) les oscil·lacions de marea (de fins 28 cm durant la campanya ASTARTE-BAL), (iii) els artefactes causats per dades errònies, les quals foren identificades i suprimides, i (iv) les variacions de la velocitat de propagació del so a la columna d'aigua respecte a les entrades en el sistema durant l'adquisició. A partir del processament de les dades en sentit estricte, hom pogué generar malles o, si es vol, models digitals del terreny (MDTs), d'1 m de pas de malla. Els fitxers resultants, en format ASCII (American Standard Code for Information Interchange), amb els valors x, y, z (latitud, longitud, profunditat) de cada node de la malla, foren importats al sistema d'informació geogràfica ArcGIS per visualitzar, gestionar i editar un seguit de productes cartogràfics, entre els quals mapes batimètrics, batimètrics amb relleu ombrejat, de pendents i d'intensitat de retrodifusió (*backscatter*), així com talls batimètrics senzills i imatges 3D (cf. aptat. *Resultats*).

Els **mapes batimètrics** mostren el relleu submarí mitjançant un seguit de línies d'igual valor de profunditat anomenades isòbates. Depenent del rang de profunditat i de l'escala del mapa hom emprà una o altra equidistància entre isòbates (e.g. 1 m, 10 m, 100 m). Els **mapes batimètrics amb relleu ombrejat** afegeixen als anterior un efecte artificial d'ombrejat que hom obté aplicant un o més punts de llum simulats situats a l'alçada i direcció desitjats. Normalment, hom decideix la il·luminació més adequada després d'un seguit de proves. En ambdós tipus de mapes, la utilització de paletes de color ajuda a millorar encara més la visualització i la comprensió ràpida del relleu submarí que es mostra. En general, els colors càlids (vermell, taronja, groc) corresponen als fons més somers, mentre que els colors freds (verd, blau, lila) corresponen als fons més pregons.

Els **mapes de pendents** mostren el desnivell del fons marí, habitualment en graus i emprant una paleta de tons de gris, la qual ajuda també a donar un efecte visual d'imatge en relleu. No s'acostuma a emprar línies d'igual pendent doncs això, quan el pendent no varia de manera regular, que sol ser la situació més comú, donaria lloc a uns mapes amb un excés de pegats generalment allargassats i de dimensions molt variables.

Els **mapes d'intensitat de retrodifusió** expressen la quantitat d'energia acústica retrodifosa pel fons i el subfons més somers, i, d'alguna manera, són indicadors del tipus de fons, si més no des del punt de vista acústic. Tot i així, la intensitat de retrodifusió es veu afectada per un seguit de variables que en el món real es difícil tenir ben acotades, com ara la rugositat del terreny, el pendent i la seva orientació, la densitat dels materials o la presència de recobriment vegetal més o menys dens i, naturalment, el mateix angle d'incidència dels feixos acústics. De fet, l'alteració en la resposta acústica deguda a aquestes i a altres variables pot donar lloc a un seguit de "**facies acústiques**" que hom emprà sovint per identificar i cartografiar diferents tipus de fons. Com en el cas dels mapes de pendents, per a representar la intensitat de retrodifusió hom utilitza habitualment una paleta de tons de gris ajustada a una escala de valors relatius o en decibels.

Convé assenyalar que la cartografia batimètrica de multifeix del PN de Cabrera en què es basa aquesta contribució no és ni la primera ni, per tant, l'única, però sí que és, creiem, la més completa pel que fa a recobriment, doncs abasta tot el Parc i encara més enllà, amb l'excepció d'alguns

sectors enganxats a les costes de les illes i illots, compreses algunes badies i cales, com ara Es Port, a Cabrera Gran. Aquest fet és degut, principalment, a qüestions de seguretat durant la navegació, sigui per calats massa escassos, inclosa la presència de baixos o esculls, o directament per un excés de proximitat a la costa.

Convé esmentar també que la combinació de mapes batimètrics, de pendents i d'intensitat de retrodifusió és una eina molt poderosa per identificar, sempre i quan assoleixin unes mides mínimes ajustades a la resolució de les malles generades (és a dir, a partir d'1 m en el cas que ens ocupa), la pràctica totalitat de formes del relleu de l'àrea cartografiada. I això és així perquè, sovint, i tenint en compte també els recursos de visualització emprats, hi ha formes del relleu que es veuen millor en un o uns determinats mapes i pitjor (o, de vegades, ni tan sols són visibles) en altres mapes. Per tant, amb la combinació esmentada hom s'assegura a la pràctica que cap forma rellevant del relleu submarí s'escapi a l'escrutini de l'investigador.

RESULTATS

TRETS GENERALS DEL RELLEU SUBMARÍ

El mapa batimètric del PN de Cabrera mostra com, seguint la direcció NE-SO, al llarg de la qual s'alineen els illots situats més al nord ("illots septentrionals" d'ara en endavant) i la mateixa illa de Cabrera Gran, la profunditat tendeix a augmentar, des d'una extensa àrea amb menys de 50 m de profunditat situada a l'extrem nord-est fins 120 m al vèrtex sud-oest del Parc (Figs. 3, 4 -tall A-A'-, i 5).

El mateix mapa batimètric permet identificar tres sectors ben diferenciats, que anomenarem "sector nord", "sector central" i "sector sud" (Fig. 3). El **sector nord** és, amb diferència, el més som. Correspon als baixos i a la plataforma que s'estenen al nord de l'extrem nord-est de Cabrera Gran, envoltant el rosari que formen els illots septentrionals, des de Na Redona i l'illa des Conills, al sud, fins Na Foradada, a l'extrem nord. A l'est de l'esquenall format pels illots septentrionals, la major part del sector queda circumscrit dins la isòbata de 50 m, mentre que cap a l'oest la isòbata limitant és la de 75 m. Aital configuració dona un perfil transversal asimètric, més suau cap a l'est i més rostre cap a l'oest (Fig. 4, tall B-B'). A l'est dels freus que separen Cabrera Gran de Na Redona i aquesta de l'illa des Conills, i també a l'est dels illots septentrionals menors, s'hi desenvolupa una extensa planassa que, dins els límits del Parc i en direcció oest-est, assoleix 3 km d'amplària. Aquesta planassa, que anomenarem "planassa de l'illa des Conills" i que té el vorell a 50-55 m de fondària, enllaça cap al nord i nord-est amb l'extensa plataforma interna que s'estén fins el cap de Ses Salines, a uns 8 km de distància, a l'extrem sud-occidental de l'illa de Mallorca. El relleu d'aquesta planassa presenta nombroses irregularitats, amb clapes amb una rugositat molt marcada i un seguit de formes de fons allargassades en direcció SSO-NNE que hom descriu en detall i interpreta més endavant (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). A tocar del límit nord-oriental de Cabrera Gran, en el mateix freu de Na Redona, el perfil batimètric transversal mostra l'acabament meridional de la planassa de l'illa des Conills. A banda i banda del freu, la fondària augment força ràpidament, tant cap al nord-oest com cap al sud-est (Fig. 4, tall C-C').

Dins d'aquest sector nord, **els freus** que separen les diferents illes i illots són, naturalment, elements destacats de la geografia del Parc. Al tractar-se de constriccions batimètriques relativament somes hom pot pressuposar que tinguin un paper de certa rellevància en la dinàmica de les aigües i els sediments dins el PN de Cabrera (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Els freus principals són el freu de Na Redona, de gairebé 1 km d'ample; el freu de l'illa des Conills, entre aquest illot i Na Redona, d'1,2 km d'ample; i el freu de Na Plana, entre aquest illot i l'illa des Conills, d'1,5 km d'ample. Les fondàries d'aquest freus són de 22 m i 23 m els dos primers, i de 19 m el tercer (Fig. 5). Més cap al nord, els freus més angostos que separen els illots de Na Plana i Na Pobra, i Na Pobra de l'illot Pla, tot just assoleixen els 8 m i 7 m de profunditat, respectivament. Finalment, ja a l'extrem nord, el freu que separa l'illot Pla del grup de Na Foradada, de poc menys de 300 m d'amplària, torna a ésser força més pregon, amb 26 m. El petit braç de mar que separa l'illot de Na Foradada de la

mateixa Na Foradada amb prou feines assoleix els 5 m, i puntualment menys i tot (<http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>).

El **sector central** quedaria abraçat per les isòbates de 75 i 100 m i s'estén sobretot cap al nord i l'est de l'illa de Cabrera Gran i, en menor mesura cap a l'oest i el sud (Fig. 3). El relleu submarí és notablement abrupte, amb profunditats considerables a molt poca distància de la costa. Així, la isòbata de 75 m rarament es troba a més de 1 km de la línia de costa. En aquest sector és on s'obren les principals badies i cales endentades en el retallat litoral de Cabrera Gran, com ara les badies de l'Olla i del codolar de l'Imperial a l'est, les cales entre cap Vermell i l'illot de l'Imperial al sud i, sobretot, Es Port i cala Santa Maria a l'oest (Figs. 3 i 5). El tall longitudinal (Fig. 4, tall A-A') i un tall topobatimètric paral·lel als esmentats més amunt (Fig. 4, tall D-D'), és a dir de direcció NO-SE, il·lustren el perfil abrupte d'aquest sector, caracteritzat per un ràpid guany de profunditat en totes direccions a mesura que augmenta la distància a la costa. Convé assenyalar també la presència d'un seguit de formes del relleu allargassades en direcció OSO-ENE a O-E, segons l'indret, que se situen a l'extrem sud-oriental de l'àrea cartografiada, a les que ens hi tornarem a referir un xic més endavant, dins la descripció del mapa de pendents.

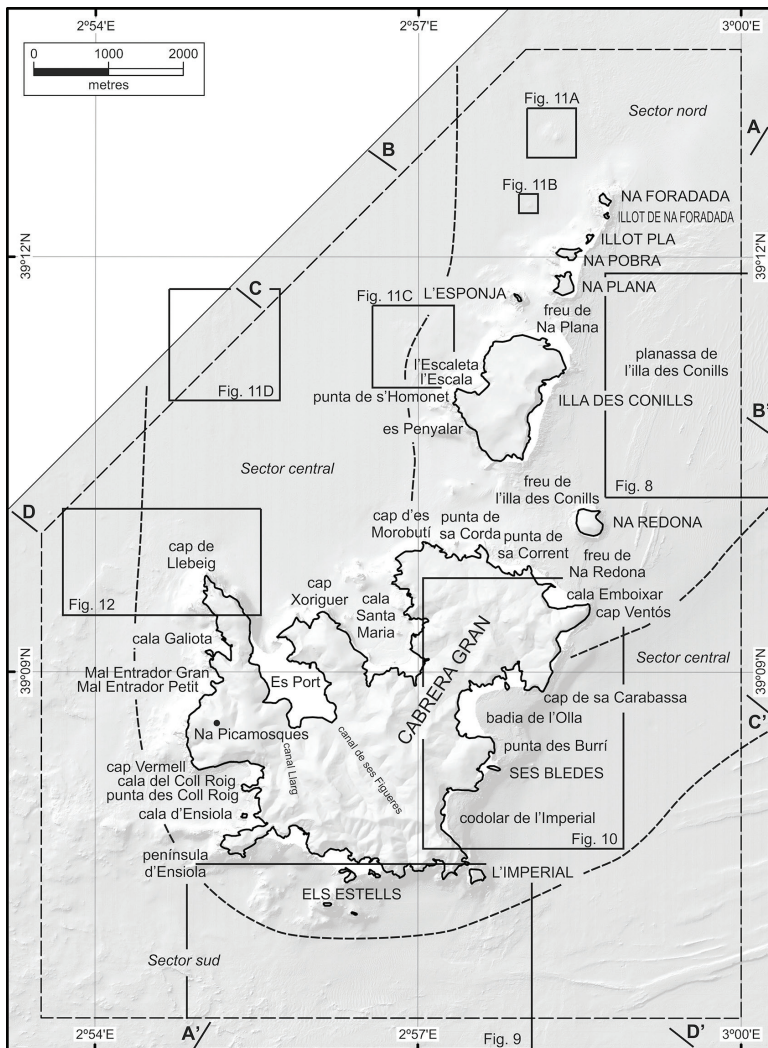


Figura 3 Mapa en relleu ombrejat del PN de Cabrera amb els topònims emprats en el text principal, i la subdivisió en sectors (nord, central i sud; línies discontinuades sinuoses) del fons marí en funció de llur localització geogràfica i profunditats. Les línies A-A', B-B', C-C' i D-D' corresponen als talls de la Fig. 4, mentre que els requadres mostren la situació de les figures 8, 9, 10, 11A, B, C i D, i 12.. El polígon de traços discontinu marca el límit del Parc.

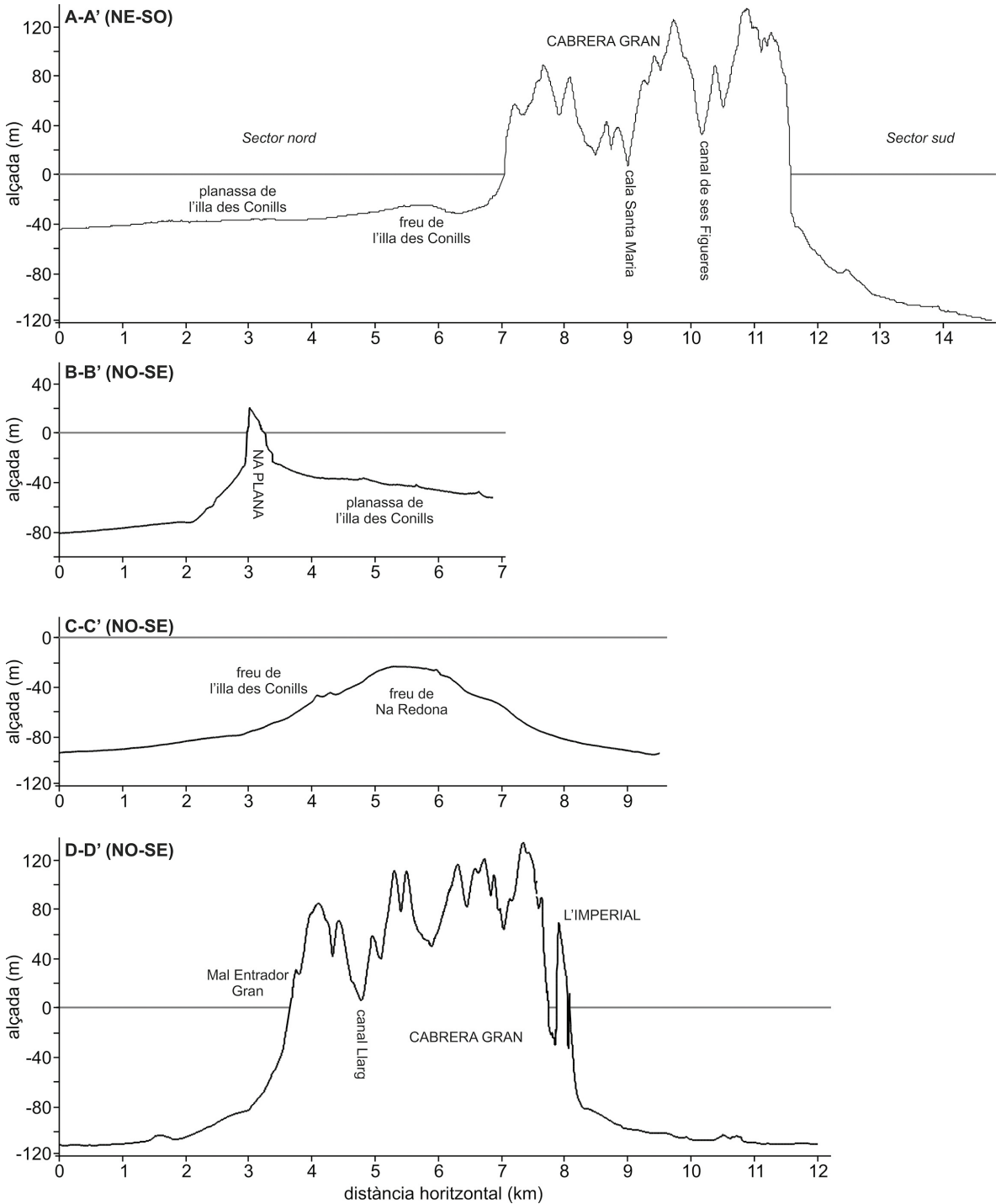


Figura 4 Talls topobatimètrics del PN de Cabrera. A-A': Tall de direcció NE-SO al llarg de l'eix major de l'arxipèlag de Cabrera. B-B', C-C' i D-D': Talls de direcció NO-SE, perpendiculars a l'anterior, a través del sector septentrional, el límit entre els sectors septentrional i central, i el sector central tot i estenent-se cap al sector sud en els extrems. Per la definició dels sectors esmentats, vegeu el text principal i la Fig. 3. L'exageració vertical és de 20 vegades, aproximadament. Situació dels talls a la Fig. 3.

