

# Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca

Pau BALAGUER

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Balaguer, P. 2007. Inventari quantitatiu de les costes rocoses de Mallorca. *In*: Pons, G.X. i Vicens, D. (Edit.). Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 14: 201-230. ISBN 84-96376-13-3. Palma de Mallorca.

En aquest treball es descriuen les principals característiques de les costes rocoses de Mallorca d'acord amb la seva forma, altura i litologia. La longitud total de la línia de costa de Mallorca s'ha establert en 626 km, aquesta longitud no comprèn els illots propers ni les estructures artificials construïdes a l'interior dels ports i clubs nàutics. Les costes rocoses són el 81% del total de la costa de Mallorca, les costes formades per materials no consolidats suposen el 9% i les línies de costa modificades per l'home el 10%. La disposició i forma de les costes guarden una estreta relació amb les unitats de relleu a la qual pertanyen, per aquest motiu, s'han analitzat les característiques de les costes rocoses que conformen els litorals de la Serra de Tramuntana, Serres de Llevant, relleus tabulars postorogènics i de les conques postorogèniques.

**Paraules clau:** *costa rocosa, classificació de costes, anàlisi quantitatiu.*

QUANTITATIVE INVENTORY OF ROCKY COAST OF MALLORCA. In this work there are described the principal characteristics of the rocky coasts of Mallorca of agreement with its form, height and litology. The total length of the Mallorca coastline has been established in 626 km, this extension includes neither the nearby islands nor the man-made structures constructed inside ports and marinas. Rock coasts occupy 81% of the whole of the coast of Mallorca, the coasts formed by unconsolidated materials there suppose 9% and the lines of coast modified by the man 10%. The disposition and the form of the coasts have a narrow relationship with the unit of relief to which they belong, for this reason, there have been analyzed the characteristics of the rocky coasts developed on Serra de Tramuntana, Serres de Llevant, tabular post-orogenic platforms and post-orogenic basins.

**Keywords:** *Rock coast, coast classification, quantitative analysis.*

Dept. de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Cra. Valldemossa, km 7,5. Edifici Guillem Colom. 07122. Palma de Mallorca (Balears). e-mail: [vdctpbh4@uib.es](mailto:vdctpbh4@uib.es)

La figura de Joan Cuerda és un referent mundial a l'estudi del Quaternari, la gran quantitat de publicacions (entorn a 116) en forma d'articles i llibres donen fe de la important aportació d'aquesta figura científica i de la influència exercida sobre importants investigadors del nostre temps. Els seus estudis basats en datacions ecoestratigràfiques dels jaciments litorals quaternaris de les Balears serveixen de referència als investigadors actuals per a corroborar o modificar alguns aspectes a partir de datacions radiomètriques. Vaig tenir l'oportunitat de visitar la seva casa i observar la seva col·lecció de fòssils l'any 1999 amb motiu del curs "Els Fòssils una mirada al passat per a entendre el futur" organitzat per la Societat d'Història Natural de les Balears, a on vaig poder comprovar l'entorn en el qual s'havia elaborat "Los Tiempos Cuaternarios de Baleares" obra de referència obligada durant els meus estudis de geografia a la UIB És per això que considero un privilegi poder participar en un llibre homenatge a un dels referents i pioners de l'estudi del Quaternari a l'Estat Espanyol.

## Introducció

Les zones costaneres són zones limítrofes entre els ambients subaeris i ambients marins. Aquesta condició de gradient i d'equilibri entre ambdós ambients prou diferenciats, confereix a la costa un caràcter dinàmic. Segons Carter (1988) les zones costaneres estan caracteritzades segons criteris físics, biològics o culturals i aquests no tenen perquè coincidir, la qual cosa, contribueix a conferir una pluralitat que es tradueix en tota una sèrie de dificultats a l'hora de definir-la.

Aquestes característiques impliquen que la influència dels factors marins no serà la mateixa en una costa espadada que en una costa baixa i amb un pendent suau que en una costa espadada elevades. En el cas de Mallorca el gradient establert entre ambdós factors presenta prou diferències depenent de la vessant litoral, la zona costanera de la Serra de Tramuntana, amb predominància de costes espadades de perfil vertical i còncau dona poc marge de penetració terra endins als factors de caire marí (humitat, salinitat, gradient tèrmic, caracterització biològica, etc.), en canvi les zones litorals localitzades en els fons de les grans badies, caracteritzades per presentar costes baixes de tipus còncau i esglaonat, permeten una major penetració dels factors marins cap a l'interior, establint-se així una frontera-gradient o àrea d'influència entre els factors marins i subaeris més ampli.

A Mallorca l'home ha tingut una relació quasi bé obligada amb la línia de costa, entre d'altres raons, la més important, és la condició d'insularitat del territori. En un principi la costa era refusada per ésser considerada com a un territori perillós davant possibles invasors i també perquè les seves terres eren de baix rendiment productiu. Els assentaments litorals pre-turístics de Ma-

llorca (abans de la segona meitat dels anys 50 del segle XX), eren molt localitzats. Amb l'arribada del turisme de masses, la costa s'anà convertint en un actiu de primer ordre. Avui en dia la costa de les nostres illes és un recurs disponible per a tots i forma part del pilar bàsic de la nostra economia.

Donada la seva complexitat, abans d'estudiar i entendre els processos que afecten la línia de costa, es precis descriure l'àmbit en el qual es desenvoluparan les nostres investigacions. D'acord amb això, considerem necessari la realització d'un estudi de classificació de les costes rocoses de Mallorca com a primer pas per intentar esbrinar alguns aspectes sobre la seva dinàmica i evolució.

En aquest capítol s'exposen els resultats obtinguts a partir d'una anàlisi quantitativa dels tipus de costes rocoses de l'illa de Mallorca. Cal assenyalar que l'estudi i mostreig també ha contemplat les costes formades per materials no consolidats (litorals de platja, sistemes platja-duna i platges de còdols) però que no han sigut caracteritzades ja que, almenys pel que fa referència a les costes arenoses han sigut estudiades a fons per Servera (1997).

## criteris de classificació

Els criteris de classificació de les costes és en funció de la seva forma, altura i litologia. Les formes assenyalades a la figura 1 tenen una estreta relació amb els processos que han intervingut en el seu modelat, depenent de la litologia i de la seva disposició estructural. Aquests processos, que han donat una certa identitat a les nostres costes, es divideixen en dos grans grups: processos marins i processos subaeris. El grau d'intensitat amb el qual han operat algun d'aquests processos es reflecteix a les sis morfologies

proposades (Fig. 1) per Emery i Kuhn (1982) i Trenhaile (1987):

- Costes amb perfil vertical (forma 1, Fig. 1). Els processos marins són dominants independentment de la duresa dels materials que conformen la línia de costa.

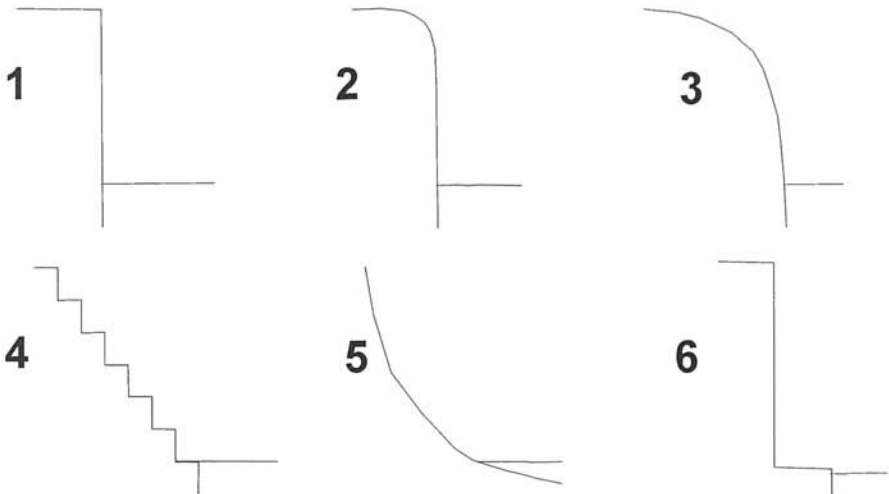
- Costes amb perfil vertical amb la part superior convexa (forma 2, Fig. 1). Els processos subaeris actuen amb una certa intensitat, però els processos marins continuen essent determinants a l'hora de configurar la fesomia de la línia de costa. Els exemples més clars s'observen allà a on els materials més resistents es troben a la base.

- Costes amb perfil convex (forma 3, Fig. 1). En aquests casos existeix una certa equitat entre els processos marins i subaeris.

Les costes constituïdes per materials homogenis constitueixen els millors exemples.

- Costes amb perfil esglaonat (forma 4, Fig. 1). Es solen manifestar a les costes formades per materials amb diferent resistència front als agents erosius. En el cas de Mallorca, aquests tipus de costes són l'empremta deixada per la successió dels canvis del nivell de la mar, associats a les glaciacions del Quaternari, en forma de rases d'abrasió penjades a diferents altures sobre el nivell de la mar.

- Costes amb perfil còncav (forma 5, Fig. 1). Es manifesten quan els processos subaeris prevaleixen sobre els marins. A Mallorca, aquests tipus de morfologies, es desenvolupen sobre els nivells d'eolianites Quaternàries disposades, de forma adossa-



**Fig. 1.** Tipus de formes proposades per a la classificació de costes rocoses de Mallorca. 1.- costes amb perfil vertical; 2.- costes amb perfil vertical amb la part superior convex; 3.- costes de perfil convex; 4.- costes amb perfil esglaonat; 5.- costes amb perfil còncav; 6.- costes amb perfil vertical associats a una rasa d'abrasió heretada. A partir d'Emery i Kuhn (1982) i Trenhaile (1987).

*Fig. 1. Types of propose forms for the classification of the rocky coasts of Majorca. 1. - Coasts of vertical profile; 2. - coasts of vertical and convex profile; 3. - coasts of convex profile; 4. - coasts of stepped profile; 5. - coasts of concave profile; 6. - coasts of vertical perfil with an inherited shore platform. Extracted of Emery & Kuhn (1982) and Trenhaile (1987).*

da, sobre paleo-penya-segats, normalment formats per les calcàries i calcarenites del Miocè Superior.

- Costes amb perfil vertical associats a una rasa d'abració heretada (forma 6, Fig. 1) responen a un tipus de costa específica molt comuna a les costes formades pels materials carbonatats postorogènics del Miocè Superior. Aquestes tenen una elevada densitat en el sector comprès entre Cala Màrmols i les Cales de Manacor. En molts de casos la rasa sol respondre al contacte entre les calcàries massives del Complex Escullós i les calcarenites pròpies del Complex Terminal, o bé, a diferències en les característiques texturals dels materials d'ambdues unitats.

Les altures considerades són de 0 a 3 m, de 3 a 5 m, de 5 a 15 m, de 15 a 30 m, 30 a 60 m, 60 a 120 m i majors de 120 m. El criteri de distribució de les altures s'ha elaborat a partir de les classificacions de les costes de Mallorca de Butzer (1962) i Rosselló (1964, 1975) que estableixen el límit entre costes altes i costes baixes a partir dels 3 m d'altura.

### Mètode

La classificació de les costes rocoses de Mallorca segons els criteris establerts, s'ha realitzat a partir de l'observació directa al camp i la utilització de la fotografia obliqua

Forma	Extensió (km)	%	Altura (m)	Extensió (km)	%
vertical	184,9	29	0-3	94,8	15,2
vertical + convex	34,1	5,4	3-15	135,2	21,6
convex	79,2	12,6	15-30	137,8	22,3
esglaonat	93,2	14,9	30-60	64,9	10,4
còncav	103,8	16,6	60-120	38,8	6,2
vertical + rasa	9,5	1,6	> 120	33,1	5,3
Antròpic	62,5	10			
no consolidat	58,7	9,9			

Materials	Extensió (km)	%	Materials	Extensió (km)	%
Quaternari	128,8	20,5	Juràssic Dogger-Malm	13,7	2,2
Pliocè	0,7	0,1	Juràssic Lias	152,4	24,2
Miocè Superior	117,7	18,8	Triàsic Retià	24,3	3,9
Miocè Mitjà	13,5	2,2	Triàsic Keuper	11,5	1,8
Miocè Inferior	7,1	1,1	Triàsic Muschelkalk	6,8	1,1
Oligocè	5,1	0,7	Triàsic Buntsandstein	11,4	1,8
Eocè	1,2	0,2	Paleozoic Carbonífer	0,06	0,01
Cretaci	10,2	1,5	<b>Total</b>	<b>504,68</b>	<b>80,11</b>

**Taula 1.** Longitud de les costes rocoses de Mallorca segons la forma, altura i edat dels materials. Cal tenir en compte que els percentatges s'han calculat segons la longitud total de la costa de Mallorca (626 km).

*Table 1.* Length of the rocky coasts of Majorca according to the form, height and age of the materials. Percentages has calculated on the basis of the length overall of the coast of Majorca (626 km).

de la costa de Mallorca realitzades durant l'any 2001 pel Departament de Demarcació de Costes de les Balears. Les dades obtingudes s'han anotat a la cartografia d'escala 1/5.000 del Govern de les Illes Balears.

Per calcular les extensions de cada un dels tipus de costa, s'ha utilitzat el programa Arc View de tractament i anàlisi cartogràfica. Un cop obtingudes les dades quantitatives de longitud de cada un dels tipus de costa, s'han traslladat a un full de càlcul, en què s'han agrupat les dades en cinc columnes en les que es reflecteix: a) el full UTM (escala 1/5.000) en el qual s'han realitzat les mesures, b) el tipus de morfologia de cada tram de costa, c) longitud (m) de la morfologia, d) el tipus d'estructura, e) la litologia i f) l'altura. L'organització de les dades dins del full de càlcul ens ha permès relacionar, amb major facilitat, les variables tractades.

## Resultats

L'illa de Mallorca té 626 km lineals de costa, un 81% de les costes són considerades costes rocoses. Més de la meitat de les costes de Mallorca poden ésser considerades com a costes altes (altures majors a 3 m). Les formes adoptades més comuns són les de perfil vertical, còncau, esglaonat i convex. Els materials que conformen al voltant del 60% del litoral mallorquí són, de major a menor importància, calcàries i dolomies del Juràssic Inferior (Lias), dipòsits d'eolianites, bretxes, conglomerats, arenes i argiles del Quaternari i calcàries i calcarenites del Miocè Superior.

Cal tenir en compte que la longitud i característiques de la línia de costa de les illes i illots que envolten Mallorca i l'arxipèlag de Cabrera no s'ha comptabilitzat en aquest treball. La longitud de les illes i illots (excepte l'arxipèlag de Cabrera) és de

39,5 km lineals de costa. Si consideram els litorals corresponents a les illes i illots propers i la totalitat de les estructures artificials construïdes a l'interior dels ports com a part de la línia de costa de Mallorca, s'obté que la longitud actual de la costa és de 721 km.

## Característiques generals de les costes de Mallorca

La longitud de les costes rocoses de Mallorca segons l'altura, forma, disposició i edat dels materials es reflexa a la Taula 1. Les costes antropitzades, enteses com a aquelles en les que l'activitat humana ha modificat el seu traçat, són esmentades amb més detall a les següents línies.

### *Les costes antropitzades*

Entenem com a costes antropitzades aquelles en les que l'activitat humana ha modificat la seva línia de costa, és a dir, el contacte de la mar i la terra. Aquests tipus de costa, amb els seus traçats modificats per materials de construcció amb un comportament molt paregut al de les costes rocoses, tenen una longitud de 62,5 km el que representa el 10% del total de la línia de costa. Les modificacions efectuades per l'home són en forma de diacs, passeigs marítims, esculleres, murs de contenció i ports esportius, aquestes construccions i obres públiques es realitzen amb la finalitat de prevenir els riscos d'inundació i desmantellament del relleu litoral, esplai, lleure, turístic i esportiu. Els materials emprats normalment per a construir aquests equipaments són el ciment, formigó, fragments rocosos, metalls i fusta, els dos darrers solen ésser emprats com a elements d'ornamentació als passeigs marítims i ports esportius en forma de passadissos i elements d'il·luminació. Les zones que presenten una modificació més notable i intensa de la línia de costa són:

a) Les zones de la Badia de Palma que engloba part dels municipis de Calvià, Palma i Lluçmajor en els que s'han construït diversos ports esportius, el port comercial de Palma, passeigs marítims i esculleres de protecció de vials o platges.

b) Alguns punts de la costa del Llevant de Mallorca com els casos de Portopetro (Santanyí), Portocolom (Felanitx), Portocristo (Manacor) en els que s'han construït dics i esculleres i s'han aprofitat l'interior d'algunes cales per la construcció de petits molls i ports esportius.

c) La Badia de Cala Millor que engloba part dels litorals de Son Servera i Sant Llorenç, en els que trobem un petit port, passeigs marítims i esculleres de protecció de platges.

d) La zona de Cala Rajada (Capdepera) al Nord-est de l'illa en la qual s'ha modificat a partir de la construcció d'un passeig marítim i construcció d'un port esportiu i de pescadors.

e) La Badia d'Alcúdia amb litorals pertanyents als municipis d'Artà, Santa Margalida, Muro i Alcúdia, amb la presència de varis ports esportius, dics de platja i de desembocadura de torrent i el port comercial d'Alcúdia.

f) La Badia de Pollença que engloba zones costaneres dels municipis d'Alcúdia i Pollença i en la que s'observa la presència de passeigs marítims, ports esportius i una base militar de l'exèrcit de l'aire.

g) El Port de Sóller, dins del qual hi ha dics de protecció de platja i un port esportiu.

h) Alguns sectors de la costa sudoccidental de Mallorca, entorn als municipis d'Andratx i Calvià, els exemples més notables són el Port d'Andratx, Cala Fornells, Santa Ponça i El Toro a on s'han construït esculleres de protecció de platges, dics, passeigs marítims i ports esportius.

## **Les costes de les unitats de relleu de Mallorca**

La disposició de les diferents unitats de relleu de les que es compona l'illa de Mallorca permet diferenciar àrees constituïdes per materials afectats per deformacions orogèniques (orogènia Alpina) i àrees conformades per materials postorogènics, no afectats per processos orogènics. La Serra de Tramuntana, Unitat d'Alcúdia i Serres de Llevant, conformen, a grans trets, el primer tipus d'àrees. Les conques postorogèniques de Inca-Sa Pobla, Campos i Palma i els relleus tabulars postorogènics conformats per materials corresponents al Miocè Superior (en el Migjorn i Llevant de l'illa) i Pliocè i Miocè Superior (a les immediacions del Cap de Cala Figuera, El Toro i Magalluf) representarien el segon tipus d'àrees. Per tant, les zones costaneres presentaran prou diferències segons la unitat de relleu a la que pertanyin i segons els materials que la conformin.

Dels 626 km totals de línia de costa de Mallorca, incloses les costes formades per materials no consolidats, antropitzades i rocoses, 239,8 km (38,3%) pertanyen a les costes corresponents a la Serra de Tramuntana, 54,5 km (8,7%) es corresponen a la vessant marítima de les Serres de Llevant, 37,6 km (6%) són els corresponents a la Unitat d'Alcúdia, 124,4 km (19,8%) de costa pertanyents a les conques post-orogèniques i 169,5 km (27,1%) restants corresponen a les costes formades per relleus tabulars postorogènics.

### *Les costes de la Serra de Tramuntana*

La Serra de Tramuntana constitueix la unitat de relleu amb una major proporció de línia de costa, els materials que conformen la Serra de Tramuntana afloren de manera

discontinua a l'extrem sudoccidental de la Badia de Palma, a tota la costa sudoccidental de l'illa, tota la vessant nord i a la vessant nordoccidental de la Badia de Pollença. Les costes formades pels materials pertanyents a la Serra de Tramuntana es troben als trams compresos entre la Platja de Cala Major i Punta des Marroig (Badia de Palma, Calvià) i al tram de costa comprès entre la Punta Malgrats (Costa sudoccidental de Mallorca, Calvià) i la Punta de l'Avançada (Badia de Pollença, en el terme municipal de Pollença). