

FISIOGRAFIA I GEOMORFOLOGIA DE L'ARXIPÈLAG DE CABRERA

Joaquín Ginés

Grup de Recerca de Ciències de la Terra,
Departament de Biologia,
Universitat de les Illes Balears, Palma.

jginesgracia@yahoo.es

Lluís Gómez-Pujol

Grup de Recerca de Ciències de la Terra,
Departament de Biologia,
Universitat de les Illes Balears, Palma

lgomez-pujol@uib.cat

Ginés, J. i Gómez-Pujol, LL. (2020). Fisiografia i geomorfologia 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

Es presenten les característiques fisiogràfiques així com els paràmetres topogràfics i hipsomètrics de l'arxipèlag de Cabrera, a partir d'informacions cartogràfiques recents i actualitzades. El substrat geològic, sobre el que han actuat diversos sistemes d'erosió i modelat en el fil del temps, està majoritàriament integrat per roques carbonàtiques mesozoiques, afectades per l'estructuració alpina neògena. La geomorfologia de les terres emergides s'aborda des d'una òptica pluricausal, que tracta de complementar les informacions disponibles fins a l'actualitat amb indicadors i dades quantitatives. El modelat litoral òbviament té caràcter d'ubiquïtat a tot l'arxipèlag; hi predominen les costes espadades que amb diferents alçàries agombolen el 75% de la longitud de les línies de costa de totes les illes i illots. La xarxa hidrogràfica superficial és susceptible d'anàlisi exclusivament en el cas de l'illa de Cabrera i la seva jerarquia i morfometria resten mediatitzades per la transgressió holocènica del nivell marí de la Mediterrània. Un modelat càrstic modest completa la trilogia de sistemes morfogenètics implicats en la configuració del relleu actual de Cabrera. En suma, l'arxipèlag de Cabrera ha de ser considerat com a una cruïlla de modelats diversos que, amb el rerefons de la tirania del rocam carbonatat, han anat interactuant entre ells durant la història geològica més recent.

Paraules clau: *Arxipèlag de Cabrera, carst, geomorfologia, modelat litoral, paràmetres topogràfics, xarxa fluvial*

ABSTRACT

New cartographic products and geospatial databases offer the possibility to revisit the physiography and geomorphological quantitative assessment of landforms from the archipelago of Cabrera (Balearic Islands, Western Mediterranean). Different erosion systems and resulting landforms have been operating on a rock basement mainly built up by Mesozoic carbonate rocks, deformed during the Alpine Neogene event. In this paper we provide a set of quantitative indicators and observations that contribute to improve the knowledge on Cabrera landforms, as well as to highlight the pluricausal and concurrent agents in shaping the major landscape forms. Steep rocky coasts that expand along the 75% of the archipelago shoreline characterize coastal landforms. Surficial drainage networks are just properly developed at Cabrera Island and the Holocene sea level history has been mediating their imprint in catchment configuration and morphometry. Karst features are conspicuous but their development is relatively moderate. In summary, in Cabrera Archipelago landforms result from different geomorphic processes and agents that have been operating thorough recent geological time but on a canvas where the major control is exerted by the limestone rock basement nature.

Keywords: *Cabrera archipelago, fluvial network, geomorphology, karst, littoral landscape, topographic parameters*

INTRODUCCIÓ

L'arxipèlag de Cabrera s'emplaça al sud-oest de l'extrem meridional de l'illa de Mallorca i constitueix, de fet, la prolongació dels turons que integren l'alineació muntanyosa de les Serres de Llevant. Aquest conjunt de 19 illes, que inclou també una munió de petits illots i esculls, està separat de la major de les Illes Balears per un canal marítim d'uns 9 km d'amplada (Fig. 1), que abraça des del Cap de ses Salines –punt més meridional de Mallorca– fins a l'illot septentrional de l'arxipèlag de Cabrera, conegut com na Foradada. La disposició de l'arxipèlag es perllonga en direcció S-SW, poc més de 10 km, fins arribar a l'Estell de Fora, illot que marca l'extrem meridional de l'arxipèlag. Les terres emergides de Cabrera es troben integrades en la plataforma continental que engloba totes les Gimnèsies, la qual queda delimitada per la isòbata de 200 m. Val a dir que, encara que es troba davant de les costes del municipi mallorquí de ses Salines, des del punt de vista administratiu Cabrera forma part del terme municipal de Palma.

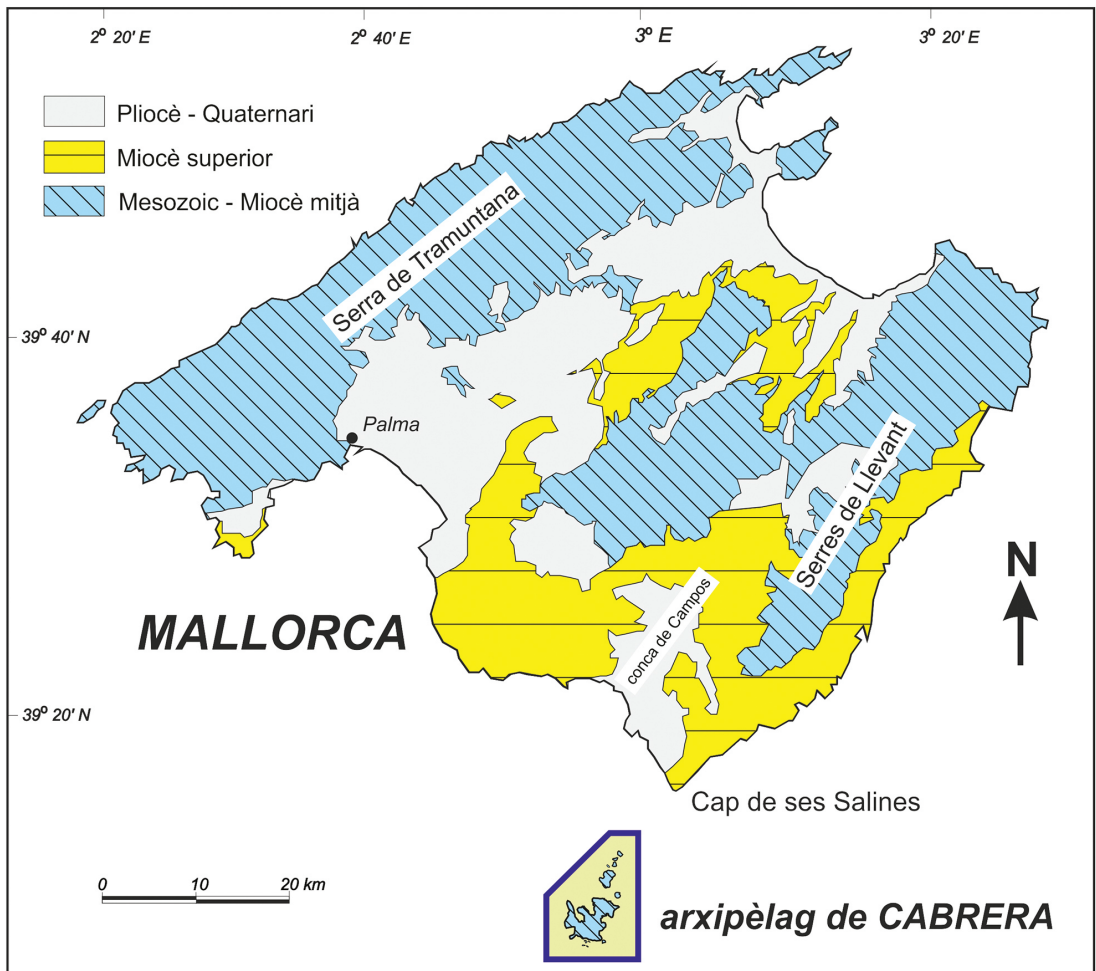


Figura 1 Localització i mapa geològic simplificat.

Aquest singular i excepcional conjunt insular, que per circumstàncies diverses ha romàs al marge del desenvolupament turístic de les Balears, fou declarat Parc Nacional Marítim-Terrestre l'any 1991. La delimitació inicial del parc està compresa entre les coordenades $2^{\circ} 53' 30''$ i $3^{\circ} 00' 00''$ E, pel que fa a la longitud, i entre els $39^{\circ} 06' 30''$ i $39^{\circ} 13' 30''$ de latitud N. L'extensió inicial del parc era de 10.021 ha, que sumaven 1.304 ha de terres emergides juntament amb 8.717 ha de superfície

marina circumdant. Amb l'ampliació de l'àrea marítima del parc en 80.773 ha addicionals –que fou aprovada el febrer de 2019– la seva superfície total assoleix actualment 90.794 ha. Els límits físics dels territoris emergits de l'arxipèlag es reparteixen entre els 2° 54' 49,85" E (penya-segats W de na Picamosques) i els 2° 58' 47,78" E (Punta de Llevant, de na Foradada) i, quant a la latitud, entre els 39° 07' 14,76" N (costa S de l'Estell de Fora) i els 39° 12' 27,46" N (Punta des Bufador, de na Foradada). Fixau-vos que les coordenades facilitades corresponen al sistema de referència geodèsic ETRS89 que, des de 2015, és el sistema oficial a l'Estat Espanyol pel que fa a l'elaboració de productes cartogràfics; com a conseqüència d'aquest canvi de datum geodèsic, les coordenades subministrades en el present treball difereixen lleugerament respecte de les referides a publicacions que ja compten amb alguns anys d'antiguitat (i.e. Servera, 1993).

La bibliografia naturalística sobre l'arxipèlag és molt nombrosa, fet del tot justificat pels altíssims valors naturals de l'indret, al temps que per l'excel·lent estat de conservació dels sistemes naturals. En contraposició, els treballs que s'han ocupat de la fisiografia i la geomorfologia de Cabrera són més aviat escassos, sobre tot si els comparem amb l'atenció que ha rebut la biota representada en els ambients marítics i terrestres del Parc. Sense cap pretensió d'exhaustivitat, convé esmentar unes poques publicacions que suposen una mena de fites pel que fa a descripció de les característiques físiques de l'arxipèlag, moltes d'elles lligades, en definitiva, a la història de la conservació d'aquests territoris insulars. A més de treballs geogràfics primerencs com el de Rosselló-Verger (1964), cal fer referència al llibre editat a la dècada dels noranta del segle passat pel Grup d'Ornitologia Balears (GOB, 1990) per tal de recolzar les iniciatives populars i parlamentàries que portarien a la definitiva protecció de Cabrera. En aquest volum, que té un marcat caràcter divulgatiu i conservacionista la geografia física de l'arxipèlag és tractada de forma sumària. La declaració del Parc Nacional Marítim-Terrestre de Cabrera, l'any 1991, propicià l'elaboració d'una remarcable i voluminosa monografia sobre la història natural de l'arxipèlag i el medi marí circumdant (Alcover *et al.*, 1993), la qual inclou capítols ben detallats sobre la fisiografia, la geomorfologia i la geologia d'aquest conjunt illenc. Cal consignar així mateix la recent publicació d'un volum editat en ocasió del 25è aniversari de la declaració del Parc Nacional (Robledo, 2016); es tracta d'un llibre més aviat luxós i de caire divulgatiu, que conté algunes informacions d'interès sobre els elements del medi físic de l'arxipèlag. Finalment, una menció especial mereix l'excel·lent obra de divulgació geològica elaborada per Martínez-Rius *et al.*, (2018) en dates molt recents.

Centrant-nos en l'objecte d'estudi d'aquest capítol, es pot afirmar que les aportacions efectuades durant les darreres dècades sobre la fisiografia i geomorfologia de Cabrera són molt escasses. Aquest fet condiciona del tot l'enfocament del present treball, ja que no és possible efectuar una revisió de les contribucions recents sobre les esmentades matèries. En conseqüència, el contingut d'aquestes pàgines maldrà per realitzar una caracterització acurada del relleu i la morfologia de l'arxipèlag, que es veurà beneficiada de la disponibilitat d'una cartografia digital relativament recent i amb les possibilitats que això comporta de cara a l'obtenció de dades morfomètriques precises amb relativa facilitat. Així doncs, la finalitat principal d'aquest capítol serà la d'oferir una visió detallada de la fisiografia de Cabrera, recolzada per abundants informacions quantitatives i, també, procedir a una discussió crítica dels coneixements disponibles sobre la geomorfologia de l'arxipèlag.

MATERIALS I MÈTODES

Les dades tant numèriques com qualitatives que han servit per elaborar el present treball, han estat obtingudes majoritàriament a partir de la cartografia més actualitzada d'aquest territori disponible avui en dia, la qual fou ultimada el 2006 per l'*Institut Municipal d'Innovació* de l'Ajuntament de Palma. Es tracta d'un producte cartogràfic generat en format digital mitjançant l'explotació d'un vol analògic d'escala aproximada 1/8.000, realitzat el juny de 1987 pel CECAF (*Centro Cartográfico y Fotográfico, Ejército del Aire*); malgrat tractar-se d'un vol no massa actual, la cartografia obtinguda és totalment vàlida pel que fa a la representació del medi natural en un entorn que es troba de fet molt poc humanitzat. Les imatges aèries analògiques foren escanejades amb una resolució de 20 µm/píxel, utilitzant un escàner fotogramètric. La cartografia digital fou elaborada directament en el format gràfic DGN-v8 de *Bentley Systems*, procedint-se a una restitució fotogramètrica completa a escala 1/2.000, amb una equidistància de les corbes de nivell de 2m. El sistema de referència

geodèsic emprat fou l'ETRS89, que com ja s'ha comentat té caràcter oficial en el nostre àmbit territorial.

La gran majoria dels paràmetres topogràfics i geomorfològics s'han obtingut emprant les eines de l'aplicació de disseny gràfic *MicroStation-v8* (de *Bentley Systems*), les quals han permès l'adquisició àgil de mesures de superfícies i perímetres, el càlcul de variables d'hipsometria, la obtenció d'informacions quantitatives sobre les tipologies de la línia de costa, així com de dades morfomètriques sobre la xarxa fluvial i la seva jerarquització.

Per a l'elaboració d'un mapa de pendents i la derivació dels perfils dels penya-segats, s'ha elaborat un model digital d'elevacions a partir dels núvols de punts LIDAR de 2014 disponibles al *Centro Nacional de Información Geográfica* de l'*Instituto Geográfico Nacional* (IGN), com a part integrant del *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea* (PNOA). A partir dels núvol de punts tridimensionals i dels retorns corresponents a la superfície del terreny, amb un pas de malla mínim de 50 cm/píxel, s'ha generalitzat un model digital d'elevacions (MDE) amb una resolució espacial de 5 m en planta mitjançant la interpolació per triangulació i la inversa de les distàncies de les cotes topogràfiques. A partir del MDE s'ha obtingut el mapa de pendents i s'han extret els perfils de penya-segats amb intervals de 700 m al llarg del perímetre de l'illa de Cabrera.

S'ha disposat, així mateix, d'ortofotografies de Cabrera de l'any 2007, generades dins de la cobertura efectuada pel PNOA-10 (IGN) de les zones urbanes i costaneres de les Balears. Les 28 ortoimatges que cobreixen tot l'arxipèlag, elaborades amb una resolució espacial de 10 cm/píxel, han estat remostrejades a l'*Institut Municipal d'Innovació* de Palma per tal d'obtenir un únic mosaic amb una resolució de 50 cm/píxel.

Quant als aspectes toponímics, per tal d'homogeneïtzar tant com sia possible els noms de llocs i accidents geogràfics en general, s'utilitzarà com a font primordial al llarg d'aquestes pàgines la toponímia proposada en l'acurat treball publicat recentment per Ordinas (2016).

LA TOPOGRAFIA DE L'ARXIPÈLAG

Els territoris que conformen aquest subarxipèlag de les Illes Balears comprenen un total de 19 illes tot formant una mena de reguitzell, orientat en direcció NNE-SSW (Fig. 2), on destaquen quant a les seves dimensions les dues illes majors: l'Illa des Conills (o sa Conillera) i Cabrera pròpiament dita (Taula I). Malgrat aquesta clara dualitat, les mides d'ambdues illes són molt dispars ja que Cabrera assoleix una superfície de 1.139,05 ha, més d'un ordre de magnitud major que l'extensió de l'Illa des Conills amb tan sols 136,21 ha.

Les 17 illes menors de l'arxipèlag tenen superfícies molt reduïdes, compreses entre un mínim de poc més de 0,13 ha (Illa de l'Olló) fins al màxim de 10,38 ha de l'Illa Redona (Taula I). D'aquestes illes menors, la majoria es disposa al voltant de Cabrera Gran, mentre que la resta es concentra bàsicament en la part septentrional de l'arxipèlag. Per altra banda, s'han comptabilitzat un total de 142 illots i esculls, de superfície menor en tots els casos a les 0,1 ha, els quals sumen una superfície molt minsa de tan sols 0,53 ha; gairebé la totalitat d'illots i petits esculls se situen a prop de l'illa major. En el seu conjunt, l'arxipèlag de Cabrera inclou 161 unitats insulars (illes, illots i esculls) que totalitzen 1.303,82 ha de superfície emergida.

Taula I. Paràmetres topogràfics de l'arxipèlag de Cabrera. Font: cartografia digital 1/2.000 elaborada per l'IMI, a partir d'un vol de 1987.

| Topònim | Unitats | Superfície (ha) | Altitud màxima (m) | Perímetre (m) | Índex articulació |
|----------------------------------|------------|--------------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| Cabrera Cabrera Gran | 1 | 1.139,0459 | 172,80 | 45.862 | 3,83 |
| Illa des Conills Sa Conillera | 1 | 136,2120 | 123,31 | 7.047 | 1,70 |
| Illes menors (>0,1 ha) * | 17 | 28,0296 | | | |
| na Foradada | | 1,5084 | 28,90 | 540 | 1,24 |
| Illot de na Foradada | | 0,3519 | 8,56 | 271 | 1,29 |
| Illot Pla | | 0,7278 | 7,06 | 527 | 1,74 |
| Illa Pobra | | 2,9328 | 28,70 | 971 | 1,60 |
| na Plana | | 5,4180 | 22,82 | 1.261 | 1,53 |
| Illa de l'Esponja | | 0,3170 | 26,50 | 309 | 1,55 |
| Illa Redona / na Redona | | 10,3779 | 57,28 | 1.371 | 1,20 |
| Illa de l'Olló | | 0,1293 | 7,69 | 221 | 1,73 |
| Illa des Fonoll | | 0,3276 | 14,72 | 284 | 1,40 |
| Illot des ses Bledes | | 0,5110 | 10,40 | 417 | 1,65 |
| l'Imperial | | 2,5702 | 76,00 | 717 | 1,26 |
| Estell de s'Esclata-sang | | 0,5491 | 42,82 | 556 | 2,12 |
| es Carabassot | | 0,4024 | 38,66 | 373 | 1,66 |
| Estell d'en Terra / Estell Xapat | | 1,0582 | 47,78 | 487 | 1,34 |
| Estell des Coll | | 0,3604 | 37,04 | 343 | 1,61 |
| Estell de Fora | | 0,1367 | 30,78 | 175 | 1,34 |
| Illa de ses Rates | | 0,3509 | 20,39 | 252 | 1,20 |
| Illots i esculls (<0,1 ha) ** | 142 | 0,5312 | | | |
| Total | 161 | 1.303,8187 | | | |

* 10 illes menors situades a prop de Cabrera Gran i 7 a la resta de l'arxipèlag

** 136 illots i esculls situats a prop de Cabrera Gran i 6 a la resta de l'arxipèlag

ALGUNS PARÀMETRES TOPOGRÀFICS BÀSICS

Les dades topogràfiques més rellevants d'aquest conjunt illenc apareixen recollides a Taula I, en la qual –de més a més de les superfícies– es detallen les altituds màximes de les distintes illes, així com la longitud dels seus perímetres i l'*índex d'articulació* de la línia de costa. Aquest índex posa en relació el perímetre real de cada illa amb el seu el seu perímetre mínim, el qual correspondria al d'una illa perfectament circular d'identica superfície; l'indicador té com a valor mínim 1 (seria el cas d'un illot totalment circular) i incrementa a mesura que la costa presenta un major grau d'articulació per la presència de badies i/o cales o d'altres irregularitats a mesoescala.

El valors obtinguts per a l'índex d'articulació (IA) són prou significatius (Taula I), ja que oscil·len entre els valors més baixos de 1,20 corresponents per exemple a l'Illa Redona –aquí la toponímia ja ens informa del seu potencialment baix índex d'articulació– i els valors més elevats obtinguts en el cas de l'illa de Cabrera, amb un índex de 3,83. El valor mitjà d'aquest índex se situa en 1,63 fet que evidencia que es tracta en general d'illes de formes relativament compactes, i per tant no excessivament articulades; en el cas de l'Estell de s'Esclata-sang l'índex assoleix un valor de 2,12 que obeeix a l'extrema irregularitat del seu perímetre. Tanmateix cal fer un incís respecte de l'elevadíssima articulació de la línia de costa de Cabrera Gran (IA=3,83), que s'explica per la major extensió en superfície de l'illa i que palesa una important variabilitat lito-estructural i la presència d'una xarxa fluvial relativament ben desenvolupada. Tot plegat es tradueix en un litoral extremadament articulat, amb importants badies i cales, de més a més d'una munió de caps, puntes i altres accidents menors de la línia de costa.

TRETS FISIOGRÀFICS DE LES DUES ILLES MAJORS

No es considera necessari descriure ara les illes menors, donat que la seva fisiografia fou tractada en detall per Servera (1993) i, per altra banda, els seus paràmetres topogràfics actualitzats estan compilats a la Taula I. Tot arrencant un periple marítim a l'Illa des Conills (també coneguda com sa Conillera) es pot afirmar que presenta una topografia més aviat simple, amb un litoral no excessivament articulat on predominen els espadats que guanyen alçada sobretot als vessants occidentals i orientals de l'illa. La màxima altitud es troba desplaçada cap a la vora oriental de l'illa on, a la part superior dels penya-segats de s'Alt des Blanquer, s'assoleixen els 123 m d'altitud. Degut a la seva petita extensió (136,21 ha), no arriba a materialitzar-se una xarxa hidrogràfica més enllà d'algun discret i incipient xaragall.

La topografia de l'illa de Cabrera és molt més complexa i presenta una franja costanera amb nombroses irregularitats que inclouen des de petites cales o entrants, fins a badies de dimensions notables. Malgrat la major extensió superficial de Cabrera (1.139,05 ha), el caràcter litoral del territori és omnipresent ja que la pràctica totalitat de l'interior de l'illa està situada a menys d'un quilòmetre de la línia de costa. En línies generals es poden distingir des del punt de vista fisiogràfic dues parts ben diferenciades, separades per una mena d'istme que, sense depassar els 600 m d'amplada, se situa entre les àmplies badies de Cala Santa Maria, al NW, i de l'Olla cap a llevant (Fig. 3). Aquesta dicotomia topogràfica té molt a veure amb l'estructura geològica de l'illa, aspecte que es comentarà més endavant.

El sector septentrional de Cabrera té una extensió més reduïda i presenta altures més aviat modestes que, a la vora oriental d'aquesta part de l'illa, s'eleven fins als 149 m a tocar dels penya-segats propers al Cap Ventós. Encara que sovintegen les costes espadades, els penya-segats són baixos sobretot en tota la seva façana septentrional; per altra banda, els espadats més remarcables es localitzen en les elevacions que formen el Codolar de Cala Santa Maria, a l'W, així com en les proximitats de l'espectacular prominència calcària del Cap Ventós, a l'E. Les cales –emprant el terme més en un sentit fisiogràfic que no pas en un estrictament geomòrfic (vid. Rosselló, 2005)–, petites i encisadores, són nombroses com és el cas del Caló des Macs, l'Olla i l'Olló, localitzades en la banda sud-oriental d'aquest sector de l'illa, o la Cala Santa Maria pròpiament dita situada en el costat occidental.



Figura 2 Ortofotografia de l'arxipèlag de Cabrera (font: Plan Nacional de Ortofotografia Aèrea, Instituto Geográfico Nacional).

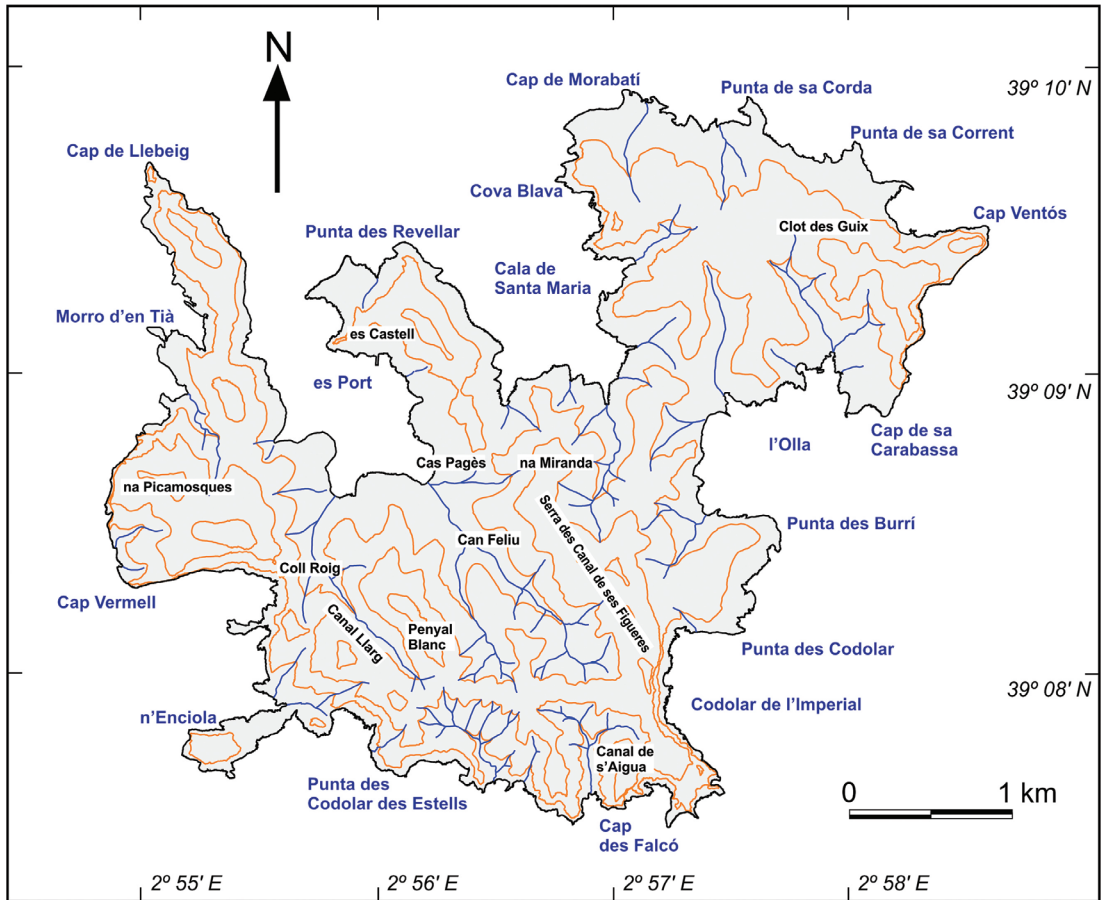


Figura 3 Mapa topogràfic simplificat de l'illa de Cabrera, amb indicació d'alguns topònims rellevants; equidistància de les corbes de nivell: 50 m. (font: Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

El sector sud-occidental de Cabrera Gran comprèn més de dues terceres parts de superfície de l'illa i és on es troben les seves màximes alçades: na Pícamosques (173 m), el Penyal Blanc (169 m) i na Miranda (156 m), entre d'altres. El relleu ve definit, com a mínim, per tres alineacions de turons que s'estenen, si fa no fa, en direcció NW-SE; tot organitzant de forma evident la xarxa fluvial que drena cap a la gran badia d'es Port, on es localitzen algunes platges de dimensions reduïdes. Aquestes alineacions orogràfiques principals, començant des de la costa occidental són: Cap de Llebeig – na Pícamosques – Coll Roig, fins arribar al Codolar dels Estells; el turó allargassat del Penyal Blanc, en una posició central; i finalment l'alineació Punta des Revellar – na Miranda – Serra del Canal de ses Figueres, que arriba fins al Codolar de l'Imperial (Fig. 3). Entre aquests relleus allargassats es disposen els torrents més importants que drenen en direcció NW, concretament el Canal Llarg i el Canal de ses Figueres, el qual compta amb alguns tributaris que descendeixen dels vessants del Penyal Blanc. Les costes són abruptes, amb penya-segats que poden superar els 100 m d'alçada i que resten sotmesos a l'acció processos gravitacionals costaners que han modelat els vessants de tota la façana meridional de Cabrera, des del Cap Vermell fins a la Punta des Burri. El Codolar dels Estells i el Codolar de l'Imperial en són testimonis ben significatius. En aquest vessant sud de l'illa, que inclou les zones de relleu més enèrgic, cal consignar la presència d'algunes xarxes fluvials reduïdes, quant a la seva extensió, però molt ben jerarquitzades i de notable pendent, com és el cas del Canal de s'Aigua (Fig. 3). Així mateix, en aquesta façana meridional destaca la prominència rocosa de n'Enciola –unida a l'illa per un estret istme de 65 m d'amplada i menys de 10 m d'alçada– així com la presència dels illots anomenats els Estells, relacionats amb el processos gravitacionals que caracteritzen aquest vessant de Cabrera.

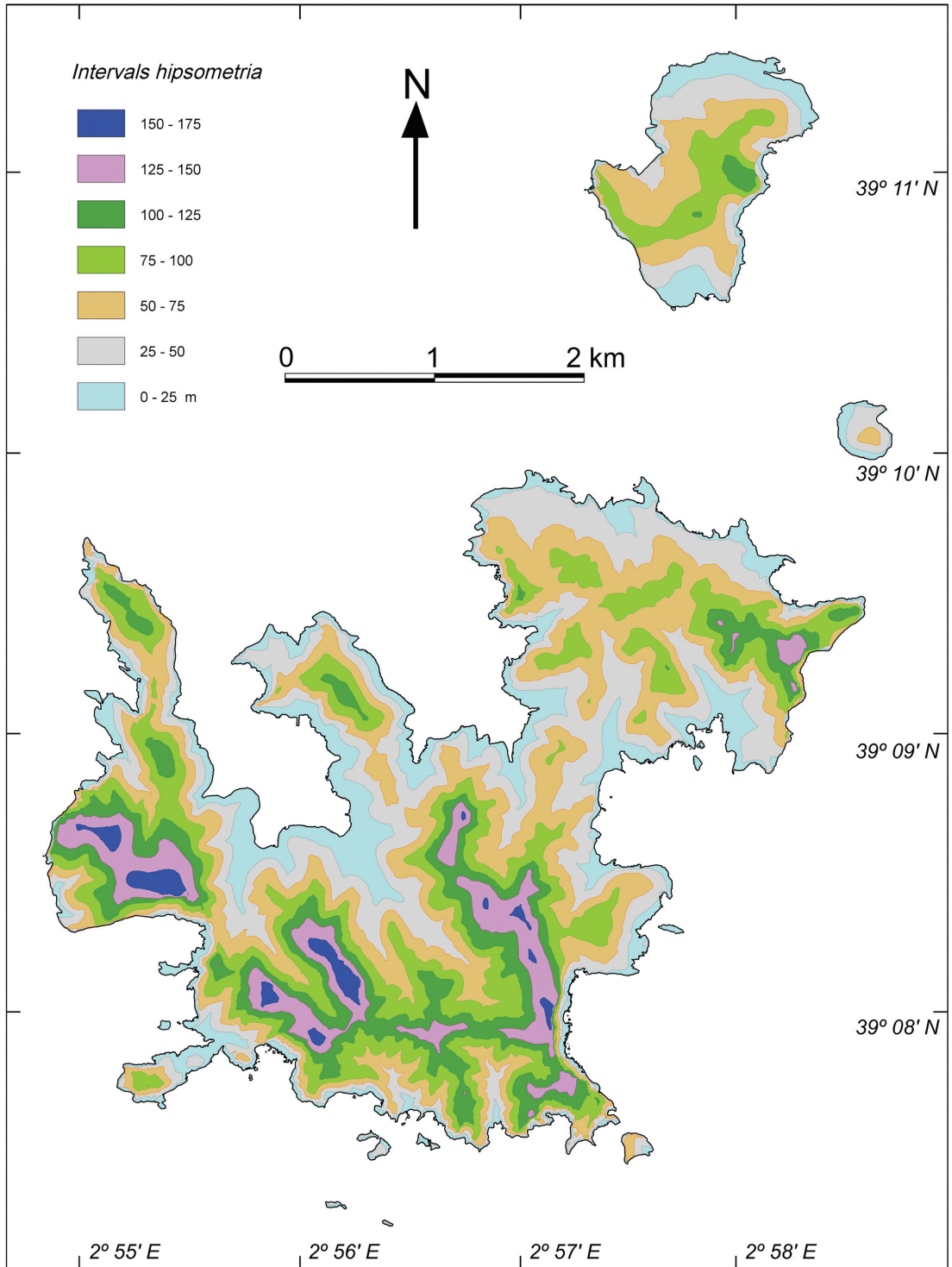


Figura 4 Mapa hipsomètric de les illes majors de l'arxipèlag de Cabrera, confeccionat amb intervals altimètrics de 25 m a partir de la cartografia digital a escala 1/2.000 (font: Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

HIPSOMETRIA

L'anàlisi hipsomètrica s'ha centrat exclusivament en les dues illes majors, tenint en compte les petites dimensions i alçades modestes que mostren la resta de territoris emergits de l'arxipèlag; de fet sols dues de les illes menors superen els 50 m d'altitud (l'Illa Redona, 57 m; l'Imperial, 76 m) i, per tant, l'obtenció de dades quantitatives de la seva hipsometria està mancada de tot interès.

Es presenta un mapa hipsomètric elaborat amb intervals d'altitud de 25 m (Fig. 4), el qual permet capir amb un ràpid cop d'ull els trets destacables del relleu de les principals illes de l'arxipèlag. Pel que fa a Cabrera Gran, es constata la concentració de les màximes altituds en el seu sector sud-occidental on es distingeixen de forma clara les tres alineacions de turons que, amb una direcció NW-SE, articulen el relleu d'aquesta part de l'illa. Així mateix es pot apreciar, a primer cop d'ull, la importància quantitativa de les zones espadades litorals la qual es reflecteix en la menor extensió relativa dels intervals d'altitud més baixos; aquest fet es dona també a l'illa de Conills, que presenta les zones més elevades als seus penya-segats orientals. Les dades numèriques obtingudes a partir del mapa hipsomètric apareixen en la Taula II, on es recullen les superfícies mesurades per als successius intervals altimètrics, i els corresponents percentatges de superfície de cada interval respecte del total de superfície de cadascuna de les illes. Les altituds mitjanes ponderades donen valors de 66 m per a Cabrera, mentre que a l'Illa des Conills l'alçada mitjana és de 53 m.

Taula II. Dades hipsomètriques de les illes majors.

| interval altituds | Cabrera | | Illa des Conills | |
|-------------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | superfície interval (ha) | % | superfície interval (ha) | % |
| 150-175 | 12,1506 | 1 | | |
| 125-150 | 78,0180 | 7 | | |
| 100-125 | 133,8299 | 12 | 3,6919 | 3 |
| 75-100 | 209,8910 | 18 | 27,2412 | 20 |
| 50-75 | 276,2333 | 24 | 45,1659 | 33 |
| 25-50 | 260,4537 | 23 | 32,1494 | 24 |
| 0-25 | 168,4694 | 15 | 27,9636 | 21 |
| total | 1.139,0459 | 100 | 136,2120 | 100 |

Una representació comparativa de la hipsometria d'ambdues illes apareix recollida de forma molt diàfana en la Fig. 5, on es pot constatar que en tot dos casos l'interval altimètric que totalitza més superfície és el de 50-75 m, seguit de prop per l'interval de 25-50 m (Taula II); resulta ben evident l'escassa superfície –en termes relatius– de les terres i costes baixes (interval de 0-25 m) sobretot en el cas de l'illa de Cabrera. Aquesta distribució hipsomètrica, que té el màxim modal en l'esmentat interval de 50-75 m, posa en evidència la importància quantitativa dels penya-segats litorals, que assolixen de vegades alçades respectables. Es pot afirmar que els espadats costaners determinen bona part de la fisiografia de Cabrera Gran; aquest fet queda ben patent a la Fig. 6, que mostra un perfil de l'illa projectat des del sud sobre un pla vertical imaginari d'orientació W-E, on les costes espadades resulten del tot cridaneres a ambdós costats de l'illa.

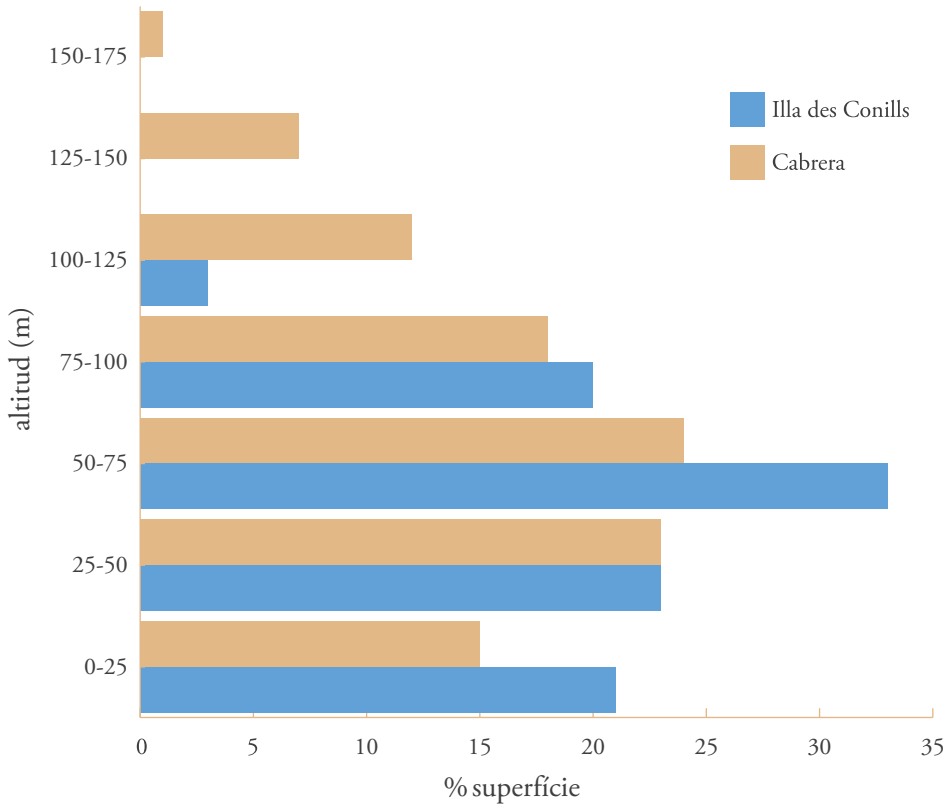
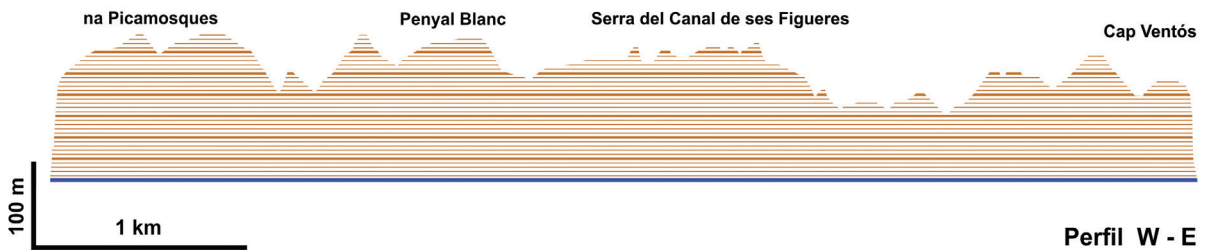


Figura 5 Distribució percentual de la superfície de les dues illes majors, corresponent als intervals d'altitud representats en el mapa hipsomètric de la Fig. 4.

D'altra banda, el mapa de pendents elaborat a partir del núvol de punts LIDAR per a l'illa de Cabrera (Fig. 7) no fa altre cosa que reforçar les observacions evidenciades en l'anàlisi hipsomètrica. Per ventura el mapa de pendents posa de manifest la naturalesa menys abrupta de l'alineació de relleus del sector septentrional de l'illa, respecte dels meridionals. En aquest sentit a la península NE hi dominen pendents entre 6 i 15° i als voltants del Cap des Morobutí, la Punta de Sa Corda i la Punta de sa Corrent els vessants s'ajueuen i es tradueixen en superfícies subhoritzontals, entre 0 i 5°, que Rodríguez-Perea i Servera (1993) han atribuït a rases d'abradió plioquaternàries. Pel que fa a les alineacions de relleus meridionals, els seus vessants amb pendents típicament entre 16 i 30° i a cotes topogràfiques entre 25 i 100 m (Taula III) —que impliquen més d'una tercera part de l'illa— dibuixen unes valls d'aspecte suau llavorades sobre els materials margosos tant del Triàsic, el Juràssic i el Cretaci. Totes elles amb manifestacions modestes de dinàmica de vessants en forma de petits cons de dejecció, algun enderrossall i xaragalls, que no sempre presenten evidències de ser encara actius. Tanmateix dos dels fets que criden més l'atenció, tot i el seu signe oposat, són la presència de replans tot coronant les carenes de les divisòries d'aigües i la concentració dels pendents superiors a 45° a les façanes costaneres (Fig. 7). En el primer dels casos, els replans sembla que estan lligats a controls estructurals, mentre que en d'altres casos corresponen a l'afiorament dels olistòlits del Juràssic (vid. capítols Geologia) com es pot apreciar tant al Cap de sa Carabassa, a Cap Falcó, l'avançada de n'Enciola, la Punta de na Picamosques o la petita península de Cap Llebeig. Un replans que, com es posarà de manifest en successius paràgrafs, coincideixen amb les zones amb un desenvolupament més notori del lapiaz o rascler i altres formes exocàrstiques. L'altre dels trets característics és la naturalesa espadada de la línia de costa, especialment a les façanes oriental, meridional i en menor mesura de ponent, que té una acusada verticalitat entre Cap Ventós i el cap de Sa Carabassa, o de la Punta des Codolar als Estells, o al voltant de tota la Punta de na Picamosques (Fig. 7).

Taula III. Distribució del pendent en funció de l'alçària a l'illa de Cabrera.

| | Altura (m) | | | | | | | % total |
|----------------|------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-------|--------------|
| | 0 a 25 | 25 a 50 | 50 a 75 | 75 a 100 | 100 a 125 | 125 a 150 | > 150 | |
| 0 a 5 | 4,26 | 1,00 | 0,49 | 0,45 | 0,20 | 0,20 | 0,09 | 6,69 |
| 5 a 15 | 5,35 | 7,18 | 6,46 | 5,24 | 2,60 | 2,27 | 0,66 | 29,76 |
| 15 a 30 | 4,94 | 10,40 | 13,78 | 10,74 | 7,41 | 3,36 | 0,57 | 51,19 |
| 30 a 45 | 1,71 | 1,94 | 2,15 | 1,61 | 0,92 | 0,38 | 0,04 | 8,75 |
| 45 a 60 | 0,83 | 0,80 | 0,44 | 0,28 | 0,14 | 0,05 | 0,01 | 2,54 |
| 60 a 75 | 0,22 | 0,30 | 0,23 | 0,14 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 1,01 |
| >75 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |

**Figura 6** Perfil de l'illa de Cabrera projectat des del sud sobre un pla imaginari W-E (exageració vertical: x4).

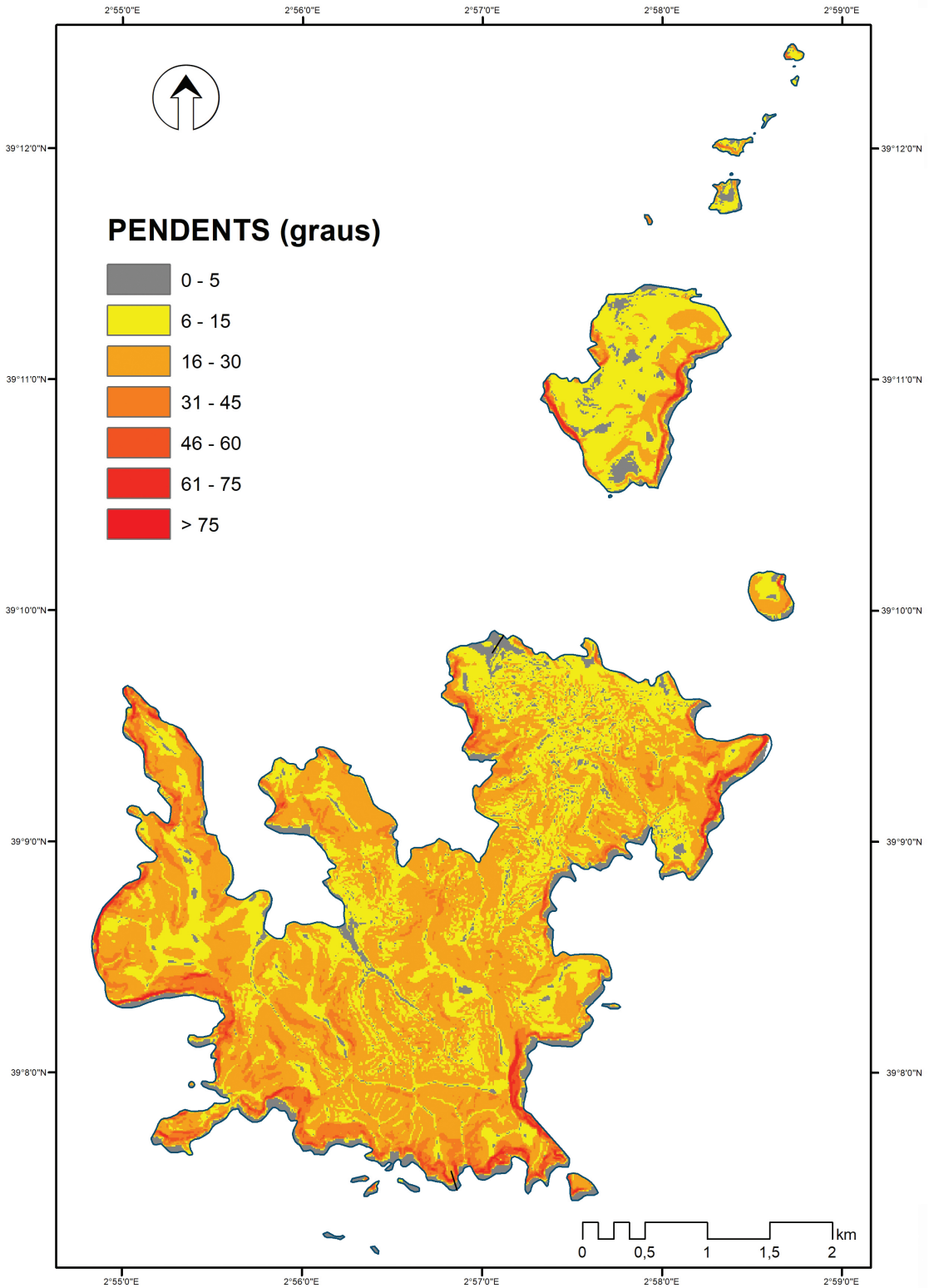


Figura 7 Mapa de pendents de Cabrera confeccionat a partir del núvol de punts LIDAR 2014 de l'IGN.

ELS FACTORS QUE CONDICIONEN EL RELLEU

L'aspecte actual del territori que ens ocupa està del tot determinat pel seu caràcter insular. El mar és omnipresent, començant des del Mesozoic amb la sedimentació en les conques marines del que avui és la Mediterrània occidental, fins arribar al Quaternari quan les fluctuacions del nivell marí gravaren els darrers retocs a la fisiografia que presenten, avui per avui, les illes del subarxipèlag. De fet, el nivell actual de la Mediterrània determina l'extensió superficial que tenen avui les terres emergides de l'arxipèlag, les quals tenien una superfície molt major durant les regressions associades als períodes freds del Pleistocè. Dins d'aquest context, el relleu de Cabrera ha de ser tractat com un sistema relativament complex on s'estableix una dialèctica entre diversos sistemes d'erosió-modelat dominants, que actuen de manera simultània dins el marc espacial i temporal que imprimeix la història del nivell marí en el fil dels temps geològics.

Tot centrant el discurs en els factors explicatius de la topografia i el relleu de l'arxipèlag, se sistematitzarà el funcionament d'aquest geosistema durant les etapes més recents de la seva història geològica (Fig. 8). Per començar, les característiques litològiques i estructurals dels substrat rocós –emergit com a conseqüència dels esdeveniments tectònics ocorreguts durant el Neogen– imposen tota una sèrie de condicionants que determinen, en bona mesura, com tindrà lloc l'actuació dels agents erosius meteòrics. Aquests, en última instància, estan supeditats al clima imperant en cada moment. Aquesta dialèctica que s'estableix entre agents erosius i condicionants lito-estructurals es materialitza en una evolució geomorfològica concreta, on es troben implicats diversos tipus de modelats en funció de variables climàtiques i geològiques, com per exemple els tipus de roques que afloren en superfície. En el cas de Cabrera, tres sistemes morfogenètics són responsables de la seva morfologia i relleu actual: el modelat *fluvial* –que es pot reconèixer quasi exclusivament a Cabrera Gran–, el modelat *litoral* que té caràcter d'ubiquïtat en tot l'arxipèlag i el modelat *càrstic* que es desenvolupa en els materials carbonatats (calcàries i dolomies) en la seva triple faceta de generació de formes superficials, cavitats subterrànies i amb el progressiu establiment d'una hidrologia també subterrània.

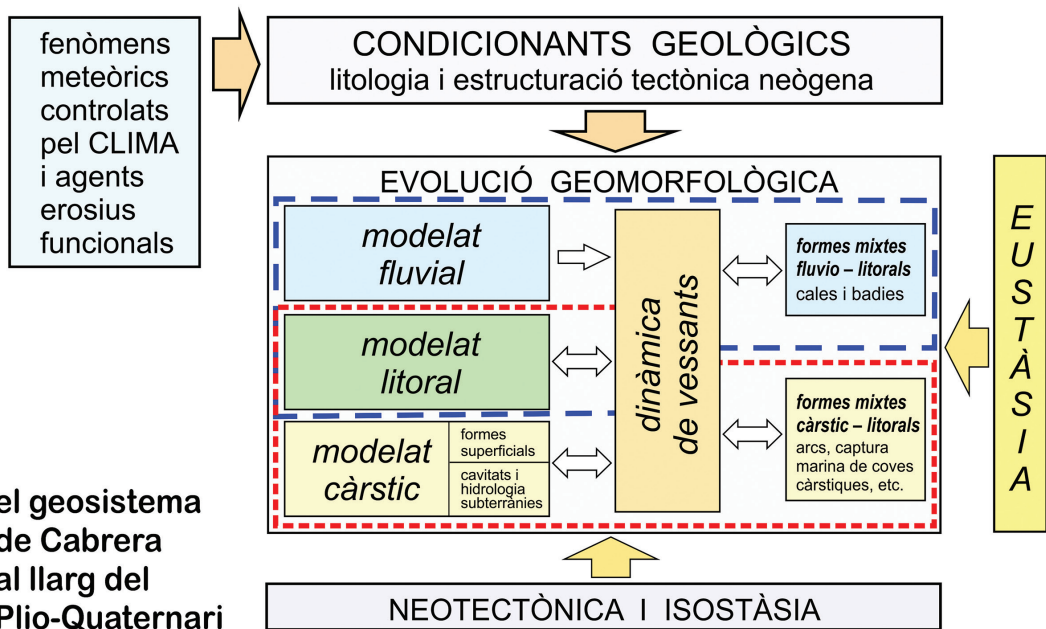


Figura 8 Esquema conceptual del funcionament del geosistema de l'arxipèlag de Cabrera.

Els modelats enumerats posen en funcionament una dinàmica de vessants als territoris emergits, que resulta especialment activa en el cas del modelat litoral, el qual dóna lloc a penya-segats costaners presents a totes les illes i de vegades espectaculars quant a la seva alçada. Aquests processos d'evolució de vessants, que es mostren tan dinàmics al llarg de la franja costanera, participen en la generació de formes mixtes on es combinen fenòmens associats a sistemes d'erosió diversos; així, és possible reconèixer morfologies on interactuen el modelat càrstic i l'erosió litoral, consistents en la captura marina de cavitats càrstiques, o en la formació d'arcs o ponts que criden l'atenció en la línia de costa. Un altre exemple d'interferències entre dos sistemes morfogenètics diferents seria la presència de cales i badies, que poden ser considerades com a formes mixtes fluvio-litorals.

Tot aquest esquema queda completat si es tenen en compte dos factors addicionals (Fig. 8). Per una banda incideixen els fenòmens tectònics recents que hagin pogut produir-se, així com les deformacions isostàtiques de l'escorça terrestre relacionades, per citar una causa, amb les alternances entre períodes glacials i interglacials durant el Quaternari. Per altra banda és necessari tenir present les importants fluctuacions eustàtiques que ha sofert el nivell de la Mediterrània al llarg del Pleistocè, com a conseqüència de l'esmentada alternança de glaciacions enfront d'episodis climàtics més benignes. Aquests factors enunciats ara controlen la situació relativa de terres emergides i nivell marí, dins un context de força variabilitat.

Els paisatges que observem ara han de ser interpretat des d'una òptica necessàriament pluricausal (Fig. 8), ja que és el resultat de la dialèctica entre diversos modelats que han anat actuant de manera relativament independent durant el Plio-Quaternari. L'actuació d'aquests modelats –erosió fluvial, dinàmica litoral, i carstificació– al llarg de l'espai i del temps fa que, per força, existeixin interferències entre ells, malgrat que resulti difícil determinar la primacia d'un modelat sobre l'altre, excepció feta del sistema d'erosió litoral. A tot el que cal sumar l'enorme variabilitat del nivell marí abans esmentada, fet que afegeix encara més complexitat a l'evolució geomorfològica de Cabrera, a causa de la gran inestabilitat espacial i temporal dels nivells de base que han controlat el funcionament dels diferents modelats actius. El resultat final, pel que fa a la gènesi del relleu i de la topografia de l'arxipèlag, radica en l'actuació conjunta de tres sistemes morfogenètics principals (fluvial, litoral i càrstic) que han evolucionat i interactuat entre ells durant els darrers milions d'anys.

ASPECTES GEOMORFOLÒGICS

La interpretació de les formes del relleu de l'arxipèlag i la seva gènesi fou objecte d'una acurada aproximació per part de Rodríguez-Perea i Servera (1993), dins de la important monografia publicada pocs anys després de la declaració com a Parc Nacional. Els citats autors efectuaven un detallat estudi qualitatiu de la geomorfologia de Cabrera, que abraçava tots els distints dominis morfogenètics involucrats, el qual es veia complementat per altres dos treballs específics sobre l'exocarst i les cavitats subterrànies (Ginés, 1993; Trias, 1993). Per tal de no insistir en aspectes de caire més aviat general que es troben sobradament documentats en els treballs referits, ens limitarem a aportar dades que els complementin i actualitzin, sempre des d'una perspectiva que intenti anar més enllà de la simple descripció literària dels fenòmens observats.

Pel que fa a contribucions recents al coneixement geomorfològic d'aquestes illes, resulta cridaner constatar la gairebé nul·la atenció rebuda per aquesta disciplina, i més tractant-se d'un entorn força atractiu per als estudis del medi natural. En aquest sentit –i elaborat amb un plantejament descriptiu i enfocat cap a la divulgació– cal consignar alguns dels capítols que integren el llibre editat per Robledo (2016). Encara que aquesta obra no conté un treball dedicat concretament a la geomorfologia, sovintegen les descripcions que documenten aspectes concrets del relleu de l'arxipèlag, incloent així mateix un capítol específic que s'ocupa del modelat càrstic (Robledo *et al.*, 2016).

ELS CONDICIONANTS LITO-ESTRUCTURALS

La geologia de l'arxipèlag correspon a la continuïtat cap al sud de les Serres de Llevant de l'illa de Mallorca, tant pel que fa a les unitats lito-estratigràfiques representades com a la seva estructuració tectònica. Les roques que afloren abracen des del Triàsic fins al Quaternari, però amb importants llacunes estratigràfiques que comencen al final del Mesozoic i comprenen bona part del Paleogen i del Neogen (Sàbat *et al.*, 1993). En línies generals les litologies carbonàtiques juràsiques són dominants en totes les illes, amb una presència destacable de l'Eocè sobretot en la part septentrional de Cabrera Gran.

Si es posa esment en la lito-estratigrafia dels materials rocosos que formen l'illa de Cabrera, els dipòsits més antics estan representats per les argiles i els guixos del Trias (Keuper), que compten amb reduïts afloraments com el Clot des Guix, situat al sector nord de l'illa. Les fàcies de plataforma del Juràssic inferior, que consisteixen en una potència notable de dolomies i calcàries, formen el gruix de les terres emergides, juntament amb margues i calcàries margoses corresponents a la sèrie pelàgica mesozoica, la qual compren dipòsits que van des del Juràssic mitjà i superior fins al Cretaci inferior i mitjà (Sàbat *et al.*, 1993). Aquests sediments acumulats en conques marines més profundes consisteixen en fàcies de talús, amb abundants masses calcàries intercalades –procedents de la sèrie de plataforma– que han estat atribuïts com a dipòsits d'olistòlits.

Després d'una important llacuna estratigràfica que s'inicia el Cretaci superior, ens trobem amb les fàcies litorals amb nummulits de l'Eocè mitja i superior, constituïts bàsicament per calcarenites i margues. Aquests materials paleògens presenten una extensió destacable en Cabrera Gran, particularment en el sector septentrional. A continuació es produeix una altra interrupció del registre sedimentari fins arribar als escassos afloraments del Miocè superior, que es limiten tan sols a la costa nord de l'illa. Finalment, els sediments plio-quaternalis es distribueixen al llarg del litoral de tot l'arxipèlag, al temps que ocupen les parts baixes dels sistemes fluvials que drenen cap a la gran badia del Port de Cabrera.

Des del punt de vista estructural, els materials rocosos observables avui en dia foren afectats per una fase tectònica compressiva cenozoica, que tingué lloc entre l'Oligocè final i el Miocè mitjà, segons estableixen Sàbat *et al.*, (1993), els quals reporten també esdeveniments tectònics extensius tant mesozoics com fins i tot del Pliocè. Aquests autors distingeixen una unitat tectònica inferior que forma el gruix del relleu de l'illa de Cabrera, i que està integrada per un conjunt d'escates amb vergència cap al NW. La unitat tectònica superior consisteix en una mena d'encavalcament subhoritzontal que acaben de confegir les majors alçades de l'illa, com són el Penyal Blanc i la Serra des Canal de ses Figueres. En el seu conjunt, el resultat de l'estructuració tectònica de l'àrea és força complicat si s'analitza en detall, ja que els materials rocosos es troben afectats per multitud d'encavalcaments, plecs, falles i fractures, on predominen les alineacions NW-SE.

Quant a la repercussió dels condicionants lito-estructurals en la gènesi del relleu de l'illa de Cabrera, cal referir-se a dos aspectes clau pel que fa a la susceptibilitat del substrat rocós davant l'actuació dels agents erosius meteòrics i/o d'alteració. Per una banda, s'estableix una clara dicotomia litològica entre les roques carbonàtiques (calcàries i dolomies) i els materials de caire margós representats tant per la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, com pels dipòsits de l'Eocè. De forma específica, les dolomies i calcàries del Juràssic inferior són roques dures i en general resistentes als mecanismes d'alteració física, però susceptibles de ser afectades en major o menor mesura pels processos de dissolució càrstica. Aquesta dicotomia tindrà sens dubte un paper crucial en la configuració del relleu, des del moment que condiciona la capacitat erosiva dels diferents dominis morfogenètics que han modelat les terres emergides de l'arxipèlag. Una aproximació simplificada a la caracterització dels condicionants litològics a l'illa de Cabrera apareix recollida en la Fig. 9, la qual pretén mostrar a primer cop d'ull la distribució espacial del rocam en relació amb la seva susceptibilitat de ser afectat pels diversos sistemes d'erosió actius. Per altra banda, cal emfatitzar el fet que l'estructuració tectònica soferta pels sediments que afloren a l'arxipèlag ha produït una extrema compartimentació de les seves característiques lito-estratigràfiques, motiu pel qual en bona part de l'illa ens trobem amb una mena de mosaic, on alternen materials geològics diversos juxtaposats en extensions força

reduïdes; aquesta disposició tan compartimentada tindrà una incidència notable en l'actuació dels sistemes d'erosió, així com en la hidrologia superficial i, sobretot, subterrània a Cabrera Gran.

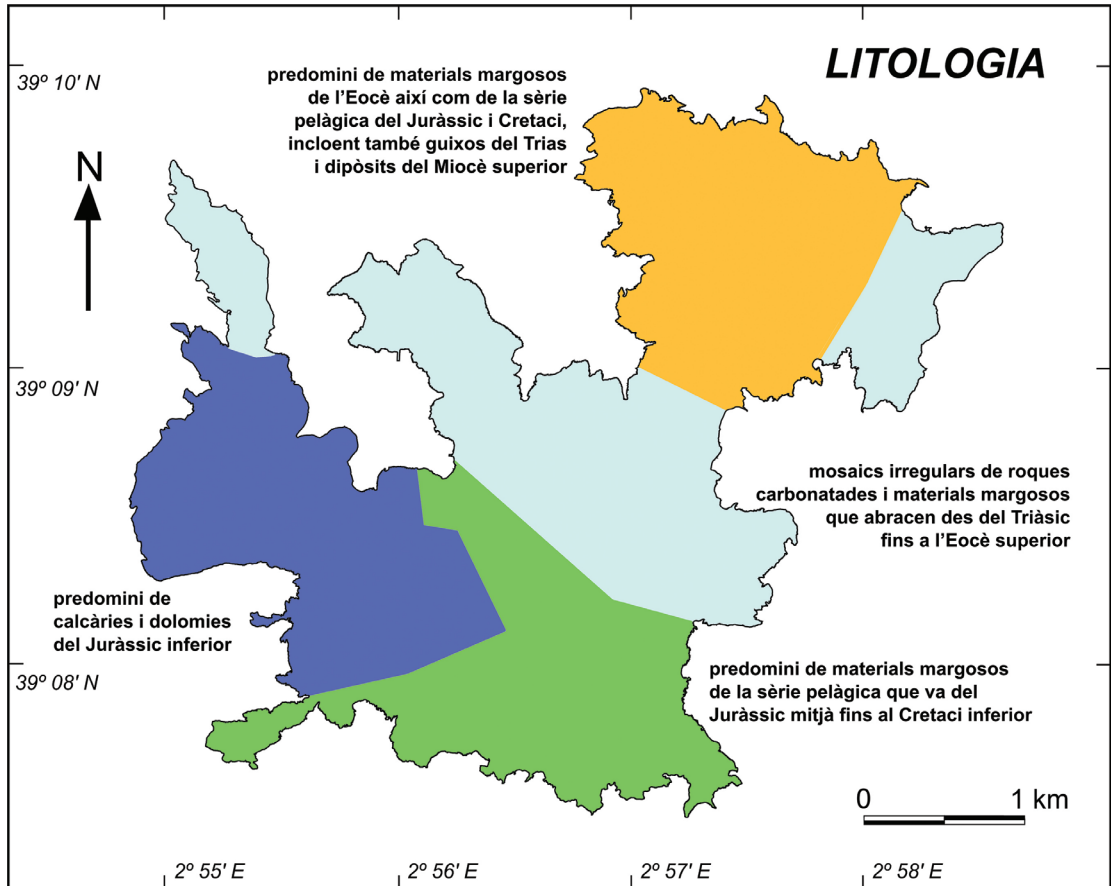


Figura 9 Mapa esquemàtic amb indicació de les principals característiques litològiques de les roques que afloren a l'illa de Cabrera (basat en Sàbat *et al.*, 1993).

LA XARXA HIDROGRÀFICA SUPERFICIAL

L'anàlisi de la xarxa fluvial de l'arxipèlag s'ha centrat en l'illa de Cabrera per motius obvis, relacionats amb la minsa extensió de les unitats territorials menors, fet que impedeix el reconeixement d'un sistema organitzat de drenatge en la resta d'illes i illots. S'ha procedit a establir i delinear la xarxa hidrogràfica de l'illa major, sobre la base de la cartografia més detallada existent a dia d'avui (escala 1/2.000); aquesta tasca ha estat realitzada procurant aplicar un criteri el més homogeni possible, basat en el reconeixement dels canals que integren el sistema fluvial a partir de les inflexions rellevants de les corbes de nivell, disponibles amb una equidistància de 2 metres. Així mateix, s'ha establert la jerarquització de la xarxa fluvial emprant la metodologia ja clàssica, que fou elaborada i perfeccionada a mitjans dels segle passat per autors com Horton (1945) i Strahler (1964).

Els resultats obtinguts apareixen reflectits en la Fig. 10 que recull l'estructura de la xarxa fluvial de Cabrera Gran, amb indicació de l'ordre de cadascú dels canals que la componen. En aquesta figura queda ben palès que la *densitat de drenatge* (longitud dels canals per unitat de superfície) no és homogènia en tota l'illa. En aquest sentit, es pot observar com s'individualitza amb claredat un sector central, que presenta una densitat de drenatge elevada la qual arriba als 68,01 m/ha, mentre que la resta de l'illa mostra densitats molt més baixes; la densitat de drenatge calculada per al conjunt de l'illa és de 40,86 m/ha. Els factors explicatius d'aquests valors tan heterogenis cal cercar-los en condicionants de tipus litològic, ja que les xifres més elevades de densitat de

drenatge corresponen a un sector concret on es donen dos circumstàncies destacables: el predomini en superfície de materials més aviat margosos pertanyents a la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, juntament amb el fet de tractar-se de la zona de l'illa dotada d'un relleu més enèrgic. Ambdós factors propicien la presència d'una xarxa hidrogràfica superficial ben desenvolupada, que resulta particularment cridanera en els dos sistemes de drenatge que vessen en direcció sud, cap a la zona dels Estells i el Canal de s'Aigua.

La resta de Cabrera presenta densitats de drenatge relativament baixes, de l'ordre de 34 m/ha, xifra que suposa gairebé la meitat dels valors calculats per al sector central, al qual acabem de fer referència. Resulta curiós observar que tant les zones situades al NE de l'illa com el seu sector més occidental mostren densitats de drenatge semblants, encara que les característiques lito-estratigràfiques siguin molt diferents entre si (Fig. 10). Així, es pot constatar que al sector occidental –on predominen les dolomies i calcàries del Juràssic inferior– la xarxa hidrogràfica superficial es troba mitjanament desenvolupada, malgrat la potencial incidència dels processos de carstificació; en aquest mateix sentit, resulta cridaner observar que la densitat de drenatge calculada en aquest sector calcari de l'illa és gairebé idèntica a l'obtinguda per a les zones nord-orientals, les quals estan constituïdes per una mena de mosaic de materials geològics diversos on no manquen els materials margosos de l'Eocè. En ambdós casos l'escorrentia superficial sembla haver estat manco efectiva, en comparació amb el sector central on afloren predominantment els materials margosos de la sèrie pelàgica. Cal consignar aquí que la funcionalitat actual de la xarxa fluvial és molt baixa, en relació amb el clima semiàrid que impera a l'arxipèlag, amb unes precipitacions mitjanes de 380 mm anuals (Guijarro, 1993); aquesta funcionalitat es limita a uns pocs episodis de pluges molt intenses de caire tempestuós, encara que les vicissituds climàtiques plio-quaternàries poden haver inclòs períodes amb una pluviometria molt més elevada.

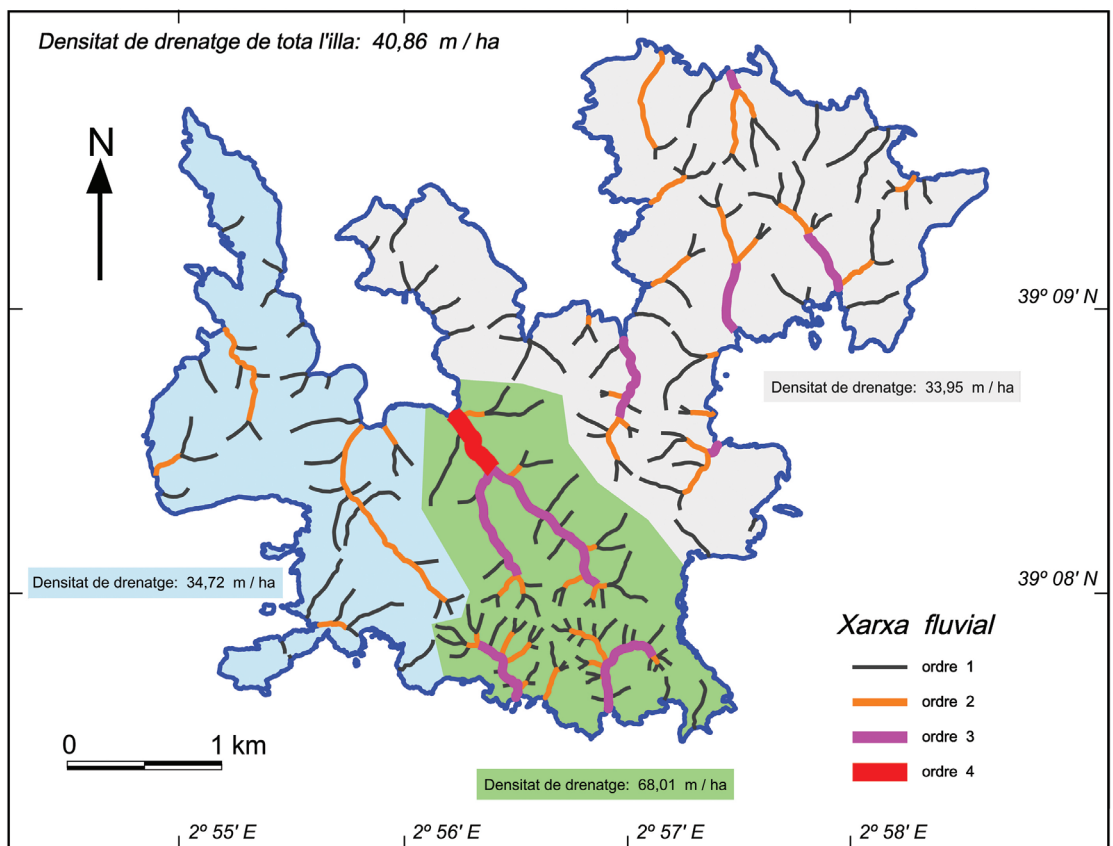


Figura 10 Mapa de la xarxa hidrogràfica superficial de l'illa de Cabrera (elaborat a partir de la cartografia 1/2.000 de l'Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

Pel que fa a la jerarquització de la xarxa fluvial de l'illa de Cabrera, s'han calculat dos paràmetres bàsics, el nombre de canals o cursos de cada ordre, i la longitud mitjana dels canals de cada ordre (Fig. 11). Els resultats obtinguts per ambdós paràmetres es veuen afectats per un fet clau: la present posició de la línia de costa –corresponent a la pujada postglacial del nivell de la Mediterrània– condiciona la longitud i la continuïtat de les parts inferiors de la xarxa fluvial, la disposició i magnitud de la qual eren molt diferents durant els períodes de descens relatiu del nivell de la mar. Dins aquest context, cal remarcar que un total de 37 canals d'ordre 1 no alimenten cursos d'ordre superior, sinó que desemboquen directament a la línia de costa actual. Les anomalies que la posició canviant del nivell marí durant el Plio-Quaternari imposen a la xarxa hidrogràfica superficial, queden ben patents si ens fixem en la longitud mitjana dels canals (Fig. 11); aquest paràmetre es va incrementant a mesura que pugem d'ordre –tal i com era previsible– amb l'excepció de l'únic curs de l'ordre 4, que mostra una longitud més curta condicionada per la posició actual de la franja costanera, lligada a la transgressió marina postglacial.

Quant al nombre de canals la distribució s'apropa al que és habitual en les xarxes fluvials (Fig. 11), on es dona un elevat nombre de cursos elementals d'ordre 1, quantitat que va minvant de forma gradual en els ordres immediatament superiors. Això és cert si ens fixem en les raons de bifurcació calculades per als ordres 1-2 i 2-3 les quals són similars, amb valors d'entre 3,91 i 4,89 cursos d'un nivell donat per cada canal de l'ordre immediatament superior. En canvi, la *raó de bifurcació* dels ordres 3 i 4 és molt elevada (9) ja que la pujada holocènica del nivell marí ha limitat a la baixa la quantitat de cursos de l'ordre més elevat, que es materialitza en un sol canal d'ordre 4 que desemboca en la Platgeta del Port de Cabrera. Obviament, un nivell marí molt més baix, lligat a esdeveniments climàtics freds, propiciaria l'existència d'una major quantitat de cursos dels ordres superiors dins el conjunt d'una xarxa hidrogràfica de l'illa bastant més extensa.

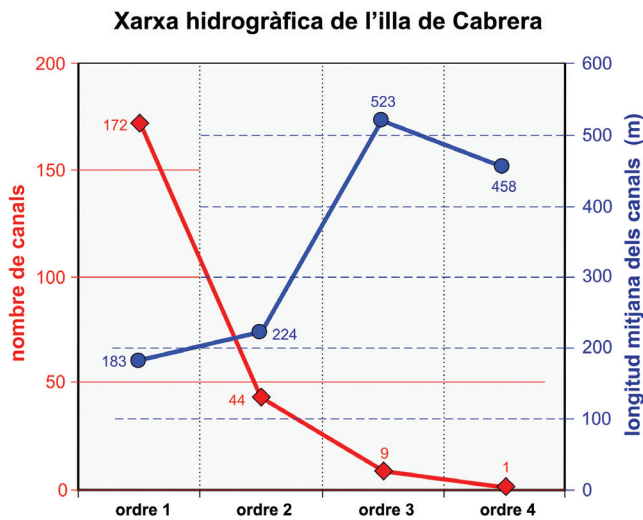


Figura 11 Alguns paràmetres quantitius de la xarxa fluvial de l'illa de Cabrera.

EL DOMINI LITORAL

Per tal de caracteritzar aquest domini morfogenètic, s'ha procedit a classificar els tipus de costa de les dues illes majors, distingint cinc categories que inclouen des de platges i costes baixes fins a penya-segats d'alçades diverses. Els resultats es poden consultar a la Fig. 12, en la qual es pot copsar el total predomini de les costes espadades, que arriben al 71% de la seva longitud a Cabrera i fins al 85% en el cas de l'Illa des Conills. En ambdues illes els grans penya-segats (> 25 m) representen el tipus de costa més abundant, amb percentatges que arriben fins al 50% del litoral de sa Conillera així com el 32% de la costa de l'illa major. Quant a les costes baixes, aquestes són relativament significatives a l'illa de Cabrera (27%), on es presenten junt amb una minsa extensió de platges intercalades, que tot just arriba al 2% de la longitud de la línia de costa.

TIPUS DE COSTA

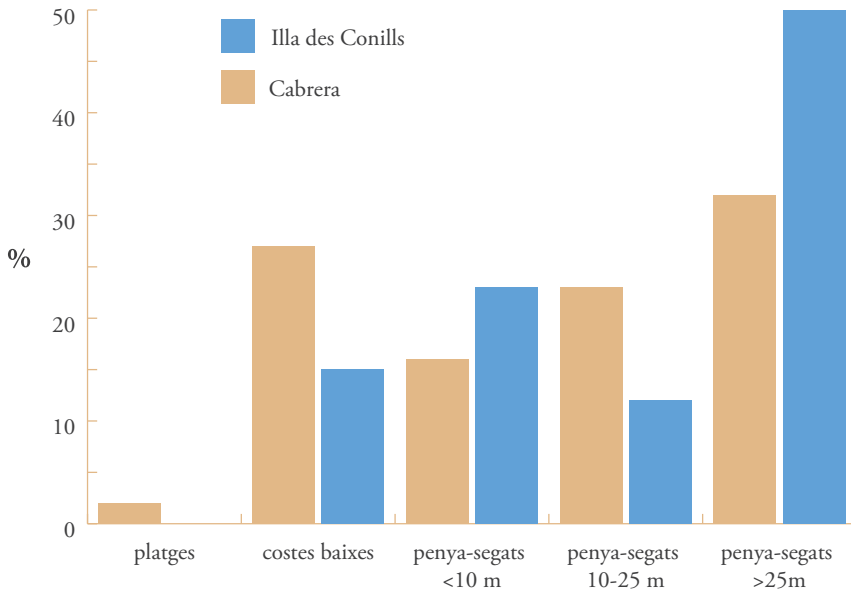


Figura 12 Distribució percentual de la longitud dels tipus de costa de les dues illes majors, obtinguda a partir del mapa inclòs a la Fig. 12.

La distribució espacial dels tipus de costa (Fig. 13) mostra una disposició molt relacionada amb els condicionants litològics que ja hem enunciat. Així, els grans espadats costaners es concentren preferentment en les roques carbonàtiques del Juràssic inferior, encara que també existeixen penya-segats destacables en els materials rocossos de la sèrie pelàgica del Juràssic-Cretaci, tal i com succeeix en sectors del litoral com són es Burri i el Codolar de l'Imperial. Per altra banda, les costes baixes i platges de Cabrera Gran es concentren en les tres badies principals (el Port, Cala Santa Maria i l'Olla), amb escassa representació a la resta de l'arxipèlag.

Tot i el paper aclaparador dels penya-segats com a tret distintiu del litoral rocós de Cabrera, el cert és que existeix certa variabilitat en quant a la seva tipologia i distribució espacial (Fig 13). La qual cosa, al cap i a la fi, permet reflexionar sobre els processos i la història geomòrfica de l'illa. L'anàlisi morfomètrica dels 60 perfils de penya-segats obtinguts a partir del núvol de punts LIDAR (Taula IV), posa de manifest que el 73% de les penyes costaneres de Cabrera tenen un perfil complex o compost, on s'alternen els segments o les seqüències de parets-escarpaments i talussos, mentre que només un 27% dels aixecaments es correspon amb perfils verticals, còncaus o convexs purs. A grans trets, per al conjunt de l'illa, dominen els penya-segats on l'element característic o significatiu són les parets verticals (48%), seguits sense massa diferències pels penya-segats de perfil convex dominants (23%) o els còncaus (20%) (Taula IV). Tanmateix la distribució de les tipologies d'espadats és dissimètrica: mentre que a la façana nord-oest coincidint amb les grans badies i penetracions dels aparells fluvials, que es comentaran més endavant, hi ha una major variabilitat de formes (Taula IV), el cert és que hi estan més ben representats les seqüències de penya-segats composts (i.e. talús-paret-talús) amb elements definitoris de caràcter convex. Tot sovint coincidint amb els vessants a costat i costat de l'interior del Port de Cabrera o de Cala Santa Maria. En canvi, a la façana NE, així com avança cap a orient agombola un 67% de perfils marcats per parets verticals (Taula IV), mentre que el flanc de Llevant tendria un 92% dels seus perfils compresos entre els penya-segats verticals i els de caràcter còncau, el que implica una ruptura de pendent acusada molt propera a costa. Comptat i debatut, el 7% dels penya-segat menys abruptes apareixen concentrats a l'endinsada de l'Imperial. La façana SW i la de ponent novament tenen més d'un 45% dels seus espadats dins el grup dels penya-segats abruptes, principalment petites variants de la tipologia de paret coronada amb un talús majoritàriament còncau (Taula IV).

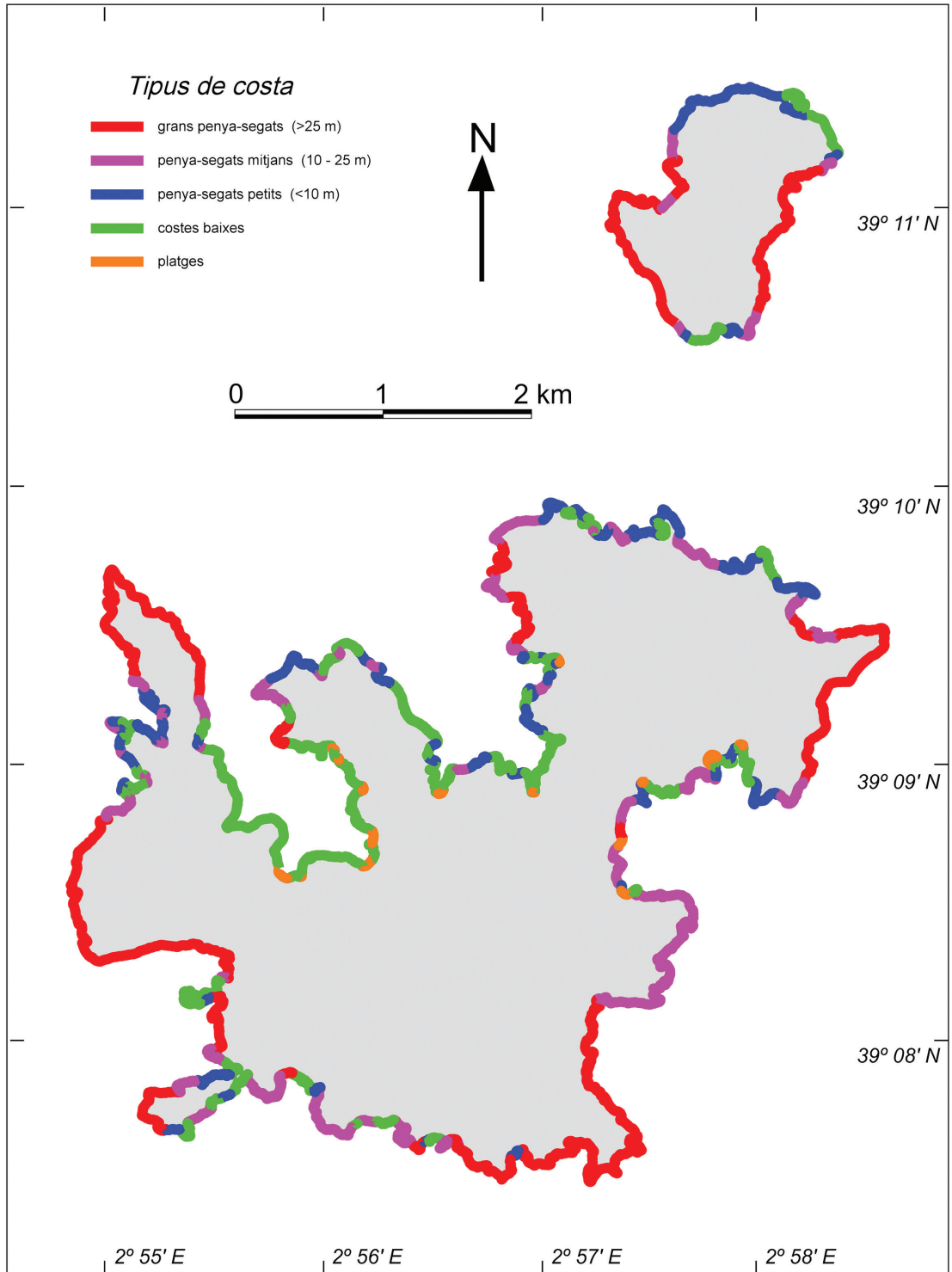


Figura 13 Mapa dels tipus de costa de les illes majors de l'arxipèlag de Cabrera (elaborat a partir de la cartografia 1/2.000 de l'Institut Municipal d'Innovació, Ajuntament de Palma).

Taula IV. Distribució percentual de la tipologia de penya-segats a l'illa de Cabrera (n=60), amb indicació dels valors obtinguts en funció de la façana marina on es localitzen.

| Tipologia de penya-segat | Total Cabrera | Façanes marines de Cabrera | | | | | |
|--------------------------|------------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | NW | NE | SE | SW | W | |
| Perfil lineal | Lineal | 3,33 | 5,26 | 0,00 | 7,69 | 0,00 | 0,00 |
| | Lineal compost | 5,00 | 10,53 | 16,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Perfil convex | Convex | 10,00 | 15,79 | 0,00 | 0,00 | 13,33 | 14,29 |
| | Convex compost | 13,33 | 21,05 | 0,00 | 0,00 | 13,33 | 28,57 |
| Perfil vertical | Paret | 3,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,33 | 0,00 |
| | Vertical compost | 45,00 | 42,11 | 66,67 | 30,77 | 46,67 | 57,14 |
| Perfil concau | Concau | 10,00 | 0,00 | 16,67 | 30,77 | 6,67 | 0,00 |
| | Concau compost | 10,00 | 5,26 | 0,00 | 30,77 | 6,67 | 0,00 |
| | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

En referència ara a les possibles interferències entre els modelats que han estat tractats fins el moment, és necessari ressenyar la presència de cales, les quals han de ser considerades com a geoformes que són el resultat de la inundació postglacial de les parts baixes de la xarxa hidrogràfica superficial. Aquests accidents característics de la franja litoral tan sols estan presents a Cabrera Gran, on es reconeixen algunes badies de dimensions mitjanes, dins les quals es poden distingir endinsades de la costa de menor entitat, que poden ser qualificades com a cales o calons. Aquest és el cas, per exemple, de les quatre cales principals que es localitzen dins la badia de Cala Santa Maria (Cala en Ganduf, Caló des Forn de Calç, Caló des Palangrers, i Cala Santa Maria pròpiament dita), o d'altres cales com l'Olla, l'Olló i el Caló des Macs en el costat oriental de l'illa. Tanmateix és evident que els aparells fluvials més ben desenvolupats, així com les valls inundades sols apareixen a la costa NW. Si el Port de Cabrera presenta una forma allargassada és perquè la inundació del caixer fluvial afecta al tram mig de la seva conca, mentre que en el cas de la badia de Cala Santa Maria, la forma més arrodonida i complexa, correspon a la inundació de la capçalera de conca, com també posa de manifest l'ordre dels cursos que la drenen. Però la pregunta a plantejar, és el perquè de l'absència de valls inundades a la façana de llevant i de xaloc i per què és en aquestes dues àrees on es concentren, no només els espadats de major alçària, sinó els més verticals i espadats tot contrastant amb els penya-segats de les grans badies, de menor alçada, major irregularitat en el perfil i un caràcter més convex. La resposta queda a tall d'hipòtesi atès que manquen perfils sísmics propers a la costa que permetin concloure amb solidesa allò que apunta la munió d'indícis en el modelat. Les diferències abans esmentades podrien ser explicades per un lleuger basculament de l'illa de Cabrera cap a NW posterior al plegament cenozoic, enfonsant la costa NW i aixecant els flancs SW-SE. La presència de torrents penjats (i.e. Canal de s'Aigua o l'aparell que aboca sobre els Estells) no farien sinó apuntalar aquesta hipòtesi. En qualsevol cas, aquestes geoformes litorals de Cabrera es troben bastant lluny –quant a les característiques dels seus trets definitoris– dels exemples paradigmàtics de cales que han estat descrits en el sud i llevant de Mallorca (Rosselló-Verger, 1995; 2005).

El modelat litoral té caràcter d'ubiquïtat en tot l'arxipèlag, per raons òbvies lligades a la insularitat d'aquest territori així com a la reduïda extensió superficial. Malgrat que els espadats i timbes costaneres són les formes dominants, trobem altres morfologies pròpies d'aquest domini morfogenètic, descrites en detall a Rodríguez-Perea i Servera (1993); entre elles esmentarem les rases d'abrasió pleistocèniques descrites particularment a la costa septentrional de la Cabrera Gran, així com les terrasses costaneres holocèniques que es continuen terra endins amb microformes de lapiaz litoral (Gómez-Pujol, 2006). La dialèctica que s'estableix entre el domini litoral i els altres modelats actius, origina formes mixtes com les cales –a les quals ja hem fet referència– o arcs litorals que s'han generats en llocs on l'erosió marina ha desmantellat alguna cavitat preexistent. Moltes coves litorals de l'arxipèlag, com la famosa Cova Blava, són fenòmens generats exclusivament pels mecanismes d'erosió marina sense cap participació del modelat càrstic.

EL MODELAT CÀRSTIC

Com a conseqüència de la naturalesa carbonatada de bona part de les roques que afloren a Cabrera, el modelat càrstic completa la trilogia de sistemes morfogenètics implicats en la formació del relleu de l'arxipèlag, juntament amb els modelats litoral i fluvial dels quals ja ens hem ocupat. Malgrat la destacable extensió (en termes percentuals) que presenten les calcàries i dolomies juràsiques a la Cabrera Gran, el paper del carst en la seva fisiografia és realment poc rellevant, lluny de les afirmacions més aviat exagerades de Robledo *et al.*, (2016) que qualifiquen el modelat càrstic com l'escultor principal del relleu de l'illa.

Tal i com ja es reportava a Ginés (1993) l'expressió superficial del carst a l'illa de Cabrera és molt pobre, amb una absència pràcticament total de dolines i depressions càrstiques en general, i uns camps de lapiaz que no destaquen per la seva espectacularitat ni varietat de microformes. Les morfologies de dissolució de la roca relacionades amb l'escorrentia de l'aigua de pluja (estries, canals, etc.) són realment escasses, i es presenten desenvolupades sobre formes preexistents, arrodonides i suaus, de lapiaz subedàfic o criptolapiaz (Ginés, 2009). Les extensions de roca esculpides per les formes de lapiaz són relativament àmplies, però no arriben en cap cas a ser determinants en la configuració del paisatge resultant, tal i com succeeix a les muntanyes de Mallorca. Els principals factors que limiten el desenvolupament de l'exocarst a l'arxipèlag són de caire litològic –en relació amb el caràcter dolomític o margo-calcari de la majoria dels afloraments de roques carbonàtiques– als que cal afegir, sobretot, les característiques semi-àrides del clima, que limita les precipitacions disponibles per als processos de carstificació. Encara que la connexió amb el modelat càrstic sigui molt limitada, és necessari consignar que les micro i mesoformes de lapiaz costaner estan ben representades allà on les roques carbonàtiques es disposen al llarg de la franja litoral (Rita *et al.*, 2016); es tracta de morfologies molt freqüents als litorals calcaris, en les quals els processos de bioerosió estan fortament implicats (Gómez-Pujol, 2006).

Pel que fa a les formes subterrànies del carst –coves i avencs– l'arxipèlag ha estat objecte de diverses campanyes espeleològiques, entre les quals cal remarcar les exploracions pioneres encapçalades per Montoriol-Pous (1961, 1971, 1972). Un catàleg espeleològic actualitzat fou publicat per Trias (1993), amb diverses aportacions posteriors que el complementen (Alcover *et al.*, 1997; Trias *et al.*, 2009). Recentment ha estat elaborada per part d'Encinas (2014) una exhaustiva catalogació de les cavitats de l'arxipèlag, que és reproduïda sense cap aportació addicional per Robledo *et al.* (2016).

Resulta molt il·lustratiu consultar la Fig. 14 per fer-se una idea clara de les característiques de les cavitats subterrànies del conjunt de l'arxipèlag. D'un total de 80 cavitats considerades, es pot observar que les dues categories que hem qualificat com a *balms* i *coves marines* són amb molt d'avantatge les tipologies més abundants, amb 35 i 32 localitats respectivament que suposen conjuntament el 84% dels fenòmens subterrànies coneguts. Les cavitats lligades als processos de carstificació són molt poc nombroses, totalitzant només 9 localitats subterrànies entre *coves* i *avencs* de gènesi càrstica; finalment completen aquesta distribució 4 cavitats més pertanyents a altres dues categories, com són els cruïssos o *avencs mecànics* i algunes *cavitats artificials*. A la llum del que es coneix fins ara, es pot concloure que les cavitats càrstiques de Cabrera són realment escasses i de dimensions modestes, de tal manera que afirmacions de caire gairebé periodístic com les de Robledo *et al.*, (2016), que qualifiquen l'arxipèlag com a un "paradis subterrani", resulten del tot exagerades i sense cap fonament. Dins aquest context, la relativa pobresa del patrimoni subterrani d'aquests territoris, així com el poc espectacular modelat superficial del rocam carbonatat, fan que les referències al carst de Cabrera siguin gairebé inexistentes en els manuals generals sobre aquesta matèria.

TIPUS DE CAVITATS

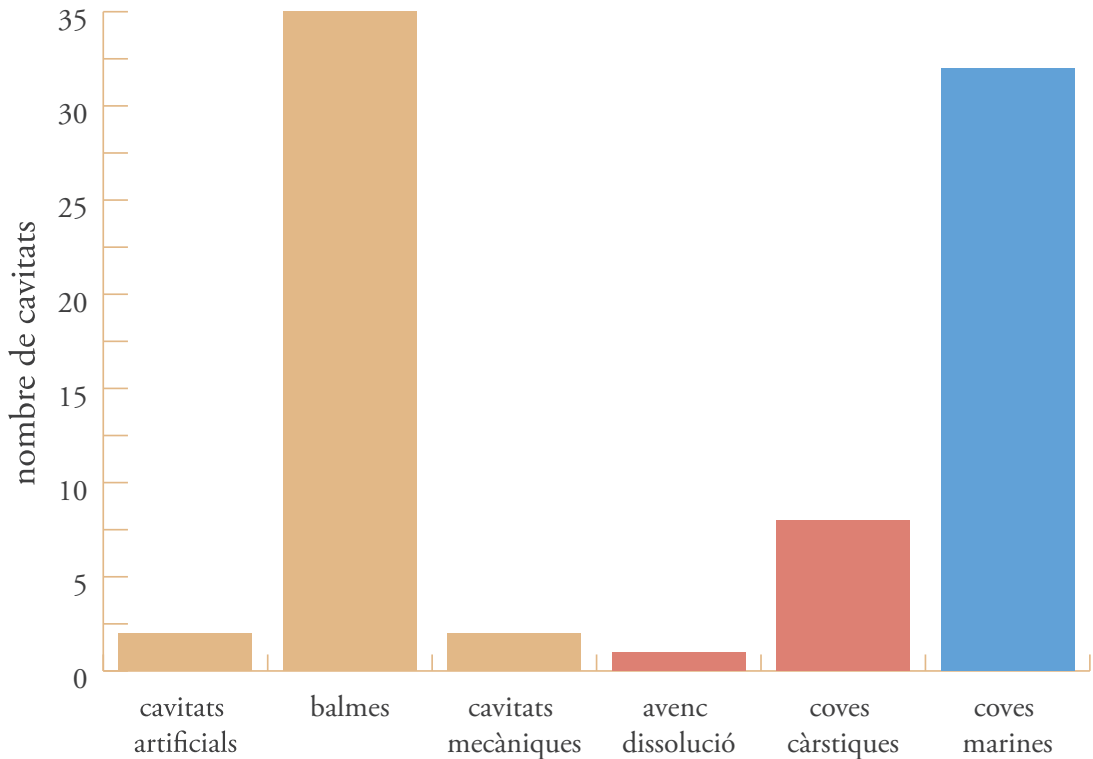


Figura 14 Distribució quantitativa dels tipus de cavitats subterrànies de l'arxipèlag de Cabrera (n= 80).

Les coves més destacables de l'illa major són sens dubte la Cova des Frare (o Avenc des Frare) i la Cova des Burrí, ambdues amb sales de notable volum, i la Cova des Penyal Blanc (també coneguda com a Cova des Mort) que és la cavitat de major desenvolupament –amb un recorregut d'uns 320 m de galeries i sales– la qual a més assoleix un desnivell de 45 m, el major de l'arxipèlag. Quant a la seva morfologia, les dues primeres coves citades corresponen a grans sales d'esfondrament (Trias, 1993), mentre que a la Cova des Penyal Blanc es poden reconèixer un conjunt de galeries que possiblement han tingut en el passat funcions de drenatge (Alcover *et al.*, 1997). Altres cavitats de relatiu interès són per exemple la Cova des Cap Ventós, així com l'Avenc d'en Picamosques que consisteix en un avenc de dissolució que arriba als 26 m de fondària (Montoriol-Pous, 1961). Algunes cavitats càrstiques de les dues illes majors presenten llacs d'aigües salabroses que ocupen les seves cotes inferiors, tal i com succeeix a la Cova de sa Llumeta (sa Conillera) o la ja referida Cova des Burrí, a Cabrera Gran. Menció apart mereix la Cova Blava, la més famosa de l'arxipèlag, encara que es tracta d'una cova de gènesi exclusivament marina.

Tot al llarg del litoral sovintegen els buits i cavitats, de possible origen càrstic, que han estat tallats per l'evolució dels espadats costaners, donant lloc a un seguit de formes com arcs i ponts existents a la línia de costa, o simplement buits amb farciments de dipòsits estalagmítics que apareixen penjats en alguns penya-segats litorals. Aquests fenòmens són descrits per Robledo *et al.*, (2016) dins de l'apartat que aquests autors dediquen al *paleocarst*, emprant aquest terme per referir-se a formes càrstiques no funcionals i de relativa antiguitat; aquesta utilització s'allunya del concepte estricte de *paleocarst*, que designa morfologies de origen càrstic les quals es troben fossilitzades per materials geològics més recents dins del registre sedimentari d'una àrea determinada (Bosak *et al.*, 1989). Bons exemples d'aquestes interferències entre el modelat càrstic i el sistema morfogenètic litoral són, entre d'altres, sa Foradada de l'Illa des Conills i la Cova de ses Roses, a Cabrera Gran, ambdues descrites per Montoriol-Pous (1971, 1972).

LES AIGÜES SUBTERRÀNIES

La naturalesa calcària d'una bona part de les dues illes principals de l'arxipèlag, juntament amb els processos de carstificació que han tingut lloc en la seva història geològica més recent, han propiciat l'existència d'aqüífers subterranis sobretot dins els materials carbonatats del Juràssic inferior (Morales *et al.*, 2016). No obstant això, el clima semi-àrid que actualment caracteritza Cabrera –amb unes precipitacions mitjanes de 380 mm/any (Guijarro, 1993)– fa que els recursos hídrics subterranis siguin molt escassos, encara que suficients per a la sostenibilitat de les instal·lacions del Parc Nacional.

En el cas de sa Conillera, i malgrat la petita extensió superficial de l'illa, la Cova de sa Llumeta permet accedir a una delgada capa d'aigua gairebé dolça, que ja fou aprofitada pels navegants de l'època clàssica (Trias, 1993). La Cabrera Gran mostra una situació molt més complexa, ja que s'observa una juxtaposició de clapes de materials carbonatats intercalats entre materials de naturalesa margosa o margo-calcària. Així, com a resultat de la notable compartimentació litològica del substrat rocós de l'illa (Sàbat *et al.*, 1993), ens trobem amb un conjunt d'aqüífers costaners d'extensió reduïda en les roques carbonàtiques del Juràssic inferior; en la majoria dels casos, aquests petits aquífers drenen directament cap a la mar mitjançant petites surgències litorals, com les existents en el Cap Xoriguer, Cap Ventós, la Punta des Burri, o la Fonteta de l'Olló.

Els aquífers més importants es localitzen tant al sector occidental, que compta amb alguna surgència costanera als espadats de la zona de na Picamosques, com a la part central de l'illa on es localitza la fonteta de Can Feliu que aporta un cabdal minso de devers 0,5 L/s (Morales *et al.*, 2016). Aquest sector central té la seva recàrrega en les elevacions de la Serra des Canal de ses Figueres i de na Miranda que nodreixen, a més del compartiment Juràssic, un altre aquífer de caràcter detrític en els al·luvions quaternaris de la vall que s'estén entre es Celler i sa Platgeta, a la part més interna de la badia del Port. Precisament a les immediacions d'es Celler es localitza un sondeig, que explota tant l'aquífer superficial quaternari com els recursos hídrics dels carbonats juràssics infra-jacents; aquest sondeig fou perforat, a mitjans del segle passat, per a l'abastiment de les instal·lacions militars. Malgrat les escasses precipitacions que cauen sobre l'arxipèlag, la intensa evapotranspiració que té lloc en aquest context bioclimàtic semi-àrid i la limitada infiltració eficaç que en resulta, existeix en l'illa major una descàrrega hídrica neta cap a la mar, afavorida per la dèbil pressió humana que s'exerceix sobre els seus recursos hídrics.

EPÍLEG

La fisiografia de Cabrera està del tot controlada per la posició actual del nivell de la Mediterrània, que condiciona l'extensió superficial de les terres emergides i l'actuació sobre elles d'un conjunt de sistemes d'erosió ajustats a aquesta posició relativa del nivell marí holocènic. Aquest fet inqüestionable té clares connotacions paleoclimàtiques, ja que la variabilitat del nivell de la mar durant el Quaternari està lligada a l'alternança de períodes glacials i interglacials al llarg de la història geològica recent.

El substrat geològic de roques sedimentàries –majoritàriament carbonàtiques– ha estat sotmès a l'actuació de una tríada de modelats, dels quals el més rellevant és la dinàmica erosiva que té lloc a la franja litoral, modelat que és omnipresent a totes les illes i illots. La xarxa hidrogràfica superficial, lligada al sistema d'erosió fluvial, tan sols és susceptible de ser reconeguda a Cabrera Gran, que hostatja, així mateix, les formes més representatives del modelat càrstic dins del conjunt d'aquests territoris insulars. El paisatge geomòrfic resultant cal interpretar-lo des d'una perspectiva pluricausal, que consideri l'arxipèlag com una cruïlla de modelats diversos que interactuen durant els darrers milions d'anys, amb la complicació addicional que suposa la inestabilitat espacial i temporal del nivell de base, representat per la posició del nivell marí en cada moment i els controls de tipus estructural. Les dades quantitatives i qualitatives aportades en aquest treball pretenen aportar informacions que il·lustrin la dialèctica que s'estableix entre els modelats enunciats, que es materialitza en un conjunt de interferències entre l'erosió litoral, la evolució de la xarxa fluvial,

la dinàmica de vessants associada a ambdós sistemes d'erosió, sense oblidar, finalment, el modelat càrstic i la hidrologia subterrània que es dona a les roques carbonàtiques. És problemàtic intentar establir la importància relativa dels sistemes morfogènètics implicats, encara que els modelats litoral i fluvial semblen el més determinants, amb una incidència clara però no significativa dels processos de carstificació.

AGRAÏMENTS

Les informacions cartogràfiques de l'arxipèlag de Cabrera, que han servit de base per a l'elaboració d'aquest treball, han estat gentilment subministrades per l'Institut Municipal d'Innovació (IMI), de l'Ajuntament de Palma; cal agrair a D. José Manuel Miñano –cap del Departament de Cartografia de l'IMI–, i per extensió a tot el personal del citat departament, la seva implicació en el coneixement geogràfic d'aquests territoris pertanyents al terme municipal de Palma. Aquestes tasques s'emmarquen dins del projecte d'investigació CGL2016-79246-P (AEI-FEDER, UE) sobre carst litoral i canvis del nivell marí a Mallorca.

REFERÈNCIES

- Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). 1993. *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 778 pp.
- Alcover, J.A., Font, A. i Trias, M. 1997. Primera troballa de fauna vertebrada pliocènica a Cabrera. *Endins*, 21: 79-82.
- Bosak, P., Ford, D.C. i Glazek, J. 1989. Terminology. In: Bosak, P. (ed.). *Paleokarst. A systematic and regional review*. Academia, Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences. Praga. 25-32.
- Encinas, J.A. 2014. *Corpus Cavernario Mayoricense*. El Gall Editor, Pollença. 1355 pp.
- Ginés, A. 1993. IX. Morfologies exocàrstiques. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 153-160.
- Ginés, A. 2009. Karrenfield landscapes and karren landforms. In: Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. i Dreybrodt, W. (eds.). *Karst rock features. Karren sculpturing*. Založba ZRC. Institut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna. Carsologica, 9. Ljubljana. 13-24.
- GOB (Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa). 1990. *L'arxipèlag de Cabrera, un Parc Nacional en litigi*. Editorial Moll, Palma. 181 pp.
- Gómez-Pujol, L. 2006. Karren litoral i bioerosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca: resum de les principals contribucions de la tesi doctoral "Patrons, taxes i formes d'erosió a les costes rocoses carbonatades de Mallorca". *Endins*, 30: 121-134.
- Guijarro, J.A. 1993. X. Climatologia. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 161-174.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56: 275-370.
- Martínez-Rius, A., Rodríguez-Fernández, R., Pedrera, A. i Gordiola, P. 2018. *Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Guía Geológica*. In: Rodríguez-Fernández, R. (ed.). Guías Geológicas de Parques Nacionales. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 206 pp.
- Montoriol-Pous, J. 1961. El karst de la isla de Cabrera. *Speleon*, 12 (1-2): 5-34.
- Montoriol-Pous, J. 1971. Nota sobre la gènesis de la Foradada (Conejera, Balears). *Geo y Bio Karst*, 28: 17-19.
- Montoriol-Pous, J. 1972. Estudio de una captura kárstico-marina en la isla de Cabrera. *Acta Geológica Hispánica*, 6 (4): 89-91.
- Morales, R., Robledo, P.A., Durán, J.J. i Castro, A. 2016. Capítulo 6: Las aguas subterráneas en el archipiélago de Cabrera. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 143-170.
- Ordinas, A. 2016. Capítulo 13: El reflejo de la gea, el paisaje y la vida en la toponimia del Parque Nacional de Cabrera. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 341-362.
- Rita, J., Ballesteros, E., Ginés, A., McMinn, M. i Pérez, V. 2016. Capítulo 8: Tejiendo naturaleza: el archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la gea, la fauna y la flora. In: Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 201-231.
- Robledo, P.A. (ed.). 2016. *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 383 pp.
- Robledo, P.A., Durán, J.J., Tienda, A. i Castañer, R. 2016. Capítulo 7: El agua y el karst: los escultores del relieve. In:

- Robledo, P.A. (ed.). *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Instituto Geológico y Minero de España - Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 171-200.
- Rodríguez-Perea, A. i Servera, J. 1993. II. Geomorfologia. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 33-60.
- Rosselló Verger, V.M. 1964. *Mallorca. El Sur y Sureste*. Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación de Palma de Mallorca. Gráficas Miramar, Palma. 53-57.
- Rosselló Verger, V.M. 1995. Les cales: un fet geomòrfic epònim de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 38: 167-180.
- Rosselló Verger, V.M. 2005. Cala, una mesoforma litoral: concepte, models i aproximació morfomètrica. *Cuadernos de Geografía*, 7: 1-18.
- Sàbat, F., Santanach, P. i Casas, J.M. 1993. III. Estructura geològica. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 61-77.
- Servera, J. 1993. I. Generalitats fisiogràfiques. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 25-32.
- Strahler, A.N. 1964. Quantitative analysis of drainage basins and channel networks. *In: Chow, V.T. (ed.) Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill. New York. 4: 39-76.
- Trias, M. 1993. VIII. Catàleg espeleològic. *In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll - CSIC. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2. Palma. 131-152.
- Trias, M., Ramis, D., Riera, M., Llovera, P., Salom, J. i Riera, M.M. 2009. Noves aportacions al coneixement de la Cabrera prehistòrica (Illes Balears). *Endins*, 33: 125-138.