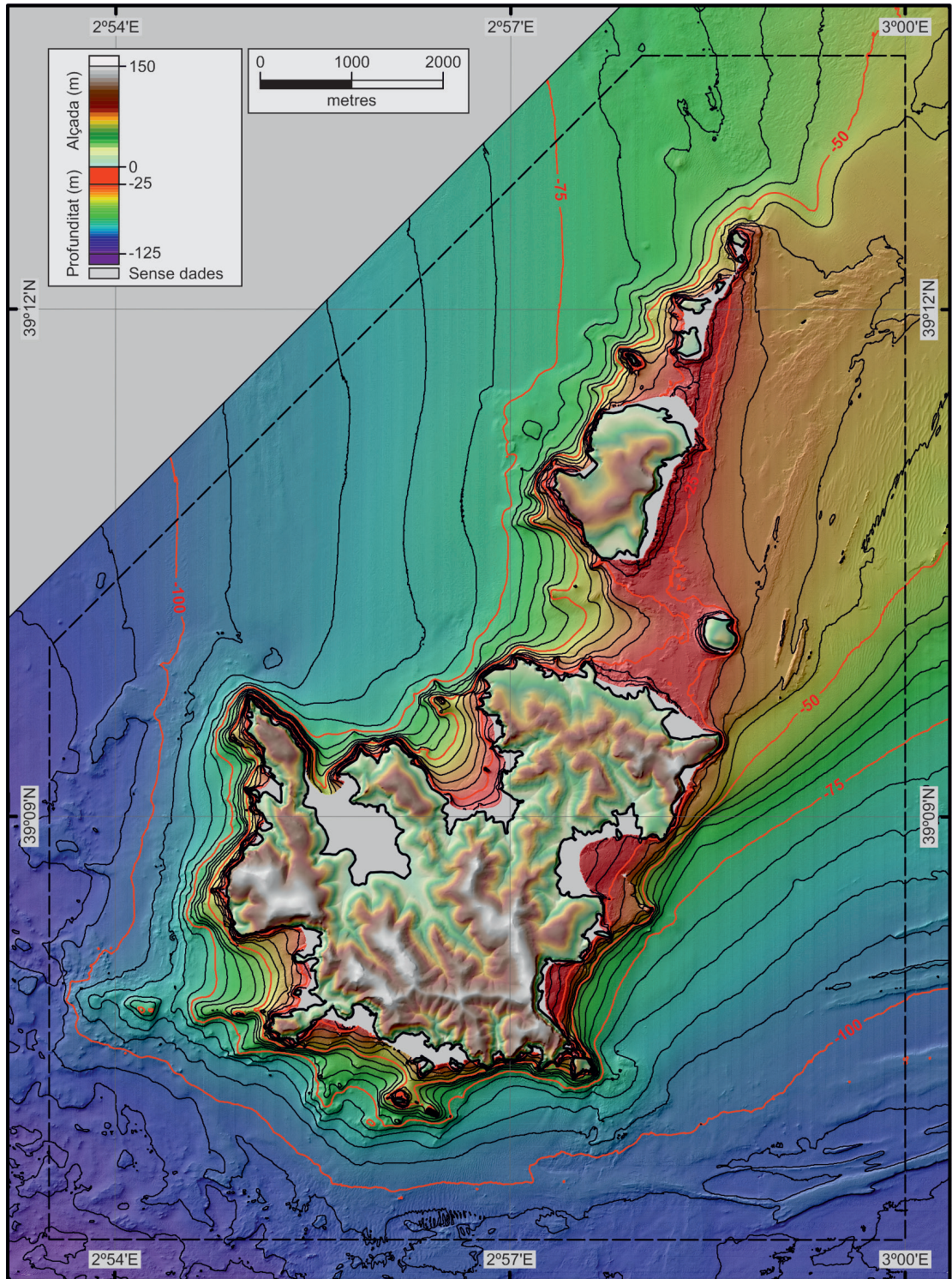


Figura 5 Mapa batimètric en relleu ombrejat del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Les isòbates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7.

El sector sud el situem més enllà de la isòbata de 100 m i s'estén, en direcció a la vora de la plataforma insular, ja fora dels límits del Parc, sobretot cap al sud de Cabrera Gran, en direcció al mont submarí de l'Emile Baudot, però també cap a l'oest en direcció a la cubeta de Formentera, i l'est en direcció a l'escarpament de l'Emile Baudot (cf. aptat. *Introducció*). En aquest sector, al sud de l'illa de Cabrera Gran, a més de nombroses irregularitats morfològiques, s'observa entre poc menys de 100 m de profunditat i 115 m una àrea de 4 x 1 km amb l'eix principal orientat oest-est ocupada per formes de fons allargassades de mida variable i orientades nord-sud, és a dir perpendiculars a la tendència general de les isòbates. Donat que estan situades al límit meridional de l'àrea cartografiada, convé no descartar que s'estenguin més cap al sud. Hom deixa llur descripció detallada i interpretació també per més endavant (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*).

Cal esmentar tanmateix que hom ha identificat ací i allà en els fons del PN de Cabrera, més enllà de les esmentades fins aquí, altres formes allargassades menors que ocupen extensions reduïdes. Hom se n'ocupa igualment a l'apartat *Camps d'ones de sediment i de dunes*, més avall.

El **mapa de pendents** dels fons marins del PN de Cabrera mostra que els pendents més pronunciats són enganxats a les costes de l'illa de Cabrera Gran i dels illots septentrionals, amb pendents de 15°-40° (Fig. 6). De fet, a la majoria d'indrets els pendents submarins immediats a la costa són la **continuació directa dels pendents o penya-segats emergits**. Aquesta situació queda ben il·lustrada i es perllonga fins profunditats notables, entre molts altres, al nord de l'illot de l'Imperial (fins 50-75 m), a l'entorn del cap des Falcó (70-75 m), al sud de la petita península d'Enciola (80 m), al voltant de la també petita península del cap de Llebeig (75 m), al cap Xoriguer (70 m) i al cap de Morabutí (65 m), tots ells a l'illa de Cabrera Gran. Als illots septentrionals, són particularment rostos, amb valors superiors als 40°, els fons adjacents a les costes de ponent de l'Esponja (60 m), Na Foradada (40 m) i l'illa des Conills (60-68 m) (Fig. 6).

En alguns indrets, hom pot identificar un, dos o fins i tot tres **terrasses** submergides amb els corresponents **esglaons**. Aquests elements morfològics són prou evidents al mapa de pendents (Fig. 6) i també, tot i que en menor mesura, al mapa batimètric (Fig. 5). Així s'observa, per exemple, enfora de la costa sud-occidental de l'illa des Conills, amb dos o tres esglaons, segons l'indret, entre pràcticament la línia de costa i 60 m de fondària al peu de l'esglaó més pregon i, sobretot, al llarg de bona part de la costa est de Cabrera Gran, amb un o dos esglaons, segons l'indret, també fins 60 m de fondària al peu de l'esglaó més pregon. L'esglaó més prominent és justament a l'est de Cabrera Gran, entre la punta des Burrí i l'illot de l'Imperial, amb 30 m de desnivell, entre 30 i 60 m de fondària. Un petit doble esglaó perfectament rectilini, de 2 m de desnivell total, a tocar de la isòbata de 30 m, s'estén també entre l'extrem nord-est de Cabrera Gran, a cap Ventós, i l'illot de Na Redona. Altres indrets on també pot observar-se com a mínim un esglaó ben marcat se situen al llarg de bona part de la costa sud de Cabrera Gran i del tram de costa que va des de la punta des Coll Roig fins al cap de Llebeig, a la costa de ponent de Cabrera Gran. El peu de l'esglaó únic, o de l'esglaó més profund, se situa entre 60 i 80 m al sud de Cabrera Gran, i entre 65 i 80 m a l'oest.

Les **badies i principals entrants** de Cabrera Gran mereixen uns mots apart, doncs així que hom s'allunya de la costa més immediata presenten pendents força regulars (Figs. 5 i 6). Aquest és particularment el cas de cala Santa Maria, amb un pendent longitudinal força constant de 2-3° entre 15 i 80 m de fondària; de les cales veïnes del Coll Roig i d'Enciola, amb pendents similars entre 25 i 85 m; i de la badia de l'Olla, amb menys de 2°, però en aquest cas només entre 10 i 30 m, doncs més enfora hi ha un esglaó pronunciat. La cala d'Es Port mereix un comentari apart doncs, per una banda, no va poder ser cartografiada durant la campanya ASTARTE-BAL (cf. aptat. *Metodologia*), i per una altra, altres cartografies mostren que, a més de tenir un pendent axial força regular (2°), en el seu fons, a partir de 29 m i fins 58 m, hi hauria un canal axial amb una llargada de gairebé 1 km i una amplada força constant, de 60 m de mitjana (Govern de les Illes Balears, s/d; <http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>).

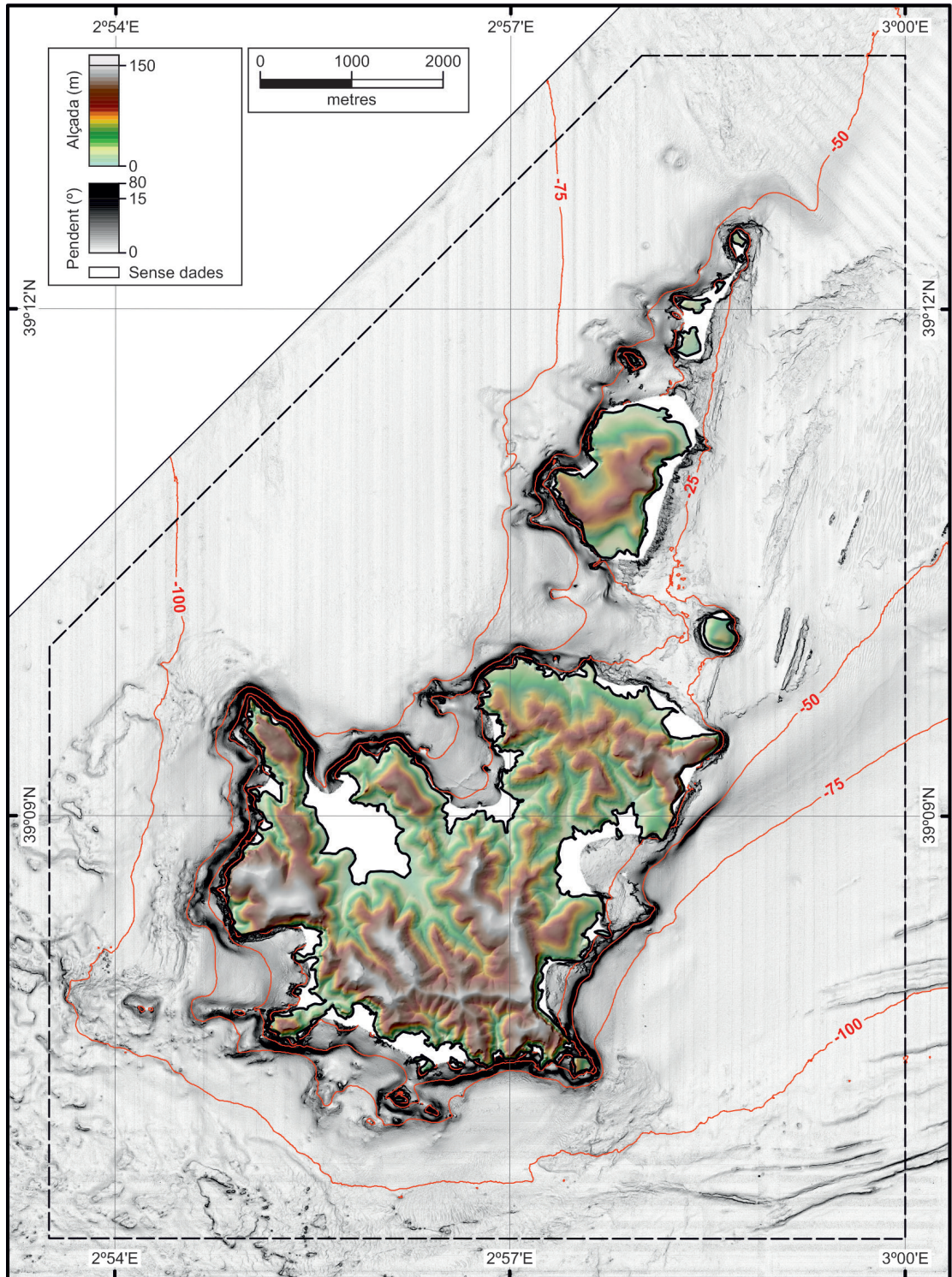


Figura 6 Mapa de pendents en relleu ombrejat del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. Les isòbates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades.

Més enllà del que hom ha descrit més amunt, a certa distància de la línia de costa i a grans trets, el mapa de pendents també mostra que el **sector central** és el que presenta, en conjunt, menys irregularitats i un pendent més suau i uniforme, especialment al nord i a l'est de Cabrera Gran, amb pendents mitjanes inferiors a 1° (Fig. 6). Per la seva banda, el **sector nord**, particularment a la planassa de l'illa des Conills, mostra un patró de pendents que, sense ésser molt grans (entre $0,5^\circ$ i 3° , localment més), és notablement variable i irregular. El **sector sud** és el que, en el seu conjunt i més enllà dels indrets més propers a la línia de costa, mostra una major variabilitat dels pendents, no només pel que fa al seu valor (generalment, entre 1° i 6°), sinó, i sobretot, pel que fa a llur direcció, que és altament variable, sense cap patró direccional definit. Això confereix a aquest sector un aspecte ben característic, diferent de qualsevol altre, en el mapa general de pendents. Els **patrons direccionals de pendent** més nítids s'observen a l'extrem sud-est de l'àrea cartografiada, a cavall entre el sector sud i el sector central, i consisteixen en uns elements allargassats subparal·lels amb una direcció dominant OSO-ENE força consistent, tot i algunes variacions locals cap a l'oest-est (cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Tot indica que aquestes crestes s'estenen enllà del límit oriental del PN de Cabrera, en direcció est. Per aquesta raó, la longitud axial que hom pot mesurar dins l'àrea cartografiada, de gairebé 5 km en el cas de la cresta més meridional, i de 0,6 km a 1,6 km en el cas de les situades més al nord, amb tota probabilitat només és una part de la seva longitud axial total. També a la planassa de l'illa des Conills, a l'est de Na Redona i de la mateixa illa des Conills, s'observen algunes crestes i vorells amb una clara direcció SSO-NNE, les mides de les quals són força més modestes que les anteriors (cf. aptat. *Interpretació i discussió*).

RESPOSTA ACÚSTICA DEL FONS MARÍ

El **mapa d'intensitat de retrodifusió** del PN de Cabrera mostra variacions notables segons l'indret (Fig. 7). Així, en els indrets més propers a la línia de costa els valors són, en general, força elevats. Se n'exceptuen algunes taques amb valors marcadament més baixos, especialment a cala Santa Maria i, en menor mesura, a la cala del Coll Roig, a ponent dels Estells i a la badia de l'Olla. També a la sortida d'Es Port hi ha una petita taca amb baixa intensitat de retrodifusió, però la manca de recobriment cartogràfic cap a l'interior d'Es Port no permet escatir la seva possible continuïtat cala endins.

El **sector nord** és el que, en conjunt, presenta major heterogeneïtat, amb contrastos ben marcats fins i tot en distàncies curtes. A la planassa de l'illa des Conills, la intensitat de retrodifusió marca un patró lineal d'orientació SSO-NNE a SO-NE, directament associat als elements del relleu submarí (Figs. 5 i 7; cf. aptat. *Interpretació i discussió*). Cal destacar també la resposta acústica a l'esglaó d'orientació SO-NE que limita la planassa de l'illa des Conills pel sud-est en què, en el rang de profunditats de 45 a 75 m, la intensitat de retrodifusió passa d'ésser ben baixa a la part més soma a notablement alta a la part més pregona, amb un límit nítid entre intensitats intermèdies i altes. A l'extrem més septentrional del PN de Cabrera, al nord de Na Foradada, entre 50 i 60 m de profunditat aproximadament, s'observa una fàcies acústica clapada característica deguda a l'alternança de valors moderadament alts i moderadament baixos d'intensitat de retrodifusió que dibuixen un camp de **formes de fons arquejades** de dimensions decamètriques a hectomètriques que semblen continuar cap al nord, ja fora del límits de l'àrea cartografiada. Als mapes batimètric i de pendents aquestes formes de fons s'aprecien ben just, doncs no duen associats desnivells significatius (Figs. 5 i 7).

Més enllà dels indrets més propers a la costa, el **sector central** es caracteritza pel predomini d'intensitats de retrodifusió intermèdies, amb l'excepció d'una franja sud-nord amb valors moderadament alts que arrenca al cap de Llebeig i s'estén fins més enllà dels límits del Parc. El **sector sud** presenta, en canvi, variacions molt notables de la intensitat de retrodifusió, amb predomini de valors baixos cap a ponent, sempre lluny de la línia de costa de Cabrera Gran, i de valors força alts cap al sud (Fig. 7). El conjunt de crestes situades a l'extrem sud-est de l'àrea cartografiada, a cavall entre el sector sud i el sector central, esmentades més amunt, tenen una resposta acústica diferenciada, amb una marcada alternança entre valors baixos i intermedis o fins i tot alts que segueixen un patró direccional OSO-ENE, el qual s'adiu directament amb les formes del relleu i la distribució de pendents descrites més amunt (Figs. 5, 6 i 7).

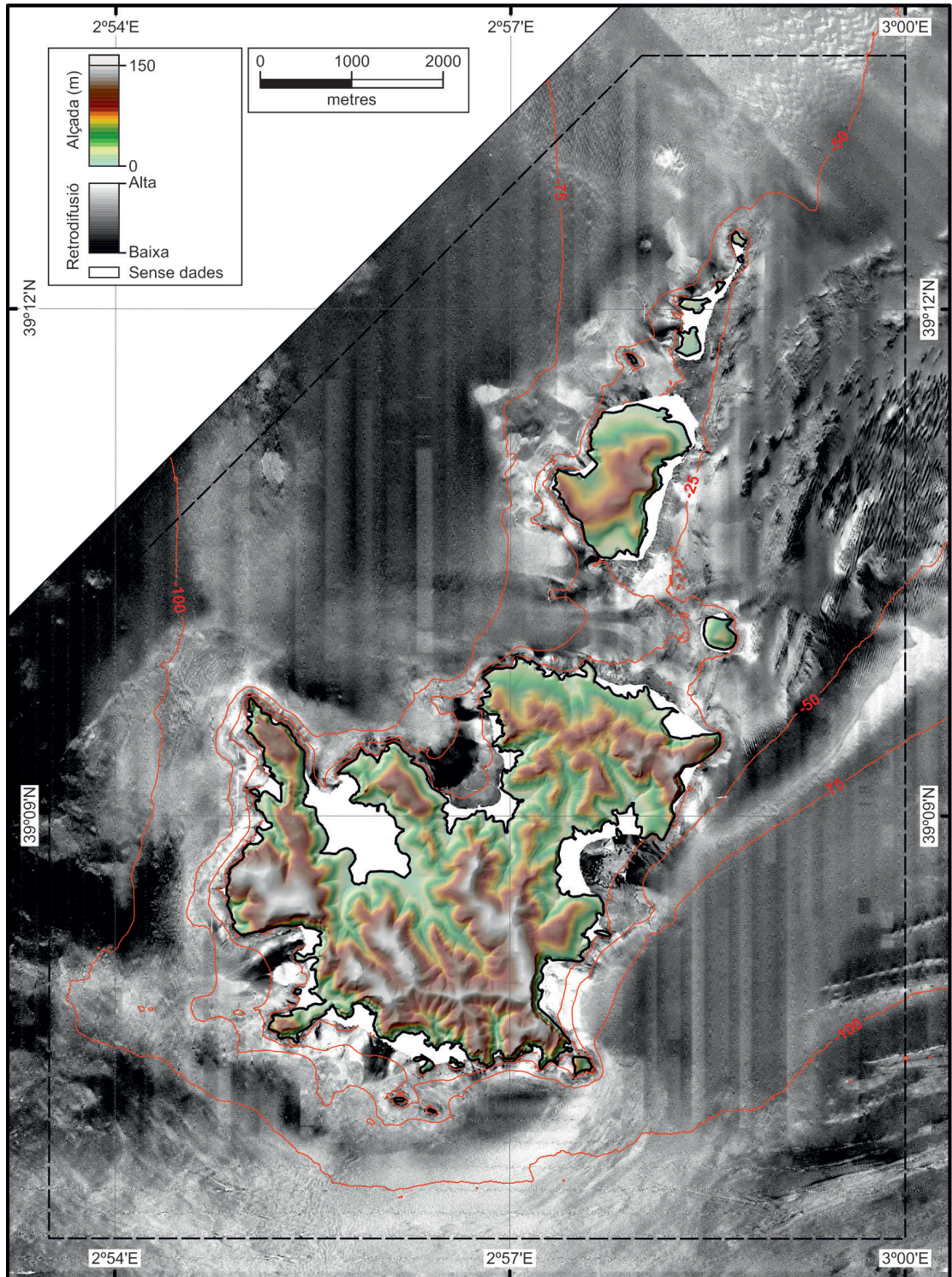


Figura 7 Mapa d'intensitat de retrodifusió dels fons marins del PN de Cabrera confeccionat a partir de dades de batimetria de multifeix. Es mostra també el relleu terrestre. Les isobates mestres en vermell (en metres) serveixen de referència per comparar les figures 5, 6 i 7. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades.

Hom observa també, a l'oest de l'arxipèlag, un seguit de **claps arrodonits i ovalats** que destaquen per una alta intensitat de retrodifusió o, en tot cas, per uns valors significativament més elevats que els que hi ha al seu voltant (Fig. 7). Tots ells són situats a l'oest de l'arxipèlag. Així, un quilòmetre al nord-oest de Na Foradada, a 65 m de fondària, hom troba dues clapes d'alta retrodifusió juxtaposades que corresponen a dos **monticles** de dos centenars de metres de diàmetre cadascun, apreciables tant al mapa batimètric com al de pendents (Figs. 5 i 6). Just 900 m a l'oest de Na Foradada, a 68 m de fondària, hi ha un altre monticle amb un diàmetre de 75 m i, per tant, força més petit que els anteriors, perfectament arrodonit i que es fa notar per uns valors de retrodifusió sensiblement més alts que els circumdants. Ampliant adequadament els mapes batimètric i de pendents, aquest monticle també hi esdevé netament visible, així com una petita protuberància central que el corona (Figs. 5 i 6). Més cap al sud, entre 500 m i 1.100 m a l'oest de la costa nord de l'illa des Conills, a fondàries compreses entre 70 i 80 m, crida l'atenció una agrupació de quatre taques amb valors de retrodifusió anòmalament alts, igualment corresponents a relleus positius. La més gran mesura 350 x 200 m, mentre que les altres tres tenen dimensions sensiblement menors. Convé assenyalar que aquesta mateixa taca més gran presenta a la seva superfície un seguit de protuberàncies d'uns 10 m de diàmetre i menys d'1 m de desnivell relatiu, notablement uniformes pel que fa a llurs dimensions i només visibles als mapes batimètric i de pendents ampliant-los adequadament (Figs. 5 i 6). El mateix tipus de protuberàncies, tot i que en nombre menor, també s'observen damunt altres taques d'alta intensitat de retrodifusió més petites situades al sud de l'anterior.

Els darrers claps d'alta intensitat de retrodifusió a què ens referirem explícitament són una parella situada a 93 m de profunditat, a 3 km a l'oest de les costes occidentals de l'illa des Conills i, per tant, també a l'oest de l'agrupació de quatre claps esmentada adés. El més ben definit de la parella en qüestió és el que hi ha més al sud, el qual forma un oval de 375 x 250 m. Aquests dos claps se situen en realitat damunt d'un llom molt suau de 300 m d'ample i tot just mig metre de desnivell, orientat sud-nord, apreciable en els mapes batimètric i de pendents (Figs. 5 i 6). Com en un dels claps d'alta intensitat de retrodifusió descrits anteriorment, el llom presenta un alt nombre de protuberàncies, d'uns 10 m de diàmetre i mig metre de desnivell relatiu, que es concentren justament allà on l'anomalia d'intensitat de retrodifusió és més marcada, es a dir en la parella de claps esmentada.

Més enllà dels descrits fins aquí, el mapa d'intensitat de retrodifusió presenta molts més elements significatius, inclosos diversos objectes que jauen sobre el fons marí, que ens estalviarem d'esmentar explícitament per a no fer el text carregós en excés. En tot cas, el lector interessat podrà entretenir-s'hi, si ho desitja, observant detingudament i ampliant indrets concrets al mapa de la Fig. 7.

INTERPRETACIÓ I DISCUSSIÓ

En aquesta secció hom interpreta el trets generals del relleu submarí del PN de Cabrera i en discuteix els possibles factors que l'han conformat com és actualment, i també presta atenció especial a un seguit d'elements singulars de l'esmentat relleu submarí, siguin d'origen estructural, estratigràfic, sedimentari o altri, la qual cosa comporta, segons el cas, adscriure'ls a formes del relleu amb denominacions i significacions concretes. On ha calgut, també s'ha aprofundit en la descripció. Com a part d'aquest esforç, i sempre que la informació disponible ho hagi permès, hom ha intentat, a més, escatir les relacions entre el relleu submarí i (a) la naturalesa del fons; (b) l'estructura, l'estratigrafia i la geomorfologia emergides; i (c) les comunitats bentòniques i llur distribució.

CAMPS D'ONES DE SEDIMENT I DE DUNES

Les formes de fons allargassades de la planassa de l'illa des Conills, i les formes de fons arquejades a l'extrem més septentrional del Parc, en ambdós casos dins del que hem anomenat **sector nord** (cf. aptat. *Resultats*), són en realitat agrupacions o camps d'ones de sediment i de dunes, respectivament. De fet, una observació atenta dels diferents productes cartogràfics (Figs. 5, 6 i 7), amb un grau d'ampliació adequat, mostra que en altres parts del PN de Cabrera hi ha també camps d'aquesta

mena d'estructures sedimentàries, en cada cas amb les seves pròpies característiques. Totes aquestes formes de fons són indicatives de transport tractiu per l'acció de corrents.

Les **dunes** de l'extrem nord del Parc on es visualitzen millor és al mapa d'intensitat de retrodifusió (Fig. 7), on es veu que ocupen una àrea aproximada de 2 km² (2 x 1 km). Són amalgamades i asimètriques, de tipus *barkhana* o de mitja lluna, amb el pendent de sotacorrent encarat cap al nord-oest, la qual cosa indica transport en aqueixa direcció. Llur longitud d'ona és força variable, entre 25 i 100 m. La profunditat a que es troben, entre 50 i 60 m (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*), i el fet que tenen poca expressió vertical (0,5 m d'alçada màxima), i també el fet que semblen difuminar-se a mesura que augmenta la profunditat, duen a plantejar-se si es tracta de formes actives o relictas, essent la segona hipòtesi la més probable.

El camp d'**ones de sediment** de la meitat oriental de la planassa de l'illa des Conills cobreix una àrea força extensa, de 4 x 2 km, a profunditats que van des de 40 fins 55 m, i fins i tot més enllà. Tenen una expressió batimètrica, de gradients de pendent i d'intensitat de retrodifusió molt clara (Fig. 8). Cal, però, diferenciar dos tipus d'ones de sediment en aquest indret, amb morfologies i dimensions ben diverses. Així, hom distingeix unes **ones de sediment gegants**, de 100 fins 500 m de llargària, 30-75 m de longitud d'ona i 0,5-1 m d'alçada, amb orientació mitjana SSO-NNE, lleugerament asimètriques i sinuoses, amb convergències i divergències, que ocupen la part nord del camp. Les dimensions d'aquest tipus d'ones de sediment van reduint-se cap als límits de l'àrea que ocupen. Entremig d'aquestes formes de grans dimensions hi apareixen localment alguns aflorament rocosos, allargassats en la mateixa direcció o un tant oblics, als quals semblen recobrir parcialment. Indicarien transport cap a l'ESE, és a dir de menys a més profunditat. Tot i la fondària a què es troben, la seva marcada expressió morfològica podria indicar que es tracta de formes actives, si més no durant els temporals de mar més forts.

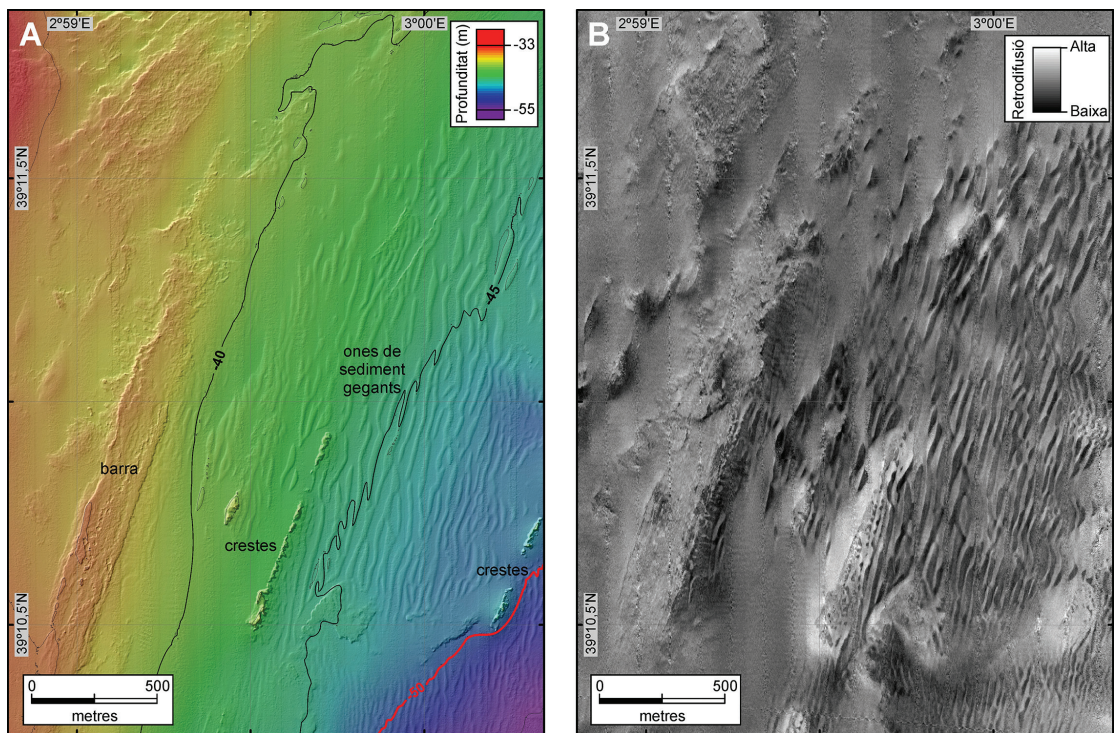


Figura 8 Imatges de detall de la planassa de l'illa des Conills. A: Batimetria en color i relleu ombrejat. B: Intensitat de retrodifusió. Les imatges mostren l'expressió d'un seguit de crestes i barres cimentades i d'altres afloraments de roca, i del camp d'ones de sediment gegants descrits al text principal. El tènue bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

Cal assenyalar també la presència, dins del mateix sector nord, de diversos camps d'ones de sediment menors amb una superfície força més petita que els esmentats més amunt i amb unes mides també sensiblement inferiors pel que fa a les mateixes ones sedimentàries (generalment, menys de 0,5 m d'alçada, entorn de 25 m de longitud d'ona, i una llargada heterogènia, tot i que sovint de més de 100 m). Ens referim concretament a camps situats al NNO de Na Foradada, entre 55 i 68 m de fondària; al sud del camp d'ones de sediment gegants de la planassa de l'illa des Conills, entre 42 i 55 m de fondària; al nord-est del cap Ventós, a l'extrem nord-oriental de l'illa de Cabrera Gran, entre 45 i 50 m de profunditat; i a un molt petit camp d'ones de sediment que s'obren en ventall al costat de ponent del freu que separa Na Redona de l'illa des Conills, entre 35 i 50 m de fondària. Tots aquests camps menors són fàcilment observables a les figures 5, 6 i 7, emprant el grau d'ampliació adequat en cada cas.

Tot i que les orientacions de les ones de sediment canvien d'un camp a l'altre i, de vegades, dins el mateix camp, la majoria són entre paral·leles i obliqües a les isòbates. L'excepció són les ones de sediment del camp situat al nord-est del cap Ventós, les quals són pràcticament perpendiculars a les isòbates. Totes elles indiquen mobilitat del sediment per transport de fons. En la majoria de casos, es tractaria d'un transport des de indrets més somers cap a indrets més pregons. Aquest fet encaixa amb el predomini de morfologies de fons indicadores d'afloraments de roca o, en tot cas, amb un recobriment sedimentari prim incapaç d'emascarar del tot el relleu rocallós infrajacent, en gran part dels indrets més somers del Parc, inclosos els freus. Les partícules sedimentàries soltes d'aquests indrets somers serien escombrades cap a cotes més profundes amb motiu de processos d'alta energia, com ara els temporals. És probable que la prevalença de partícules sedimentàries poroses de composició carbonatada (Alonso *et al.*, 1988) faciliti aital transport, fins i tot amb nivells energètics moderats. Podria ajudar a explicar també que les ones de sediment observades s'estenguin fins a profunditats relatives notables, tot i que aquesta consideració no permet dissipar del tot el debat de si es tracta de formes de fons actives, o parcialment o totalment relictas.

L'excepció pel que fa la disposició de les ones de sediment en relació amb les isòbates, és el petit camp enfora de cap Ventós, a Cabrera Gran, en què el transport seria pràcticament paral·lel a les isòbates. També mereixen un comentari apart les ones de sediment en ventall del freu entre Na Redona i l'illa des Conills, doncs estan sobreposades a una protuberància batimètrica amb un pendent mig de 3°, estenent-se també al peu de la mateixa. Caldria veure si són el resultat només de transport tractiu de fons o si també incorporen una component de deformació del sediment, cosa que semblaria suggerir la forma lleugerament lobada d'algunes de les ones sedimentàries, clarament visible al mapa de pendents (Fig. 6). Aquest mateix mapa revela, a més de les indicades prèviament, i encara dins el sector nord del Parc, altres formes més difuminades igualment suggeridores de transport de fons a l'oest de Na Foradada, entre 55 i 60 m de fondària, a l'oest de Na Plana (45-65 m), a l'OSO de l'Esponja (50-72 m) i al nord del cap d'es Morobutí (50-80). Mentre no es disposi de més informació, en algun d'aquests casos convindria no descartar un origen lligat a processos de desestabilització sedimentària i transport en massa, en especial en el cas de les formes de fons observades a ponent de Na Plana i l'Esponja, i àdhuc les del nord del cap d'es Morobutí.

Al **sector central** de l'àrea cartografiada hom també observa localment ones de sediment i altres formes de fons allargassades caracteritzades per una direccionalitat marcada i una distància relativament uniforme entre cresta i cresta. Ens referim, concretament, a un petit camp d'ones de sediment just al sud de l'illot de l'Imperial, a més de 85 m de fondària, i a un seguit de formes amb crestes lleugerament sinuoses al nord-oest del cap de Llebeig, entre 90 i 100 m de profunditat.

Les formes de fons allargassades en direcció nord-sud al sud de l'illa de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*) defineixen un nou camp de notable extensió d'ones de sediment, en alguns casos de mida considerable, el qual ocupa el límit entre el sector central i, especialment, la meitat occidental del **sector sud**. L'anomenarem **camp d'ones de sediment pregones del sud de Cabrera Gran**. En secció, les formes són pràcticament simètriques tot i que, si més no en algunes, la cara de sotacorrent sembla lleugerament més inclinada, apuntant cap a l'oest, la qual cosa indicaria transport en aqueixa direcció. Les ones de sediment d'aquest camp presenten, però, dos trets distintius principals. El primer és que llurs crestes, amb una disposició nord-sud, són

perpendiculars a la tendència general de les isòbates. El segon és l'evolució morfològica de les mateixes, en general de menors dimensions (0,2 m d'alt i 20 m de longitud d'ona) i més rectilínies a menor fondària i a l'est, i de majors dimensions (fins 0,6 m d'alt i 60 m de longitud d'ona) i més sinuoses a major fondària i cap a l'oest. Aquestes formes de fons i llur evolució morfològica són molt patents als mapes de pendents i batimètric i en menor mesura al d'intensitat de retrodifusió (Fig. 9A, B).

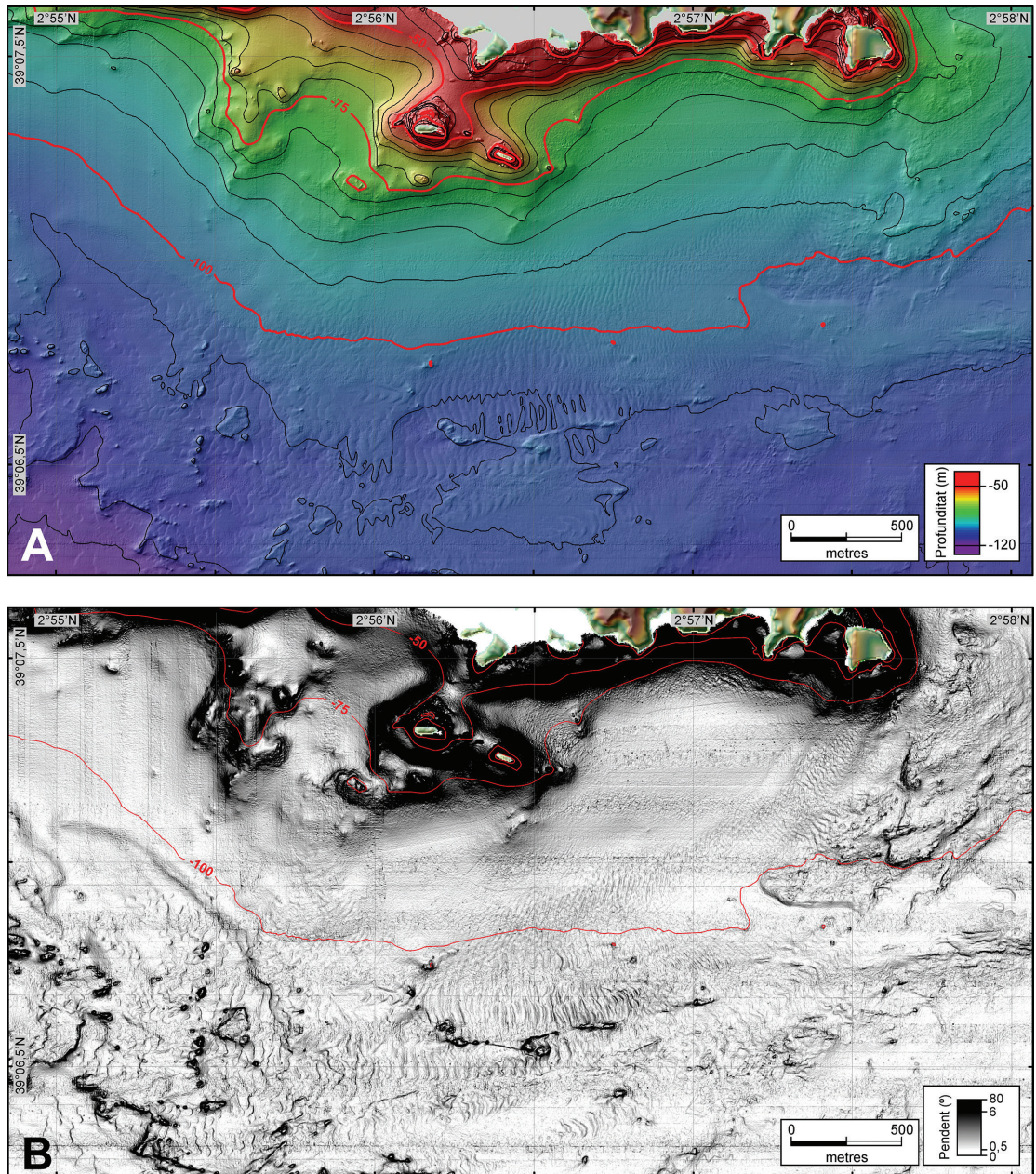


Figura 9 Imatges de detall del camp d'ones de sediment pregones del sud de Cabrera Gran. A: Batimetria en color i relleu ombrejat. B: Pendents. Les imatges mostren l'expressió d'un seguit d'ones de sediment de dimensions variables, descrites al text principal, que mostren una clara evolució morfològica en direcció est-oest i segons la profunditat. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

La seva disposició i característiques, i la profunditat a què es troben aquestes ones de sediment, duen a pensar en l'acció de corrents de mesoscala o recirculacions en el context de la circulació general de la capa superficial d'origen atlàntic a la mar Mediterrània occidental, les qual s'estendrien ocasionalment damunt aquests sectors de la plataforma continental de l'arxipèlag de Cabrera (Millot *et al.*, 1999). La dinàmica d'intercanvis hidrològics a través del canal de Mallorca, amb una prevalença del transport cap al nord, no seria aliena als efectes locals damunt el fons d'aïtal circulació (Pinot *et al.*, 2002). Aqueix transport, en adaptar-se a la topografia submarina, donaria una component cap a l'oest a l'àrea d'estudi, la qual s'adiu amb el sentit del transport sedimentari que indiquen les formes de fons. Un element rellevant que reforça aquesta interpretació és el patró corbat en direcció sud-oest i oest que mostra el mapa d'intensitat de retrodifusió (Fig. 7), amb valors alts i intermedis, des de la longitud geogràfica de l'illot de l'Imperial en direcció al gran camp pregon d'ones de sediment del sud de Cabrera Gran. Més enllà del relleu infrajacent, aquest patró de retrodifusió seria indicatiu de direccionalitat del transport.

Tot allò que hom ha descrit i interpretat en aquesta secció configura, doncs, una dinàmica passada i, possiblement present, de transport de fons de sediment d'abast notable, i a profunditats relatives força elevades, dins el PN de Cabrera, la qual cosa comporta l'existència de fons de sediment locals de certa rellevància i de processos actius d'exportació de sediment des dels indrets més soms cap a la plataforma mitja i externa, relacionada amb el concepte de "factoria de carbonats" inherent a aquesta mena de plataformes (vegeu revisió a Schlager, 2000, 2003).

CRESTES I BARRES DE PLATJA CIMENTADES

No tots els elements allargassats dels fons marins del PN de Cabrera són ones de sediment. Així, a l'est de l'arxipèlag hom hi distingeix dos tipus més de morfologies llargues i estretes, esmentades més amunt, les quals s'aixequen clarament sobre els fons adjacents. Ens referim a un seguit de crestes i barres localitzades a ponent i al sud de la planassa de l'illa des Conills i cap a la cantonada sud-oriental de l'àrea cartografiada. Les **crestes** tenen un perfil transversal en V invertida i són força més estretes i de menors dimensions que les barres. L'exemple paradigmàtic és un petit grup al sud de la planassa de l'illa des Conills, de 400 a 700 m de llarg, 50 a 100 m d'ample, i una alçada de fins 2-6 m sobre els fons circumdants (Figs. 3, 5, 6, 8A i 8B). Al mateix indret hi ha també altres crestes menors, de molt menys recorregut. Algunes d'elles es col·loquen en el límit dels camps d'ones de sediment gegants discutides adés o, fins i tot, penetren en el seu interior. La morfologia d'un i altre tipus de forma, però, molt més rugosa i gens sinuosa en el cas de les crestes, permet distingir-les clarament. El fet que, en alguns casos, a un costat d'una cresta hi hagi ones de sediment, lleugerament obliqües, i en altres no n'hi hagi (Fig. 8A), suggereix que les crestes actuen localment com a barreres naturals al transport de sediment de fons, dificultant el desenvolupament de les ones de sediment.

Les **barres**, en canvi, tenen un perfil transversal en U invertida, i són més amples i de majors dimensions que les crestes. En algun cas, els seus vorells estan lleugerament sobrealçats, formant una mena de rivets al llarg de tot el seu recorregut. En són bons exemples, (i) una barra molt pronunciada a ponent de la planassa de l'illa des Conills, de 2,5 km de llarg, 200 m d'ample, de fins 2 m d'alt respecte els fons adjacents, orientada SSO-NNE com les crestes veïnes (Figs. 3, 5, 6, 7 i 8), i (ii) una barra a l'extrem sud-est del Parc, tancada per la isòbata de 105 m, de fins 300 m d'ample i amb una alçada de fins a 8 m, orientada OSO-ENE, i amb una llargada mínima d'1 km, doncs es perllonga cap a l'est, ja fora de l'àrea mapada. Al nord de la mateixa, entre les isòbates de 100 i 105 m, hi ha la barra més ampla de totes les observades, amb 500 m, tot i que el seu perfil transversal és més suau i la seva alçada relativa menor.

Convé assenyalar també que hi ha formes intermèdies, tant pel que fa al seu perfil transversal com a llurs dimensions. A més de a la cartografia batimètrica, crestes i barres són fàcilment distingibles als mapes de pendents i d'intensitat de retrodifusió, als primers pels desnivells que comporten, i als segons per valors alts de retrodifusió (vegeu les barres de l'extrem sud-est de l'àrea d'estudi) o per una fàcies acústica o patró clapat molt característic (vegeu les crestes i la barra de la planassa de l'illa des Conills) (Figs. 3, 5, 6, 7 i 8). Totes aquestes característiques revelen que tant crestes com barres són formades per materials resistents generadors de fons durs, és a dir que són de natura rocallosa.

Interpretem aquestes crestes i barres com formacions litorals fòssils cimentades, de composició sorrenca, i més o menys modificades pels processos, com ara l'abració per efecte de l'onatge, associats a la darrera pujada del nivell global del mar, iniciada ara fa aproximadament 20.000 anys (Waelbroeck *et al.*, 2002). Es tractaria, per tant, de les formes del relleu litoral conegudes en anglès com *sand ridges* i *sand bars*, transformades per efecte de la cimentació en *beachrocks*. Naturalment, per efecte de la darrera pujada global del nivell del mar, ambdues serien actualment formes relictas, doncs són submergides sota desenes de metres d'aigua, molt ensota dels ambients litorals originals propis de llur formació i desenvolupament. La naturalesa calcària dels materials que conformen el promontori Balear, inclosos els relleus insulars, així com les condicions ambientals de l'àrea, moderadament càlides, haurien afavorit la saturació en carbonats de les aigües, cosa que hauria determinat la cimentació d'aquestes antigues formacions litorals.

La ubicació i la direcció de les crestes i les barres són indicadors de transport direccional de sediment i de la posició i orientació pretèrites de la línia de costa i, per tant, de la seva evolució durant el darrer ascens global del nivell del mar. Al llarg d'aquest període, la línia de costa a llevant dels illots septentrionals hauria mantingut una direcció SSO-NNE similar a l'actual (Figs. 3, 5, 6 i 7). En canvi, a l'est i al sud-est de Cabrera Gran, aquestes formes de fons suggereixen un canvi pronunciat en la direcció de la línia de costa, d'OSO-ENE durant la transgressió a la direcció mitjana actual SSO-NNE. Això és indicador d'una reorganització major de la línia de costa en aquest indret en els darrers mil·lennis, la qual cosa possiblement hauria afectat a bona part de la plataforma del sud de Mallorca, on se situa l'arxipèlag de Cabrera. De fet, la disposició i l'espaiat de les crestes i barres de l'est i sud-est de Cabrera Gran podrien tenir relació amb una deriva litoral de sediment en direcció sud al llarg de la plataforma meridional de Mallorca durant la darrera transgressió post-glaciària, amb formació de línies d'acreció subparaleles a l'est de l'arxipèlag de Cabrera, procés que s'hauria vist afavorit per la pròpia configuració de la costa i de la fisiografia submarina. En aquest context, les crestes i barres de l'est i sud-est de Cabrera Gran representarien les terminacions sud-occidentals del sistema sedimentari a què fem referència, essent més antigues com més allunyades de la costa actual.

De tota manera, caldria disposar de datacions absolutes per a poder establir amb certesa la cronologia de l'evolució de la línia de costa al sud de Mallorca i, en particular, al PN de Cabrera.

TERRASSES I ESGLAONS SUBMERGITS

Esglaons i terrasses submergides com els esmentats a l'apartat *Trets generals del relleu submarí* són, de fet, força comuns a les plataformes de la mar Mediterrània. Prop de les Balears, estudis recents han palesat la seva presència continua al llarg de desenes de quilometres, amb desnivells associats d'ordre mètric o fins i tot decamètric, enfora de les costes del sud-est de la península Ibèrica (Pinna, 2013; Pinna *et al.*, 2014).

Al PN de Cabrera, l'esglaó superior, i de vegades únic, correspon a la continuació sota l'aigua dels penya-segats costaners. La base d'aquest primer esglaó, o esglaó superior, es troba a profunditats variables, com ho il·lustren els casos de la costa sud-oest de l'illa des Conills (30 m), o de la península d'Enciola (30-50 m) i cap Vermell (35-45 m) a Cabrera Gran. Val a dir que, en alguns indrets, el peu de l'esglaó superior s'amalgama amb l'esglaó immediatament inferior, podent donar salts de fins 75 m, com ocorre al sud de la península d'Enciola, a Cabrera Gran (Figs. 5 i 6). L'esglaó intermedi, o segon esglaó, allà on és present, com ara al sector de l'Olla i Ses Bledes, a l'est de Cabrera Gran, té un perfil força retallat i un desnivell menor que l'anterior, tot i que prou abrupte (per exemple, 5 m, entre les isòbates de 35 i 40 m a l'est de la punta des Burri) (Fig. 10). Entre l'extrem nord-est de Cabrera Gran i Na Redona, aquest esglaó intermedi es desdobra en dos petits graons de 3 m de desnivell total. Traces d'aquest doble graó intermedi també es troben entre 24 i 29 m de fondària a l'est dels illots septentrionals on llurs característiques morfològiques els aproximen a petites crestes.

Finalment, l'esglaó més profund o tercer esglaó és el que mostra un perfil més suavitzat, degut probablement a l'acumulació de sediment.

Assoleix la seva màxima expressió entorn de l'illa de Cabrera Gran, especialment entre la badia de l'Olla, a l'est, i els illots dels Estells, al sud de l'illa (Fig. 10).

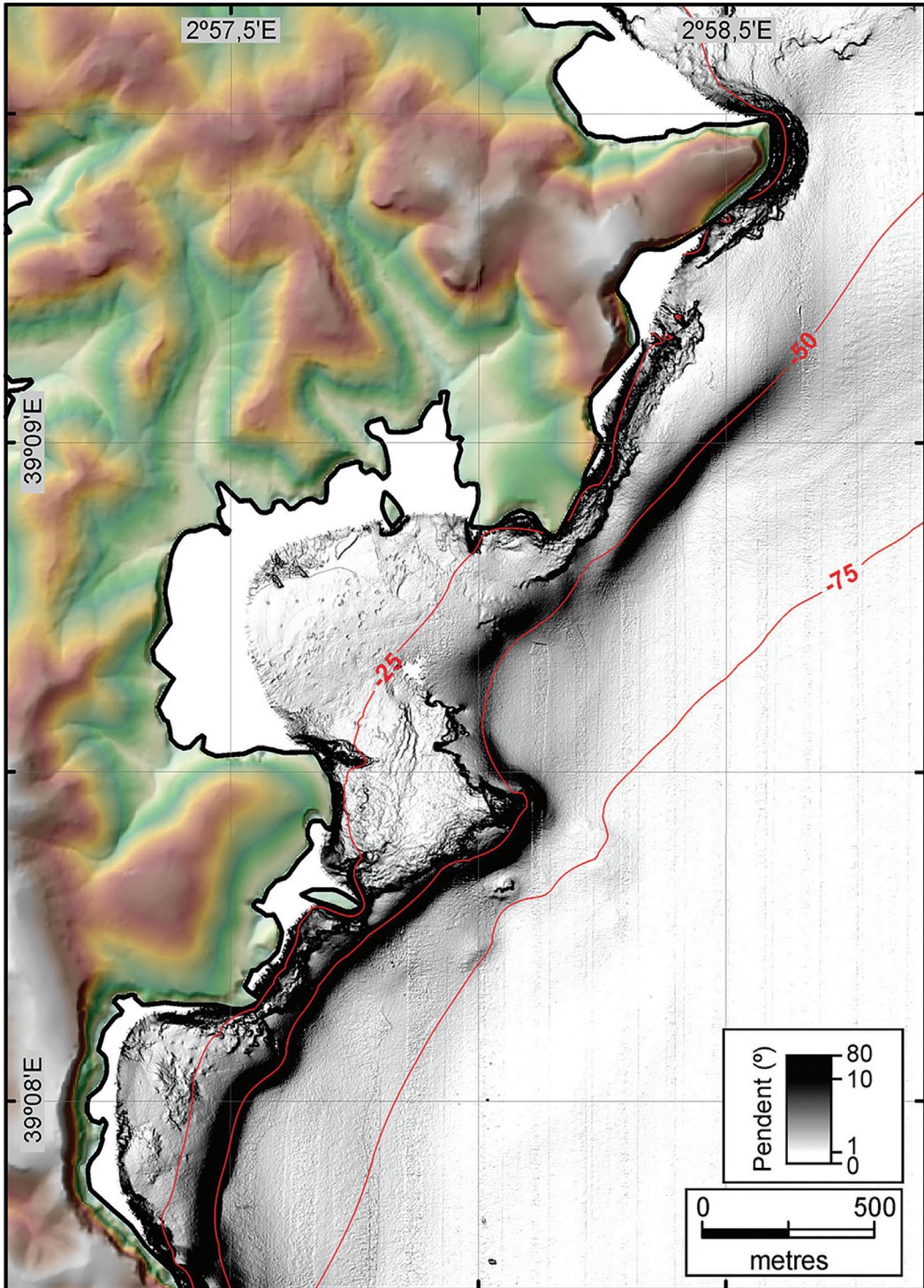


Figura 10 Imatge de detall del mapa de pendents (Fig. 6) mostrant els esglaons i terrasses submarines a l'est de Cabrera Gran, entre les badies de l'Olla i del codolar de l'Imperial. Isòbates en metres. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Vegeu situació a la Fig. 3.

A l'est de Cabrera Gran el desnivell total associat a aquest tercer esglaó és generalment de l'ordre de 20-25 m, entre les isòbates de 35-40 m i 50-60 m, però al sud el desnivell i la profunditat del peu del graó són més grans, fins 75-80 m de fondària, degut també a l'efecte d'amalgamació amb el primer esglaó, esmentat adés. Sigui com sigui, es tracta, per tant, i efectivament, d'un graó molt prominent.

Tradicionalment, aquesta mena de graons i les terrasses que duen associades s'han interpretat com causats per l'estabilització relativa del nivell del mar durant fases d'ascens (Jouet *et al.*, 2006; Rabineau *et al.*, 2006; Zazo *et al.*, 2013). Aquestes estabilitzacions o, potser millor, etapes de desacceleració de la taxa d'ascens, permeten el desenvolupament de prismes sedimentaris costaners, els quals en reprendre's l'ascens del nivell del mar queden consecutivament inundats tot i formant esglaons i terrasses, més moderns com més som i propers a la línia de costa actual. Els esglaons submarins del PN de Cabrera representarien, doncs, períodes d'estabilització del nivell del mar o de desacceleració de la taxa d'ascens, probablement al llarg de la darrera pujada postglacial. Diverses reconstruccions de l'ascens postglacial del nivell del mar mostren la presència de períodes d'estabilització relativa després de períodes d'ascens ràpid, com l'anomenat Impuls d'Aigua de Desglaç 1a o MWP1a (*Meltwater Pulse 1a*, en anglès) (Aloïsi, 1978; Lambeck i Bard, 2000; Waelbroeck *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2004; Stanford *et al.*, 2006).

Cal tenir present que al Darrer Màxim Glacial, entre 26 i 19 ka enrere, el nivell del mar se situà 125 m per sota del nivell actual (Peltier i Fairbanks, 2006). Per tant, gairebé tota la plataforma balear va quedar emergida durant aquest període de temps, amb les actuals Mallorca, Menorca i Cabrera Gran formant una sola gran illa, de la mateixa manera que Eivissa i Formentera també formaven una única illa (Canals *et al.*, 2012). L'ascens postglacial del nivell del mar, amb períodes d'acceleració i períodes de desacceleració, fou doncs determinant en l'afaiçament de la morfologia de l'actual plataforma insular, tant per la intervenció de processos erosius com d'acumulació i, eventualment, cimentació ulterior. L'ascens del nivell del mar es produí sobretot entre 19 i 8 ka degut a la fusió de mantells i casquets de gel, i glaceres, arreu del món (Cronin, 2012). La taxa d'ascens més ràpid tingué lloc durant el MWP1a, fa entre 14,7 i 13,5 milers d'anys. Després vingué una etapa amb una taxa d'ascens modesta, especialment durant un període fred anomenat Dryas Recent (*Younger Dryas*, en anglès) entre 12,9 i 11,6 ka enrere, en què el nivell global del mar estaria situat prop de 60 m sota el nivell actual (Bard *et al.*, 2010). Podria ser, per tant, que el tercer esglaó o, esglaó més profund i prominent, de la plataforma de Cabrera Gran s'hagués format durant la inversió freda del Dryas Recent. L'esglaó intermedi, més som i amb un menor desenvolupament, s'hauria format posteriorment de manera semblant, tot i que segurament durant un període de temps comparativament més breu. Cal tenir en compte que l'estabilització o desacceleració de la taxa d'ascens del nivell del mar, o fins i tot la seva inversió, no depenen només de la component eustàtica global sinó del comportament regional i local d'aixecament o enfonsament de l'escorça. Així, les fluctuacions eustàtiques del nivell del mar, en sentit ascendent o descendent, poden compensar-se o accelerar-se localment en funció dels moviments verticals de l'escorça. En relació amb aquesta qüestió seria convenient escatir la possible presència de platges aixecades a l'arxipèlag de Cabrera (Butzer i Cuerda, 1962; Cuerda, 1989; Hillaire-Marcel *et al.*, 1996), tot i que hom considera el bloc de Mallorca en el seu conjunt com a "relativament estable", si més no des del darrer interglacial (Zazo *et al.*, 2013).

Convé assenyalar també que la pròpia fisiografia dels fons marins del PN de Cabrera constitueix un condicionant probablement no menor pel que fa al desenvolupament de terrasses submergides. Així, els perfils batimètrics més rostos, fins a profunditats considerables, dels fons marins situats a ponent i a migjorn de l'arxipèlag no afavoririen la formació de terrasses, mentre que els perfils més suaus dels fons situats a llevant i septentrió ho afavoririen en major mesura.

Tampoc volem deixar d'esmentar la possibilitat que en la configuració d'alguns dels esglaons observats en el fons marins del PN de Cabrera hi intervingui una component de relleu estructural, és a dir, d'afflorament o subafflorament d'estrats resistents esglaonats. On aquesta possibilitat sembla més plausible és allà on s'observen configuracions en forma de graderia, de dos nivells o més, en els graons intermedi i fins i tot el superior, com és el cas de l'esglaó intermedi entre l'extrem nord-est

de Cabrera Gran i Na Redona i de diversos indrets a l'est de Cabrera Gran, i de l'esglaó superior des del cap Vermell fins el cap de Llebeig. De fet, de configuracions en graderia se n'observen també per sota de l'esglaó inferior com, per exemple, a l'oest de l'entrant que hi ha entre el cap Vermell i la península d'Enciola, al sud-oest de Cabrera Gran. Noti's, però, que per observar bé aquests detalls cal ampliar notablement els mapes (Figs. 3, 5, 6 i 7).

ESTELES DE SEDIMENT ALS FREUS

Els freus del sector nord són, com ja hem assenyalat (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*) elements destacats de la fisiografia del PN de Cabrera. A través d'ells es produeixen intercanvis d'aigua entre la plataforma de ponent dels illots i la de llevant, i viceversa, amb la probable ocurrència, si més no ocasionalment, de corrents de certa intensitat capaços de transportar els sediments dominantment carbonatats d'origen fitobentònic i, en molta menor mesura, zoobentònic, propis de la plataforma balear (Alonso *et al.*, 1988; Canals i Ballesteros, 1997).

Més enllà de formes de fons indicadores de transport tractiu, com ones i dunes de sediment (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*), el mapa d'intensitat de retrodifusió aporta informació esclaridora en aquest sentit (Fig. 7). Així, la distribució dels valors de retrodifusió en el freus entre l'illa des Conills i Na Plana, amb un canvi marcat de la intensitat de retrodifusió a un costat i altre del freu i, especialment, entre Cabrera Gran i l'illa des Conills, amb Na Redona entremig, amb un patró en bandes d'intensitat variable orientades d'est a oest, indicaria la prevalença d'un transport cap a ponent, que s'adiu amb la direccionalitat neta del transport de sediment que revelen les formes de fons, relictos i modernes, associades a transport de sediment en altres indrets del PN de Cabrera. Aquests patrons d'intensitat de retrodifusió correspondrien, doncs, a **esteles de sediment** (*sediment tails*, en anglès), que són formes de fons pròpies d'indrets amb una resultant unidireccional dominant dels corrents. Les esteles de sediment, d'escalas molt diverses, es formen o bé darrera d'obstacles com poden ser crestes, afloraments rocosos o blocs, o bé associades amb constriccions, com ara els freus, en què a un augment de la intensitat del corrent li segueix una desacceleració del mateix en una distància relativament curta just a la sortida de la constricció.

Un augment de la fondària, a sotacorrent de la constricció, també pot afavorir la deposició de les partícules sedimentàries, com sembla ser el cas dels freus que ens ocupen, marcadament asimètrics en secció transversal (Fig. 4, talls B-B' i C-C'). Així, al freu entre l'illa des Conills i Na Plana la profunditat augmenta sobtadament uns 8 m just a ponent de l'esquenall del mateix freu (Fig. 5). En aquest freu s'observen, al mapa de pendents (Fig. 6), uns petits camps d'ones de sediment al nord i al sud de l'illot de l'Esponja, entre 40 i 70 m de fondària, aproximadament, la qual cosa reforça la interpretació de l'existència d'un transport tractiu apreciable en aquest indret. De manera semblant, a ponent del freu entre l'illa des Conills i Cabrera Gran, també s'observen indicacions de transport de sediment, com el molt petit camp d'ones de sediment que s'obren en ventall entre 35 i 50 m de fondària a la vessant de ponent (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*), entre Na Redona i l'illa des Conills, i un seguit d'ones de sediment un tant difuses degut a llur escassa amplitud vertical, ben bé a l'oest de Na Redona, entre 60 i 80 m de fondària aproximadament (Fig. 6). Com en altres casos, insistim en que per observar bé aquests detalls cal ampliar notablement els mapes (Figs. 3, 5, 6 i 7). Per altra banda, no se sap fins a quin punt la circulació a través d'aquests freus és responsable del major aprofundiment dels vessants de ponent dels mateixos, en comparació amb els vessants de llevant.

Pel que fa als freus entre els illots més septentrionals, al nord de Na Plana, el mapa d'intensitat de retrodifusió mostra també uns patrons netament asimètrics, amb molta més variabilitat al vessant de ponent que no al de llevant (Fig. 7). Això estaria relacionat amb una major diversitat de tipus de fons i de recobriment sedimentari al costat de ponent, fet per altra banda comú al conjunt dels illots septentrionals. És possible que aquesta major variabilitat també a ponent dels illots més septentrionals estigui igualment relacionada amb el transport de sediment cap a l'oest a través dels freus que els separen. De tota manera, la manca de cobertura cartogràfica estrictament en aquests freus més septentrionals no ajuda a escatir-ho (Figs. 3, 5, 6 i 7).

Val a dir que l'ocurrència d'esteles de sediment, de vegades de mides considerables, i també de depressions associades, és coneguda en altres plataformes mediterrànies properes. És el cas de la plataforma del cap de Creus i del nord de la Costa Brava, on la intensificació estacional de la deriva litoral, afegida a la circulació d'aigües denses de plataforma que es dirigeixen cap a les capçaleres dels canyons submarins propers, ha donat lloc a un gran nombre formes de fons d'aquesta mena (Canals *et al.*, 2006; Durán *et al.*, 2014).

MONTICLES I AGRUPACIONS DE PROTUBERÀNCIES AMB ALTA INTENSITAT DE RETRODIFUSIÓ

La cartografia efectuada mostra monticles i agrupacions de protuberàncies amb intensitat de retrodifusió més alta que els fons circumdants (Fig. 7). Els monticles més destacats amb aquesta característica són situats al nord-oest de Na Foradada, aquest darrer amb una protuberància o mugró central ben visible (Fig. 11A i B) (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*).

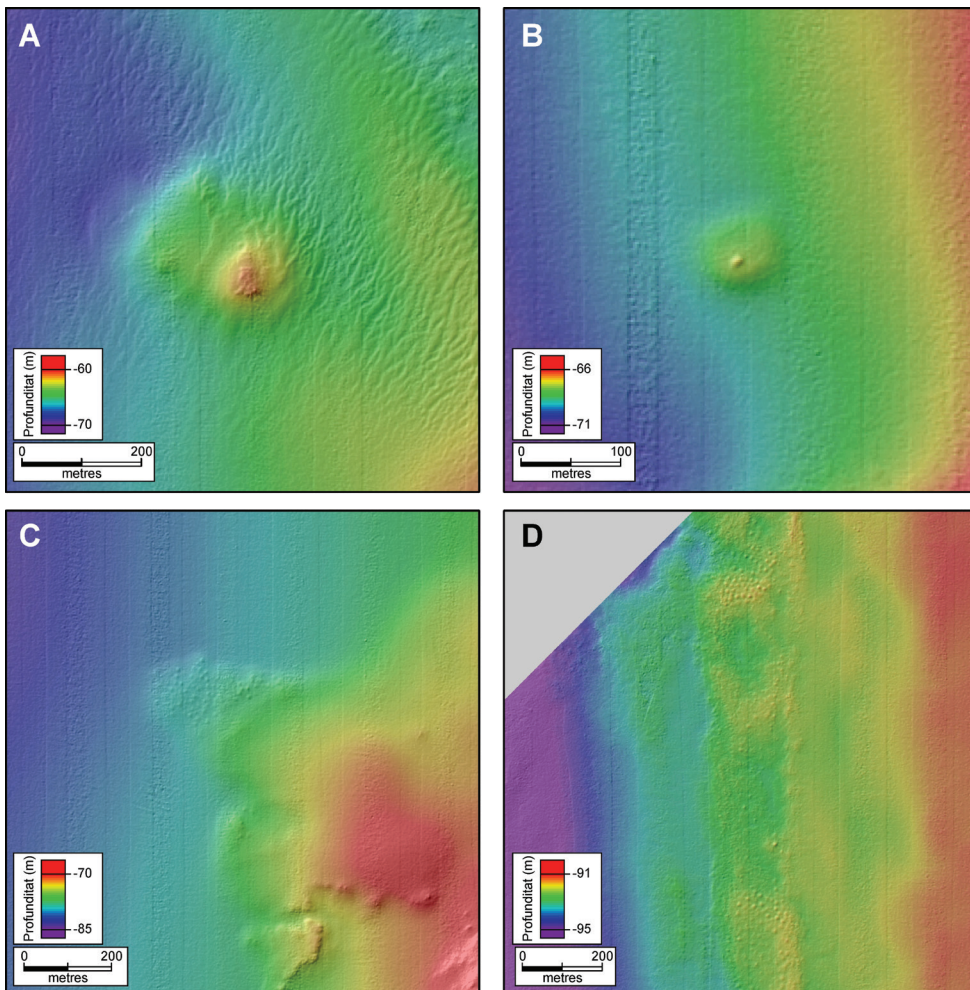


Figura 11 Imatges batimètriques de detall de monticles i agrupacions de protuberàncies amb alta intensitat de retrodifusió. A: Monticles adjacents entorn els 65 m de fondària al nord-oest de Na Foradada. B: Monticle isolat amb una protuberància central entorn els 68 m de fondària a l'oest de Na Foradada. C: Agrupació de protuberàncies entre 75 i 80 m de fondària a l'oest de l'illa des Conills. D: Agrupació de protuberàncies entorn els 93 m de fondària a l'oest de l'illa des Conills. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Vegeu situació a la Fig. 3.

A l'oest de l'illa des Conills les agrupacions de petits monticles o protuberàncies, força uniformes pel que fa a llurs mides individuals, corresponen a taques amb intensitat de retrodifusió molt alta o, en tot cas, més alta que als fons adjacents. Aquestes taques tenen una forma arrodonida i una mida variable, la més gran de 350 m x 200 m (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*). La forma i la distribució d'aquestes taques donen lloc a una mena de clapejat **en pell de lleopard** entre 70 i 80 m de fondària, aproximadament (Figs. 7 i 10C i D) (cf. aptat. *Resposta acústica del fons marí*). Els valors alts d'intensitat de retrodifusió s'estenen cap al sud de les taques arrodonides, tot i formant una mena d'aigües o de mosaic amb límits més o menys difusos paral·lelament a la costa, prou rectilínia, d'es Penyal, a l'illa des Conills.

La coincidència entre les taques en pell de lleopard o, en el pitjor dels casos, algunes d'elles, com ara la més gran, i concentracions de protuberàncies que atorguen una empremta característica al relleu submarí allà on apareixen, fan que hom atribueixi, en primera instància, l'elevada intensitat de retrodifusió observada en aquest indret, a un increment de la rugositat del fons. El mapa bionòmic (cf. aptat. *Relacions entre el relleu submarí i les comunitats bentòniques*) mostra que, a grans trets, les taques se situen en fons de rodòlits, per la qual cosa, donada la presència coincident de monticles i protuberàncies, convindria no descartar que hi pugui haver bioconstruccions amb cert desenvolupament vertical.

Ara bé, més enllà que les seves característiques d'intensitat de retrodifusió i el mateix fet de formar relleu indiquen que es tracta d'elements durs, si més no en la seva part central, aquesta hipòtesi caldria comprovar-la. L'origen d'aquests elements roman, però, incert a hores d'ara. De fet, ni tan sols estem segurs que tots els monticles i protuberàncies comparteixin un mateix origen. Convé no descartar tampoc, a hores d'ara, que les agrupacions de protuberàncies tinguin un origen antropogènic, com ara abocaments d'alguna mena, tot i que sembla poc probable. Cal fer notar que l'indret, a l'oest de l'illa des Conills, on hi ha una major concentració de petites protuberàncies és a tocar del límit occidental del PN de Cabrera, en part fora i en part dins, a uns 93 m de fondària, i a 2°55'10" de longitud est i entre 39°10'55" i 39°11'40" de latitud nord.

Assenyalem que també als freus, o si més no en determinats indrets dels freus, els valors d'intensitat de retrodifusió són relativament elevats (Fig. 7), fet que avalaria la presència de sediment groller i d'una microrugositat en el fons detectable per les sondes de batimetria de multifeix emprades en aquest estudi. De retruc, també suportaria la hipòtesi del transvasament de sediment de llevant a ponent a través dels freus (cf. aptat. *Esteles de sediment als freus* i *Relacions entre el relleu submarí i les comunitats bentòniques*).

REBLIMENT SEDIMENTARI DE CALES I BADIES

Les cales i badies del PN de Cabrera són un element singular de la seva fisiografia, i juntament amb caps i petites penínsules determinen la característica silueta extraordinàriament retallada de l'illa principal. Un tret que en major o menor mesura comparteixen aitals cales i badies és un relleu relativament suau amb pendents generals força regulars i suaus, si més no en part del seu rang batimètric (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*), atribuïble a l'acumulació de sediments amb predomini d'arenas, més o menys fangoses, tot i que localment, sobretot a prop de la costa, també hi ha fons de còdols, blocs i roca. La sedimentació és afavorida indubtablement pel caràcter arrecerat de cales i badies, i per la producció bentònica de partícules sedimentàries carbonatades (Canals i Ballesteros, 1997), amb contribucions degudes a l'erosió costanera, sobretot a rel de temporals, i a l'escolament superficial provocat per episodis de precipitació de certa intensitat. Així com abans parlàvem de cimentació (cf. aptat. *Crestes i barres de platja cimentades* i *Terrasses i esglaons submergits*), en ambients sedimentaris carbonatats temperats com el del PN de Cabrera també es produeixen diferents processos, físics i biogènics, entre els quals l'anomenada "maceració dels carbonats", que donen lloc a l'atrició i destrucció de les partícules grolleres de carbonat i a la formació de fang carbonatat, el qual s'acumula en indrets relativament profunds o arredossats dominats per condicions de baixa energia (Alexandersson, 1979; Alonso *et al.*, 1988; Blom i Alsop, 1988). La maceració fa que les partícules sedimentàries carbonatades es desintegren en els seus components estructurals microscòpics: agulles, fibres, plaquetes i grànuls, i es produeix mentre les

partícules són al fons marí en contacte amb l'aigua de mar. Tota mena de closques i components esquelètics carbonatats es transformen aleshores en llot calcari, el qual pot anar-se dissolent i/o acumular-se en indrets calcats (Alexandersson, 1979).

A Cabrera Gran, il·lustren els fons de cales i badies amb pendents i relleus suaus, a partir d'una distància de la línia de costa variable, generalment de pocs centenars de metres, els casos de cala Santa Maria, Es Port, les cales veïnes de cap Vermell i la punta d'Enciola, i la badia de l'Olla. Possiblement aquest fet tingui relació amb la major superfície de les conques de drenatge que aboquen a la majoria de badies o cales esmentades, en comparació amb la molt més petita superfície de les que desguassen en altres cales i entrants, com la cala Emboixar, just al nord de cap Ventós, entre altres, cosa que fa que en aquestes darreres el pendent del fons sigui més pronunciat i el relleu més irregular.

En aquest context, el canal que ressegueix l'eix d'Es Port entre 29 i 58 m de fondària al tàlveg (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*) actua probablement com una via de drenatge sedimentari cap a la plataforma continental oberta. Cal tenir present que els únics sistemes de drenatge terrestre de certa entitat que hi ha en tot el PN de Cabrera aboquen a Es Port (Fig. 5; cf. aptat. *Relacions entre el relleu submarí i la geologia emergida*). Es tracta del barranc o canal de ses Figueres, de direcció SE-NO, i del barranc o canal Llarg, de direcció sud-nord. El canal submarí esmentat és, en qualsevol cas, d'un element únic a tot el PN de Cabrera, de la mateixa manera que ho és el sistema de drenatge terrestre que possiblement l'alimenti amb aportacions sedimentàries esporàdiques.

INDICIS DE POSSIBLES ESSLAVISSAMENTS SUBMARINS

Els productes cartogràfics obtinguts mostren, més enllà dels descrits fins aquí, altres elements del relleu submarí. Un dels que creiem que paga la pena fer-ne esment és situat enfora del cap de Llebeig, a l'oest de Cabrera Gran, on el mapa de pendents (Fig. 6) mostra una **forma del relleu lobulada** que es projecta en direcció nord-oest més enllà del cap, entre 85 m i 100 m de fondària, de mides 1 x 0,9 km en direcció SE-NO i SO-NE, respectivament (Fig. 12). La seva capçalera és als espadats submergits que, en aquest punt, es perllonguen justament fins 85 m de profunditat. La superfície del lòbul mostra ben bé una dotzena de petits graons arcuats cap al nord-oest, en direcció a la part frontal del lòbul, a més d'alguns blocs o afloraments rocosos isolats al llarg o a prop dels seus límits laterals. Cal esmentar també que al sud-oest del lòbul el mapa de pendent dibuixa un seguit de replans i graons que s'obren cap al nord-oest mitjançant una mena de valleta de 300 m d'ample, la boca de la qual és flanquejada per sengles desnivells rectilinis. Tot plegat recorda molt i molt la configuració dels esllavissaments submarins de colada rocallosa (*debris flows*) de poc recorregut, els quals sovint mostren una forma lobulada característica, amb crestes o plecs de pressió que s'expressen en superfície mitjançant esglaons arquejats (Canals *et al.*, 2004). Fins i tot, ateses les seves característiques morfològiques, la valleta lateral podria correspondre a un corredor d'esllavissaments, amb la cicatriu principal situada a la capçalera de la mateixa valleta. L'expressió morfològica actual d'aital cicatriu estaria suavitzada per la seva pròpia degradació amb el pas del temps, i per l'acumulació de sediments post-esllavissament. Curiosament, i salvant les diferències d'escala i de context, els seus trets la fan força similar a l'esllavissament Gebra (vegeu Fig. 3 a Imbo *et al.*, 2003) i encara a altres esllavissaments submarins (Canals *et al.*, 2004).

El lòbul submarí del cap de Llebeig i la valleta adjacent, així com la resta d'elements morfològics menors esmentats, també són visibles en els mapes batimètric i d'intensitat de retrodifusió (Figs. 5 i 7), tot i que llur expressió en aquests mapes és menys cridanera que en el mapa de pendents (Fig. 6).

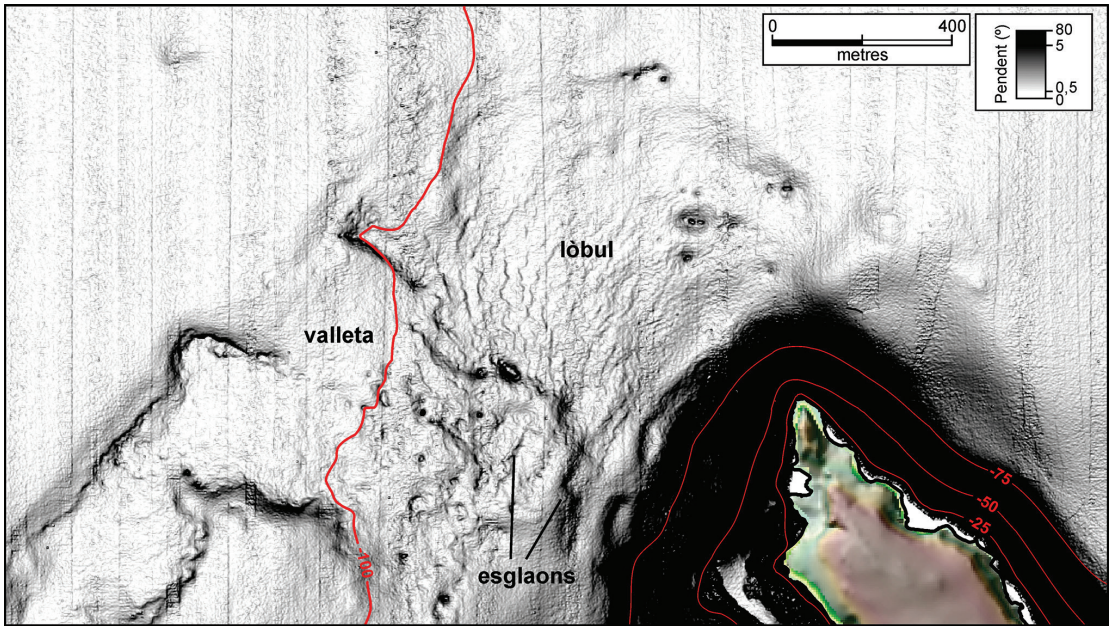


Figura 12 Detall del mapa de pendents (Fig. 6) corresponent al dipòsit en forma de lòbul que s'estén enfora del cap de Llebeig, i de la valleta que el voreja pel sud-oest. Noteu els petits esglaons arcuats de damunt del lòbul i també els esglaons de la capçalera de la valleta. El bandejat paral·lel que s'observa en alguns indrets és un artefacte de l'adquisició de les dades. Isòbates en metres. Vegeu situació a la Fig. 3.

RELACIONS ENTRE EL RELLEU SUBMARÍ I LA GEOLOGIA EMERGIDA

En treballs com el present, centrats en l'estudi del relleu submarí a una distància de la costa relativament curta, hi ha sovint la temptació d'intentar establir les relacions de l'estructura i les formacions geològiques, i del relleu emergit resultant, amb el relleu submergit. Hom pot pensar, d'entrada, que determinats trets de la costa, com ara trams rectilinis o penya-segats podrien estar relacionats amb elements estructurals, com ara falles, de la mateixa manera que formes submarines del relleu anàlogues també podrien tenir-hi relació, excloses les que tot i complir alguna de les condicions tenen clarament un altre origen, com per exemple les crestes i barres descrites adés les quals, tot i ésser rectilínies, no tenen en principi un control estructural directe, si més no al PN de Cabrera.

Per a poder escatir aitals relacions cal que la cartografia geològica i geomorfològica terrestre i la cartografia submarina comparteixin alguns aspectes bàsics, com ara que les escales i la resolució siguin similars. És clar, de tota manera, que una mancança és que els diferents mapes del relleu submarí, inclosa la seva resposta acústica, no són estrictament mapes geològics. Els efectes d'aquesta mancança només es poden reduir, i encara fins a cert punt, a partir de l'aplicació d'un criteri expert.

En el cas del PN de Cabrera hem tingut en compte els mapes geològics de Sàbat (1984) dins Sàbat *et al.*, (1993) i de l'ITGE (1991) referits, en el primer cas, a Cabrera Gran i als illots més propers i, en el segon cas, al conjunt de l'arxipèlag. Altres mapes més antics que també hem pogut consultar són d'escassa utilitat per a la finalitat que pretenem.

L'arxipèlag de Cabrera és la continuació sud-occidental de les Serres de Llevant de Mallorca, amb les que hi manté grans semblances geològiques (Sàbat *et al.*, 1993). Els dos mapes esmentats assenyalen el predomini de materials del mesozoic, sobretot juràssics, formats predominantment per calcàries de diversa composició. Localment també afloren argiles bigarrades amb guixos, i bretxes i dolomies del triàsic i calcàries del cretaci inferior. Sàbat *et al.*, (1993) assenyalen la presència d'olistòlits i

també nombrosos olistostromes dins els materials del juràssic mig i superior, i del cretaci inferior. L'eocè, format per calcàries, conglomerats, llims i argiles, ocupa una àmplia franja que s'estén des de la badia de l'Olla fins a cala Santa Maria, és a dir, de costat de l'illa de Cabrera Gran, tot i ocupant bona part del caparrot en forma de península de l'extrem nord de l'illa. També hi ha afloraments eocens terra endins del codolar de l'Imperial, al sud-est i al sud d'Es Port i a la cala del Coll Roig. El tortonià-messinià apareixeria de forma molt localitzada, formant una franja molt estreta de calcàries esculloses i calcàries oolítiques només a la costa nord de l'illa, al nord de la cala Emboixar (Sàbat *et al.*, 1993). El plio-pleistocè, format per marès, un tipus de calcarenita bioclàstica de gra mig a groller, ocupa segons l'ITGE (1991) una estreta franja paral·lela a la costa més septentrional de Cabrera Gran, un xic terra zendins, que no apareix al mapa de Sàbat *et al.*, (1993). Finalment, hi ha presència de llims i argiles al·luvials, i de blocs i còdols col·luvials del quaternari als dos barrancs principals que desguassen a Es Port; un d'ells, el canal de ses Figueres, és el de més recorregut de tot l'arxipèlag, estenent-se 2 km en direcció NO-SE cap a l'interior de l'illa, probablement seguint una falla. L'altre és el canal Llarg, ja esmentat (cf. aptat. *Rebliment sedimentari de cales i badies*). El quaternari també forma petites taques en altres indrets, generalment a tocar de la línia de costa, coincidint amb la gola d'alguns barrancs.

Pel que fa als illots septentrionals, des de l'illa des Conills fins Na Foradada, tots ells són format per materials juràssics anàlegs als de Cabrera Gran, recoberts de forma més o menys extensa per marès plio-pleistocè. A Na Foradada hi hauria un petit aflorament de tortonià-messinià (ITGE, 1991).

L'estructura de Cabrera Gran és determinada per un seguit de falles normals i encavalcaments, i per uns pocs plecs (Sàbat *et al.*, 1993). Així, hom ha identificat dos sistemes de falles normals conjugades ben desenvolupats, de direccions dominants ONO-ESE i OSO-ENE, així com nombrosos encavalcaments en diferents direccions. Els fronts dels encavalcaments solen estar relacionats amb les argiles bigarrades amb guixos del triàsic de facies *keuper*. A l'illa des Conills també s'han cartografiat falles orientades ONO-ESE i un encavalcament a la part sud-oriental (ITGE, 1991).

Més enllà dels sistemes de fractures, hom diferencia dues unitats tectòniques superposades: i) una unitat inferior que formaria l'autòcton relatiu (tot i que també podria tractar-se d'una unitat al·lòctona), constituït pels materials juràssics, cretacis i eocens, plegats en direcció NO-SE i amb vergència cap al nord-est; i ii) una unitat superior que encavalca la unitat inferior, formada per les argiles i els guixos del triàsic, que haurien actuat de nivell de desenganxament, i per calcàries del juràssic inferior. Els plans d'encavalcament tindrien inclinacions modestes, tot i que poden haver estat duts a posicions més verticals posteriorment. A Cabrera Gran, els materials eocens esmentats adés ocuparien tres sinclinals separats per dos anticlinals (ITGE, 1991).

Les cartografies geològiques esmentades suggereixen la prolongació mar endins de força falles identificades a terra. També mostren que alguns trams de costa són definits per plans de falla o, en tot cas, es troben a escassa distància dels mateixos. Seria el cas de la costa meridional de la cala Santa Maria, o del tram de costa comprés entre les puntes de sa Corrent i de sa Corda, a la costa nord de Cabrera Gran, i també d'indrets concrets on trams generalment rectilinis dels penya-segats costaners coincideixen amb plans de falla com, per exemple, entre la punta de sa Corda i cala Santa Maria, als voltants de cap Xoriguer, a la península del cap de Llebeig, i a la punta des Burrí (Sàbat, 1984).

Hom podria pensar també que els entrants i sortints més pronunciats i de majors dimensions de Cabrera Gran estiguessin definits per falles majors no del tot identificades o recobertes per materials recents. Aquest podria ser particularment el cas d'Es Port i de les penínsules del cap de Llebeig i de cap Xoriguer que el flanquegen. Els materials quaternaris del fons del barranc principal, el canal de ses Figueres, de direcció SE-NO, que aboca a la costa meridional d'Es Port probablement tapen la continuació del front d'encavalcament de la mateixa direcció identificat tant a Sàbat (1984) com a ITGE (1991). De fet, el canal submarí que segueix el tàlveg d'Es Port, igualment de direcció SE-NO (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Rebliment sedimentari de cales i badies*; <http://www.ideo-cabrera.ieo.es>), podria correspondre perfectament a la traça en direcció nord-oest del mateix

front d'encavalcament. Així doncs, aquest element únic en el relleu submarí del PN de Cabrera tindria un origen i un control tectònics. El cas d'Es Port il·lustraria, per tant, un bon encaix entre l'estructura geològica observada a terra, el perfil de la costa i un element destacat del relleu submarí. Tot plegat, apunta, per altra banda, a què el front de l'**encavalcament del canal de ses Figueres-Es Port** seria el més remarcable de tot l'arxipèlag. A més, cal assenyalar que el penya-segat que forma la costa sud del codolar de l'Imperial, a l'altra banda de l'illa, segueix la mateixa direcció i està perfectament alineat amb el front d'encavalcament i el canal submarí esmentats. Una situació semblant, seguint la mateixa direcció SE-NO, podria ocórrer, travessant també tota l'illa, al llarg d'un corredor que aniria des de la badia de l'Olla, a la costa est, fins cala Santa Maria, a la costa oest. En aquest cas, però, no s'observa en el fons marí cap mena d'element morfològic o morfoestructural lineal en la direcció del possible pla d'encavalcament, ni a l'Olla ni a la cala Santa Maria.

La continuïtat d'altres falles normals i fronts d'encavalcament més enllà de la línia de costa, sota les aigües, no és, en general, òbvia. De tota manera, un examen atent dels elements morfològics submergits permet apuntar algunes possibles connexions. Així, a Cabrera Gran, l'encavalcament que, segons la cartografia de Sàbat (1984), defineix el barranc de direcció SSO-NNE que desguassa just a l'oest de la punta des Burrí, sembla tenir continuïtat en forma d'un penya-segat submarí orientat oest-est que s'estén fins 20 m de fondària, situat davant per davant de la protuberància arrodonida que forma la mateixa punta. És possible també que, en alguns trams, la direcció dels esglaons submarins superior i intermedi entre l'extrem nord de l'Olla i la cala Emboixar, on són separats per una estreta terrassa o es troben pràcticament amalgamats, segons l'indret (cf. aptat. *Terrasses i esglaons submergits*), estigui condicionada per les falles identificades a terra en aquesta part de l'illa.

També els forts desnivells submarins adjacents a la costa entre la punta de sa Corda i la part nord-occidental de cala Santa Maria, pràcticament entre 0 i 30 m, o fins i tot 50 m de fondària, i el seu dibuix, semblen condicionats, si més no en alguns trams, per la continuació d'algunes de les falles cartografiades a terra. La direcció estructural SSE-NNO, ben patent a la península de cap Xoriguer, també s'imposa en els fons marins propers, al costat occidental de cala Santa Maria, de la mateixa manera que altres direccions estructurals a l'extrem nord de la península es traslladen als abruptes fons marins adjacents (compari's Sàbat, 1984 amb les figures 3, 5, 6 i 7 i amb <http://www.ideo-cabrera.ideo.es>). A la península del cap de Llebeig, la direcció estructural SSE-NNO, que controla la configuració d'Es Port, també té un paper determinant, especialment cap a l'est, amb penya-segats i talussos submarins que s'estenen des de la cota zero fins 75 m de fondària. A la costa oest de la mateixa península, la cala Galiota, amb una forma de calaix reveladora, té un clar control estructural SE-NO que s'estén mar endins, ben bé fins 50 m de profunditat. Una situació semblant es dona a les petites cales del Mal Entrador Gran i del Mal Entrador Petit, al sud de l'anterior.

Esmentem també que s'observa un control per falles normals a la cala de l'Escala, a la costa de ponent de l'illa des Conills, en concret des de la punta de s'Homonet fins la costa interior de la cala, a la costa de l'Escala, i fins i tot podria ser que la costa del cul de sac de la cala, ben rectilínia i orientada SO-NE estigues controlada per una falla, tot i que el mapa de l'ITGE (1991) no la mostri. De fet, la mateixa forma de calaix de la cala de l'Escala suggereix un control estructural.

RELACIONS ENTRE EL RELLEU SUBMARÍ I LES COMUNITATS BENTÒNIQUES

Als fons marins del PN de Cabrera s'hi desenvolupa un seguit d'hàbitats bentònics propis de les plataformes carbonatades de la mar Mediterrània occidental (Ballesteros *et al.*, 1993; Diversos autors, 2007, 2013; Templado *et al.*, 2012). Alguns d'aquests hàbitats han rebut una atenció especial, per raons diverses, com ara les prades de *Posidonia oceanica* i de fanerògames marines en el seu conjunt, el coral·ligen, l'avellanó (o grapissar, o rodòlits) i encara d'altres (vegeu, per exemple, Pergent *et al.*, 1994; Marbà *et al.*, 1996; Canals i Ballesteros, 1997; Garrabou *et al.*, 2003; Ballesteros, 2006; Joher *et al.*, 2012; Personnic *et al.*, 2014; Grinyó *et al.*, 2016; Ballesteros *et al.*, 2018).

Els darrers anys s'han fet força esforços per cartografiar aquests hàbitats. A les Balears, il·lustren aquesta mena de cartografies els exemples aportats per Ballesteros *et al.*, (2013) o la cartografia d'hàbitats bentònics del canal de Menorca, duta a terme en el marc del projecte Life+ Indemares, accessible a través del portal del mateix projecte (<http://indemares.es/areas-marinas/canal-de-menorca>) o del portal EMODNED (<http://www.emodnet.eu/seabed-habitats>). Aquestes cartografies permeten apreciar la notable diversitat d'hàbitats que hom ha pogut diferenciar.

Dins els PN de Cabrera s'han dut a terme estudis i cartografies bionòmiques dels hàbitats bentònics, entre els quals l'estudi d'Aguilar *et al.*, (2008) i la cartografia bionòmica inclosa al visor del PN de l'arxipèlag de Cabrera de l'IEO (<http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>), efectuada en el marc del projecte *Seguimiento Ecológico del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera* dut a terme fins l'any 2012 per l'empresa Tragsatec, per encàrrec del *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Aquesta cartografia segueix la classificació d'hàbitats EUNIS (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>), per la qual cosa les denominacions de diferents hàbitats que esmentarem d'ara en endavant faran referència a aquesta classificació. Hi ha també una carta bionòmica de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears (s/d), anomenada "Tipologia de fons marí - Cabrera" (sic), les similituds de la qual amb la penjada al visor de l'IEO són patents, de la qual cosa se'n desprèn que totes dues beuen de la mateixa font, tot i que la del visor de l'IEO té un recobriment geogràfic més gran.

A priori, hom pot pensar que l'anàlisi comparada de mapes del relleu i de les propietats acústiques del fons marí, com els que constitueixen la base d'aquesta contribució (Figs. 3, 5, 6 i 7), i de mapes d'hàbitats bentònics pot aportar alguna llum que permeti entendre millor les relacions entre uns i altres. No es tracta pas d'escatir la relació entre comunitats bentòniques i el tipus de substrat o la profunditat, les quals són prou conegudes, sinó entre comunitats, o hàbitats, i formes del relleu específiques en el cas concret del PN de Cabrera.

Per a fer aquest exercici ens basarem, doncs, en la cartografia bionòmica del visor de l'IEO, el qual incorpora també informació batimètrica amb una equidistància entre isòbates d'un metre (<http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>). Naturalment, no podem respondre de la bondat d'aital cartografia sinó que, senzillament, l'assumim, tot i essent conscients que qualsevol cartografia d'aquesta mena manca de la finesa d'una descripció o caracterització acurada dels hàbitats corresponents la qual, per altra banda, tampoc és necessària per a l'exercici que plantejem. Cal tenir també en compte que la cartografia bionòmica esmentada no recobreix la totalitat dels fons marins del PN de Cabrera, per la qual cosa hi ha indrets dels quals coneixem les formes del relleu però no els hàbitats bentònics, tot i que puguem pressuposar quins haurien de ser. Aquesta circumstància és particularment remarcable en el que, a partir de criteris fisiogràfics, hem anomenat sector sud del PN de Cabrera (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*). En concret, a més de 70 m o 80 m de fondària segons l'indret el sector sud no és cobert per la cartografia bionòmica. Tot i això, les formes del relleu observades i la resposta acústica del fons indiquen una alternança entre fons sedimentats i fons durs.

Més enllà dels indrets costaners i dels freus més somers, dominats per comunitats pròpies de les roques infralitorals i per prades de *P. oceànica*, un dels aspectes que més crida l'atenció de la cartografia bionòmica del PN de Cabrera és l'asimetria, a partir d'uns 30 m de fondària, entre els fons que queden a l'est i els que queden a l'oest de les illes que formen l'arxipèlag i també, tot i que amb un grau menor, entre els que hi ha més al nord i més al sud. Així, als fons relativament profunds situats a llevant destaquen, per l'extensió que ocupen, l'associació amb l'alga rodofícia erecta *Osmundaria volubilis* i els fons rocosos, mentre que en els situats a ponent ho fan els sediments solts, amb claps de rodòlits, de vegades de considerable extensió, i taques esparses de coral·ligen. Per altra banda, el contrast entre els fons septentrionals i meridionals relativament profunds es palesa per l'abundor de l'associació amb rodòlits en fons detrítics costaners i sediments solts circalitorals, amb taques de coral·ligen, al sud, i pel predomini gairebé absolut dels sediments infralitorals i circalitorals solts al nord. A més, els sectors que, basant-nos en la fisiografia submarina, hem anomenat nord i central (cf. aptat. *Trets generals del relleu submari*) també presenten, entre ells, diferències palpables pel que fa als hàbitats bentònics. Dit d'una altra manera, a partir d'una certa distància a la costa, la fisiografia i les formes del relleu submari i, naturalment, la profunditat, condicionen directament i en grau elevat els hàbitats bentònics.

Il·lustra a la perfecció tant l'asimetria est-oest com el condicionament morfològic el cas del sector nord, amb la planassa de l'illa des Conills, a l'est, amb la ja esmentada associació amb *O. volubilis*, mentre que a l'oest, a distàncies de la costa equivalents, els fons són dominats per sediments circalitorals i infralitorals, amb presència de camps de rodòlits en alguns indrets i taques molt localitzades i de minsa extensió, de coral·ligen. És clar que l'ampla planassa de l'illa des Conills se situa entre 30 i 50-55 m de fondària, mentre que a l'oest de l'illa des Conills els 50 m s'ultrapassen a una distància mitjana de 200 m de la línia de costa (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*). Per tant, a l'asimetria batimètrica i fisiogràfica li correspon una asimetria bionòmica patent (Figs. 3, 4 -tall B-B'-, 8 i 12).

De fet, l'extensíssima taca de l'associació dominada per *O. volubilis* de la planassa de l'illa des Conills s'estén des del cap de sa Carabassa, al límit nord-oriental de l'Olla, enfora de Cabrera Gran, cap al nord, fins al límit septentrional del Parc. Per altra banda, és conegut, d'acord amb Ballesteros (1992), que la comunitat dominada per *O. volubilis* es desenvolupa sobre substrat rocós amb sediment abundant, com és el cas de la planassa de l'illa des Conills. Així, a partir de 34 a 36 m de fondària, segons l'indret, s'hi desenvolupen ones de sediment corresponents als hàbitats anomenats sediments gruixats infralitorals i sediments mixtos circalitorals, de vegades adossades a les barres i crestes rocoses característiques de la planassa (cf. aptat. *Crestes i barres de platja cimentades*). En particular, les grans ones de sediment de la part més oriental de la planassa (cf. aptat. *Camps d'ones de sediment i de dunes*) es mostren a la perfecció a la cartografia bionòmica, doncs formen un patró característic de franges sinuoses de sediments mixtos infralitorals dins els fons dominats per l'associació amb *O. volubilis*. Per la seva banda, les barres i crestes *s. str.* també queden perfectament retratades a la cartografia bionòmica, doncs corresponen a l'hàbitat anomenat roques infralitorals i altre substrat dur. Convé assenyalar també que fora de la planassa de l'illa des Conills, és a dir a l'est de la major part de Cabrera Gran i a l'oest de l'arxipèlag, l'associació amb *O. volubilis* hi és absent, la qual cosa demostra encara més si cal el condicionament fisiogràfic de la distribució de les comunitats bentòniques, doncs no hi ha en tot el Parc un indret semblant a l'esmentada planassa.

A les terrasses més somes a llevant de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) hi tenen una presència destacada les comunitats de fanerògames, amb predomini de la *Posidonia*, i també amb sediments gruixats i mixtos infralitorals. Al codolar de l'Imperial, més enllà de la terrassa corresponent, a partir de poc més de 30-35 m, hi ha una gran extensió de l'associació de rodòlits en fons detrítics costaners on, a banda de l'esglaó extern de la mateixa terrassa, no s'observen elements destacats en el relleu submarí. A la badia de l'Olla hi ha una notable extensió de fons d'arenas fines infralitorals, on s'acumulen segurament afavorides pel caràcter arrecerat de l'indret. També hi ha claps de *Cymodocea* a la mateixa terrassa de l'Olla, més enllà de la qual, ja a més de 30 m, predominen els sediments mixtos infralitorals, els quals ocupen una gran extensió.

El petit doble esglaó rectilini, a tocar de la isòbata de 30 m, que enllaça l'extrem nord-est de Cabrera Gran, a cap Ventós, i l'illot de Na Redona (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) també apareix ben diferenciat a la cartografia bionòmica, corresponent-li l'hàbitat de roques infralitorals i altre substrat dur.

Pel que fa a la distribució d'hàbitats, els freus són indrets molt condicionats per la seva profunditat, per la superfície que ocupa cada rang batimètric i per la hidrodinàmica que els hi és pròpia. En el cas concret dels freus al sud i al nord de Na Redona, la prevalença de sediments gruixats infralitorals i, en menor mesura, de sediments mixtos infralitorals que assenyala la carta bionòmica, sembla donar suport a l'existència d'un transvasament de sediment de llevant a ponent (cf. aptat. *Esteles de sediment als freus*). La resta de freus dels illots septentrionals són, en general, més somes i, per tant, presenten un notable desenvolupament de les prades de *Posidonia*, especialment a les parts centrals i cap a llevant de les mateixes. L'excepció és el freu entre l'illot Pla i el grup de Na Foradada, força més profund que la resta (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí*).

Els monticles i protuberàncies, isolats o formant grups (cf. aptat. *Monticles i agrupacions de protuberàncies amb alta intensitat de retrodifusió*), no corresponen, aparentment, a cap hàbitat

específic de presència molt local. Els clústers més propers a l'illa des Conills, a l'oest de la mateixa, queden situats de ple dins l'hàbitat dels sediments mixtos circalitorals. Només a la parella de monticles que hi ha al NNO de Na Foradada, entorn els 60 m de fondària, s'hi aprecia una petita taca de coral·lígen entremig de sediments infralitorals i circalitorals, tot i que amb un perímetre que no s'ajusta al relleu definit per aitals monticles. Per la seva banda, els clústers més profunds, a l'est de l'illa des Conills, no estan coberts per la cartografia bionòmica.

Les diferents cartografies mostren també una associació clara entre alta intensitat de retrodifusió, el pendent i la presència de comunitats pròpies de fons rocosos, eventualment amb presència de claps de sediment. Ens referim als hàbitats de roques infralitorals i circalitorals, al coral·lígen i també a l'associació amb *O. volubilis*. Aquesta relació és nítidament apreciable en moltíssims indrets, doncs els caparrots i afloraments rocosos aïllats presenten intensitats de retrodifusió i pendents elevats. A títol d'exemple esmentarem un alt rocós que hi ha a la boca de la cala Santa Maria, i també un esquenall rocós que prolonga mar endins, en direcció est-oest, la península d'Enciola (Figs. 6 i 7 i <http://www.ideo-cabrera.ideo.es/>).

Els extensos camps de dunes submarines profundes del sud de Cabrera Gran (cf. aptat. *Trets generals del relleu submarí i Terrasses i esglaons submergits*) es desenvolupen predominantment en sediments mixtos circalitorals. Entre aquest camp de dunes i els hàbitats infralitorals del sud de Cabrera Gran, i també al sud, oest i nord-oest de l'illa des Conills, hi ha grans extensions de fons de rodòlits que, comunament, no mostren cap mena de forma de relleu específica, si més no apreciable mitjançant les tècniques cartogràfiques emprades. Escampades ací i allà apareixen taques de coral·lígen lligades a afloraments rocosos.

En definitiva, la cartografia bionòmica del PN de Cabrera, i el que d'ella se'n desprèn, sembla confirmar la bondat de les nostres interpretacions pel que fa a la naturalesa del fons marí i a la seva translació a les formes del relleu submergit.

CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

La batimetria de multifeix és la tècnica més idònia per a la cartografia submarina de base, i com a tal s'ha imposat arreu. Això és així per la seva versatilitat i perquè, quan hom la desplega des d'un vaixell, proporciona una resolució ajustada al rang de profunditat objecte d'investigació. A més de mapes batimètrics permet generar un seguit de productes derivats, com ara mapes de pendents i d'intensitat de retrodifusió, els quals permeten estudiar en detall les formes submarines del relleu i aproximar, a grans trets, llur naturalesa sedimentària o rocosa.

La cartografia batimètrica de multifeix del PN de Cabrera mostra, per una banda, una notable asimetria entre la fisiografia submarina a llevant i a ponent de l'arxipèlag, amb perfils més suaus i més somers a l'est, i perfils més rostos i pregons a l'oest. Una asimetria similar s'aprecia també entre els fons situats al nord i al sud de l'arxipèlag.

Les formes del relleu submarí del PN de Cabrera són prou diverses, i permeten endevinar els factors de diversa índole que les han conformades. Així, un seguit de barres i crestes, ara cimentades, són probablement el resultat del darrer ascens del mar postglacial i de la migració associada de la línia de costa. Les barres més grans observades dins el Parc tenen llargades quilomètriques i amplades de centenars de metres. També estarien relacionades amb el darrer ascens del nivell del mar, i particularment amb fases d'estabilització o de desacceleració de la taxa d'ascens, un seguit de terrasses esglaonades observades sobretot a l'est de Cabrera Gran.

Hi ha igualment nombroses formes del relleu, tant actives com possiblement relictos, indicadores d'un transport tractiu de sediment significatiu. Són dunes de mitja lluna i, sobretot, ones de sediment de mides diverses, algunes de les quals qualifiquem de "gegants" per les seves dimensions individuals. Hom troba aquesta mena de formes del relleu agrupades en camps que poden assolir uns quants quilometres quadrats d'extensió, de vegades a profunditats considerables (per exemple,

més de 100 m al sud de Cabrera Gran). A l'est de l'illa des Conills, barres, crestes i ones de sediment de mides diverses formen un mosaic de gran diversitat morfològica.

Els freus, en tant que constriccions topogràfiques, són indrets en què la dinàmica marina i els seus efectes tendeixen a accentuar-se. Diversos elements dins les cartografies efectuades, com el major aprofundiment dels freus cap a l'oest, la presència de formes de fons indicadores de transport tractiu i els patrons de la intensitat de retrodifusió, semblen indicar la prevalença del transport de sediment cap a ponent.

Prop de la costa les acumulacions de sediment més destacades es donen a les cales, badies i entrants més arrecerats, en alguns dels quals, entorn de Cabrera Gran, hi desguassen barrancs de certa rellevància, com és el cas d'Es Port. Costa enfora, més enllà del fons de roques infralitorals, és on es formen dipòsits extensos de sediments carbonatats infralitorals i circalitorals. Justament el tàlveg d'Es Port és ocupat per un canal submarí de gairebé 1 km de llargada que constitueix un element únic a tot el Parc. L'alineació d'aquest canal amb el barranc de Ses Figueres, el més gran de terra ferma, apunta a que ambdós responen a un control estructural corresponent a un front d'encavalcament que travessa Cabrera Gran de SE a NO, segons revela la cartografia geològica a terra.

Enfora del cap de Llebeig el fons marí presenta una forma lobulada amb esglaons arquejats al damunt i acumulacions de blocs al llarg dels seus límits laterals, elements propis de molts esllavissaments submarins del tipus colada rocallosa. A més, just al sud d'aquest lòbul, hi ha una valleta amb un seguit de grades al seu interior, i una gola limitada per esglaons laterals rectilinis ben marcats, que podria correspondre a una cicatriu d'un esllavissament adossat.

La fisiografia general i les formes submarines del relleu, associades a tipologies de fons concretes, dures o sedimentades, condicionen també la distribució dels hàbitats bentònics, i d'algun d'ells molt en particular. És el cas, entre altres, de l'associació amb l'alga erecta *O. volubilis*, que es desenvolupa a pleret a la planassa eminentment circalitoral de l'illa des Conills, o del coral·ligen associat a afloraments rocosos allunyats de la costa.

Tot l'exposat en aquesta contribució palesa tres fets principals: i) que la fisiografia general del PN de Cabrera és deguda a esdeveniments del passat geològic lligats a la formació de les serralades bètiques i l'obertura de la conca pregonada entre el promontori Balear i el nord d'Àfrica, al Miocè, és a dir fa desenes de milions d'anys; ii) que les formes del relleu dels fons marins del PN de Cabrera, sobreposades a la fisiografia general, són degudes fonamentalment a l'acció combinada de les fluctuacions globals del nivell del mar i de processos geològics i oceanogràfics durant els darrers mil·lennis, especialment des del Darrer Màxim Glacial, és a dir durant els darrers 19 ka; i iii) que el conjunt de formes submarines del relleu, d'una alta diversitat i cadascuna amb un significat propi, és un element altament valuós que forma part dels actius del PN de Cabrera i que, com a tal, convé destacar i donar a conèixer, per si mateix i també per la seva estreta relació amb els valors biòtics representats pels hàbitats marins que s'hi desenvolupen.

Pel que fa a recomanacions, se'ns ocorre fer-ne dues de genèriques i una altra d'específica, les quals per altra banda estan inevitablement interrelacionades. Entre les genèriques, la primera és constituir, mantenir i actualitzar regularment una base de dades o dipòsit digital, de lliure accés per internet, amb totes les dades primàries i documents referits al PN de Cabrera i al seu entorn. L'aproximació hauria de ser eminentment pràctica, amb una vocació de divulgació i servei allunyada de pompes i escarafalls, i amb una gestió que fos encomanada a una entitat que en pogués garantir la viabilitat a mig i llarg termini. La segona recomanació entre les genèriques és estendre i aprofundir l'exploració i l'estudi científic sistemàtic i rigorós, amb tècniques avançades, dels fons marins dins el mateix PN de Cabrera i en el seu entorn, tenint present tant una possible ampliació, que sempre ha d'estar ben fonamentada científicament, com un millor coneixement dels seus valors, inclosos, naturalment, els de caràcter geològic.

La recomanació específica fa referència a algunes formes del relleu sobre les quals, a banda de constatar la seva existència dins el PN de Cabrera, a hores d'ara tenim més preguntes que respostes. Així, seria desitjable fer algun estudi dedicat a conèixer amb certesa la naturalesa i característiques dels monticles i agrupacions de protuberàncies identificades en alguns indrets. Què són concretament? Què o quins organismes les formen? Representen un hàbitat encara no identificat? Són actives o són formes fòssils? Quina és la seva història? Quelcom semblant podríem dir sobre els possibles dipòsit i cicatriu d'esllavissaments enfora del cap de Llebeig, a Cabrera Gran. De fet, no hi ha cap de les formes del relleu descrites en aquesta contribució per a la qual no se'ns acudeixi algun tipus de recerca que permetria una molt convenient millora del seu coneixement. Ens sembla altament convenient plantejar-se la realització de campanyes oceanogràfiques de mostreig (per caracteritzar i datar els materials), de geofísica (per conèixer l'estructura interna i la història de cossos sedimentaris i formes del relleu), de mesures in situ (per determinar paràmetres ambientals clau, entre els quals la dinàmica de corrents i transport de sediment, i la seva variabilitat), i d'observació directa (per tenir imatges in situ d'alta qualitat). De fet, la cartografia que aquí es presenta és una de les bases necessàries per plantejar-se amb coneixement de causa totes aquestes qüestions, i encara altres, i per tirar endavant accions concretes.

AGRAÏMENTS

Els autors volem agrair als editors d'aquest volum el fet d'haver-nos convidat a contribuir-hi, i molt en particular a en J.J. Fornós qui, a més, ens ha proporcionat documentació diversa de gran utilitat. També estem agraïts al projecte europeu ASTARTE (*Assessment, Strategy And Risk Reduction for Tsunamis in Europe*, GA núm: 603839), finançat per la Comissió Europea dins el seu VII Programa Marc, en el sí del qual s'adquiren les dades presentades aquí. Igualment expressem el nostre agraïment a la *Comisión de Coordinación y Seguimiento de las Actividades de los Buques Oceanográficos* (COCSABO), del MICINN, i a l'*Instituto Español de Oceanografía* (IEO), per l'assignació de vaixell i de temps per la campanya oceanogràfica ASTARTE-BAL. Vagi el nostre agraïment a l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR), de la Generalitat de Catalunya, pel seu suport al Grup de Recerca Consolidat en Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (ref. 2017 SGR 315). I també a tots els companys que participaren en l'esmentada campanya oceanogràfica i als que, d'una manera o altra, ens han facilitat la feina.

REFERÈNCIES

- Acosta, J., Muñoz, A., Herranz, P., Palomo, C., Ballesteros, M., Vaquero, M. i Uchupi, E., 2001. Geodynamics of the Emile Baudot Escarpment and the Balearic Promontory, western Mediterranean; *Marine and Petroleum Geology*, 18: 349-369.
- Acosta, J., Canals, M., López, J., Muñoz, A., Herranz, P., Urgeles, R., Palomo, C. i Casamor, J.L., 2002. The Balearic Promontory geomorphology (western Mediterranean): morphostructure and active processes; *Geomorphology*, 49 (3-4): 177-204.
- Acosta, J., Ancochea, E., Canals, M., Huertas, M.J. i Uchupi, E., 2004a. Early Pleistocene volcanism in the Emile Baudot Seamount, Balearic Promontory (Western Mediterranean Sea); *Marine Geology*, 207 (1-4): 247-257.
- Acosta, J., Canals, M., Carbó, A., Muñoz, A., Urgeles, R. i Uchupi, E., 2004b. Sea floor morphology and Plio-Quaternary sedimentary cover of the Mallorca Channel, Balearic Islands, Western Mediterranean; *Marine Geology*, 206: 165-179.
- Aguilar, R., De la Torriente, A. i García, S., 2008. *Estudio bionómico de Cabrera*; Govern de les Illes Balears i Oceana, 56 p.
- Alexandersson, E.T., 1979. Marine maceration of skeletal carbonates in the Skagerrak, North Sea; *Sedimentology*, 26: 845-852.
- Alóisi, J.C., Monaco A., Planchais, N., Thommeret, J. i Thommeret, Y., 1978. The Holocene transgression in the golfe du Lion, southwestern France: paleogeographic and paleobotanical evolution; *Géographie physique et Quaternaire*, 32 (2): 145-163.
- Alonso, B., Guillén, J., Canals, M., Serra, J., Acosta, J., Herranz, P., Sanz, J.L., Calafat, A. i Catafau, E., 1988. Los sedimentos de la plataforma continental balear; *Acta Geologica Hispanica*, 23 (3): 185-196.
- Ballesteros, E. 1992. Els fons rocosos profunds amb *Osmundaria volubilis* (Linné) R.E. Norris a les Balears; *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 35: 33-50.
- Ballesteros, E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge; *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44: 123-195.

- Ballesteros, E., Aguilar, R. i Canals, M., 2013; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Els monts submarins; Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 118-119.
- Ballesteros, E., Canals, M. i Cebrian, E., 2013. La cartografia del bentos marí; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 102-103.
- Ballesteros, E., Cebrian, E., Tomas, F., Aguilar, R., Linares, C., Coma, R., Díaz, D., Verdura, J. i Garrabou, J., 2020. Els fons circalitorals: coral·ligen i avellanó; aquest llibre.
- Ballesteros, E., Zabala, M., Uriz, M.J., Garcia-Rubies, A. i Turon, X., 1993. El bentos: les comunitats; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 687-730.
- Bard, E., Hamelin, B. i Delanghe-Sabatier, D., 2010. Deglacial meltwater pulse 1B and Younger Dryas sea levels revisited with boreholes at Tahiti; *Science*, 327: 1235-1237.
- Blom, W.M i Alsop, D.B., 1988. Carbonate mud sedimentation on a temperate shelf: Bass Basin, southeastern Australia; *Sedimentary Geology*, 60 (1-4): 269-280.
- Camerlenghi, A., Accettella, D., Costa, S., Lastras, G., Acosta, J., Canals, M. i Wardell, N., 2009. Morphogenesis of the SW Balearic continental slope and adjacent abyssal plain, Western Mediterranean Sea; *International Journal of Earth Sciences*, 98 (4): 735-750.
- Canals, M. i Ballesteros, E., 1997. Production of carbonate particles by phytobenthic communities on the Mallorca-Menorca shelf, northwestern Mediterranean Sea; *Deep-Sea Research II*, 44 (3-4): 611-629.
- Canals, M., Serra, J. i Riba, O., 1982. Toponímia de la Mar Catalano-Balear (con un glosari de términos genéricos); *Bollet de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 26: 169-194.
- Canals, M., Amblàs, D., Lastras, G., Sánchez-Vidal, A., Calafat, A.M., Rayo, X. i Casamor, J.L., 2012. Els canyons submarins; *Història Natural dels Països Catalans: La Terra a l'Univers* (suplement), Fundació Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 251-272.
- Canals, M., Lastras, G., Urgeles, R., Casamor, J.L., Mienert, J., Cattaneo, A., De Batist, M., Haflidason, H., Imbo, Y., Laberg, J.S., Locat, J., Long, D., Longva, O., Masson, D.G., Sultan, N., Trincardi, F. i Bryn, P., 2004. Slope failure dynamics and impacts from seafloor and shallow sub-seafloor geophysical data: Case studies from the COSTA project; *Marine Geology*, 213 (1-4): 9-72.
- Canals, M., Puig, P., Heussner, S., Durrieu de Madron, X., Palanques, A. i Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons; *Nature*, 444: 354-357.
- Cronin, T.M., 2012. Rapid sea-level rise; *Quaternary Science Reviews*, 56: 11-30.
- Cuerda, J., 1989. *Los tiempos cuaternarios de las Baleares*; Dir. Gral. Cultura, Conselleria de Cultura, Educació i Esports, Govern Balear, Mallorca, 305 p.
- Diversos autors, 2007. *El Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera: un enclave militar conservado para el futuro*; Centro de Publicaciones, Ministerio de Defensa, Gobierno de España, Madrid, 220 p.
- Diversos autors, 2013. Els ecosistemes marins; in D. Bueno (Dir. Cient.): *Ecosistemes dels Països Catalans* – Atlas, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, p. 74-155.
- Durán, R., Canals, M., Sanz, J.L., Lastras, G., Amblas, D. i Micallef, A., 2014. Morphology and sediment dynamics of the northern Catalan continental shelf, northwestern Mediterranean Sea; *Geomorphology*, 204: 1-20.
- Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonn , P., Cigliano, M., Diaz, D., Harmelin, J.G., Gambi, M.C., Kersting, D.K., Ledoux, J.B., Lejeune, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, J.C., Serrano, E., Teixidó, N., Torrents, O., Zabala, M., Zuberer, F. i Cerrano, C., 2009. Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave; *Global Change Biology*, 15: 1090-1103.
- Govern de les Illes Balears, s/d. *Tipologia de fons marí - Cabrera*; Conselleria de Medi Ambient, mapa (correspon a la cartografia bionòmica de Cabrera; no consta escala ni data de publicaci ).
- Griny , J., Gori, A., Ambroso, S., Purroy, A., Calatayud, C., Dominguez-Carri , C., Coppari, M., Lo Iacono, C., López-González, P.J. i Gili, J.M., 2016. Diversity, distribution and population size structure of deep Mediterranean gorgonian assemblages (Menorca Channel, Western Mediterranean Sea); *Progress in Oceanography*, 145: 42-56.
- Hillaire-Marcel, C., Gari py, C., Ghaleb, B., Goy, J.L., Zazo, C. i Cuerda, J., 1996. U-series measurements in Tyrrhenian deposits from Mallorca. Further evidence for two Last Interglacial high sea-levels in the Balearic Islands; *Quaternary Science Reviews*, 15: 53-62.
- ITGE, 1991. Isla Conejera, Isla Cabrera (748/774). *Mapa geol gico de España*, E 1:50.000, mem ria explicativa i un full, Madrid.
- Joher, S., Ballesteros, E., Cebrian, E., Sánchez, N. i Rodríguez-Prieto, C., 2012. Deep-water macroalgal-dominated coastal detritic assemblages on the continental shelf off Mallorca and Menorca (Balearic Islands, Western Mediterranean); *Botanica Marina*, 55: 485-497.
- Jouet, G., Berné, S., Rabineau, M., Bassetti, M.A., Bernier, P., Dennielou, B., Sierro, F.J., Flores, J.A. i Taviani, M., 2006. Shoreface migrations at the shelf edge and sea-level changes around the Last Glacial Maximum (Gulf of Lions, NW Mediterranean); *Marine Geology*, 234: 21-42.
- Lambeck K. i Bard E., 2000. Sea-level change along the French Mediterranean coast for the past 30000 years; *Earth and Planetary Science Letters*, 175: 203-222.
- Imbo, Y., De Batist, M., Canals, M., Prieto, M.J. i Baraza, J., 2003. The Gebra Slide: a submarine slide on the Trinity Peninsula Margin, Antarctica; *Marine Geology*, 193 (3-4): 235-252.
- Lastras, G., Canals, M., Urgeles, R., Hughes-Clarke, J.E. i Acosta, J., 2004. Shallow slides and pockmark swarms in the

- Eivissa Channel, Western Mediterranean Sea; *Sedimentology*, 51(4): 837-850.
- Liu, J.P., Milliman, J.D., Gao, S. i Cheng, P., 2004. Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, North Yellow Sea; *Marine Geology*, 209 (1-4): 45-67.
- Marbà, N., Duarte, C.M., Cebrián, J., Gallegos, M.E., Olesen, B. i Sand-Jensen, K., 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline; *Marine Ecology Progress Series*, 137 (1-3): 203-213.
- Mauffret, A., Frizon de Lamotte, D., Lallemand, S., Gorini, C. i Maillard, A., 2004. E-W opening of the Algerian Basin (Western Mediterranean); *Terra Nova*, 16: 257-264.
- MediMap Group, 2007. *Morpho-bathymetry of the Mediterranean Sea*, E: 1=3.000.000, CIESM/Ifremer Sp. Publ., Maps and Atlases, Montecarlo (Mònaco) i Brest (França).
- Millot, C., 1999. Circulation in the Western Mediterranean Sea; *Journal of Marine Systems* 20: 423-442.
- Panza, G.F., Raykova, R.B., Carminati, E. i Dogliani, C., 2007. Upper mantle flow in the western Mediterranean; *Earth and Planetary Science Letters*, 257: 200-214.
- Peltier, W.R. i Fairbanks, R.G., 2006. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record; *Quaternary Science Reviews*, 25: 3322-3337.
- Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M.A. i Boudouresque, C.F., 1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*; *Marine Ecology Progress Series*, 106 (1-2): 139-146.
- Personnic, S., Boudouresque, C.F., Astruch, P., Ballesteros, E., Blouet, S., Bellan-Santini, D., Bonhomme, P., Thibault-Botha, D., Feunteun, E., Harmelin-Vivien, M., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Pastor, J., Poggiale, J.-C., Renaud, F., Thibaut, T. i Ruitton, S., 2014. An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow; *PLoS ONE* 9(6), e98994.
- Pinna, A., 2013. *Evidencias morfológicas de la evolución del nivel del mar en el margen continental entre el Mar Menor y el Golfo de Almería (Mediterráneo occidental)*; Treball de Fi de Màster, Universitat de Barcelona, 29 p.
- Pinna, A., Lastras, G., Acosta, J., Muñoz, A. i Canals, M., 2014. The imprint of sea-level changes in the Southeastern Iberian continental shelf, Western Mediterranean Sea; *Geophysical Research Abstracts*, 16, EGU2014-601, EGU General Assembly, Viena, Austria.
- Pinot, J.-M., López-Jurado, J.L. i Riera, M., 2002. The CANALES experiment (1996-1998). Interannual, seasonal, and mesoscale variability of the circulation in the Balearic Channels; *Progress in Oceanography*, 55: 335-370.
- Rabineau, M., Berné, S., Oliver, J.L., Aslanian, D., Guillocheau, F. i Joseph, P., 2006. Paleo sea-level reconsidered from direct observation of paleoshoreline position during Glacial Maxima (for the last 500,000 yr); *Earth and Planetary Science Letters*, 252: 119-137.
- Sàbat, F., Santanach, P. i Casas, J.M. 1993: Estructura geològica; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*, CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 61-78 (inclou com annex el Mapa Geològic de l'Illa de Cabrera, de F. Sàbat, 1984).
- Sàbat, F., 1984. Mapa Geològic de l'Illa de Cabrera (dins Sàbat *et al.*, 1993).
- Schlager, W., 2000. Sedimentation rates and growth potential of tropical, cool water and mud mound carbonate factories; in E. Insalaco, P.W. Skelton i T.J. Palmer (Eds.): *Carbonate platform systems: components and interactions*. Geological Society Special Publication 178: 217-227.
- Schlager, W., 2003. Benthic carbonate factories of the Phanerozoic; *International Journal of Earth Sciences*, 92: 445-464.
- Servera, J., 1993. Generalitats fisiogràfiques; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 2: 25-32.
- Stanford, J.D., Rohling, E.J., Hunter, S.E., Roberts, A.P., Rasmussen, S.O., Bard, E., McManus, J. i Fairbanks, R.G., 2006. Timing of meltwater pulse 1a and climate responses to meltwater injections; *Paleoceanography*, 21, PA4103.
- Templado, J., Ballesteros, E., Galparsoro, I., Borja, A., Serrano, A., Marín, L. i Brito, A., 2012. *Guía interpretativa: Inventario español de hábitats marinos. Inventario español de hábitats y especies marinos*; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España, Madrid, 229 p.
- Trias, M., 1993. Toponímia bàsica de l'arxipèlag de Cabrera; in J.A. Alcover, E. Ballesteros i J.J. Fornós (Eds.): *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Editorial Moll, Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, mapa annex.
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., McManus, J.F., Lambeck, K., Balbon, E. i Labracherie, M., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records; *Quaternary Science Reviews*, 21: 295-305.
- Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Lario, J., González-Delgado, J.A., Bardaji, T., Hillaire-Marcel, C., Cabero, A., Ghaleb, B., Borja, F., Silva, P.G., Roquero, E. i Soler, V., 2013. Retracing the Quaternary history of sea-level changes in the Spanish Mediterranean-Atlantic coasts: Geomorphological and sedimentological approach; *Geomorphology*, 196: 36-49.
- <http://indemares.es/areas-marinas/canal-de-menorca>: pàgina web del projecte LIFE+INDEMARES (2009-14), dedicat a l'estudi d'hàbitats marins pregons, espècies pelàgiques i ocells marins en aigües de l'Estat, coordinat per la Fundació Biodiversidad. L'enllaç correspon a l'àrea marina del canal de Menorca (accedit el 19 de març de 2018).

<http://www.emodnet.eu/seabed-habitats>: pàgina web del portal EMODnet, acrònim d'*European Marine Observation and Data Network*, una xarxa d'organitzacions recolzada per la política marítima integrada de la UE. Dona accés a dades marines de tot Europa, organitzades en set grans àmbits, un dels quals són els hàbitats bentònics. L'enllaç correspon precisament a aquest àmbit (accedit el 19 de març de 2018).

<http://www.ideo-cabrera.ieo.es/>: Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Español de Oceanografía, Visor del Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera (accedit el 10 de febrer de 2018).

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>: pàgina web amb la classificació d'hàbitats EUNIS (*EUropean Nature Information System*) impulsada per l'Agència Europea del Medi Ambient.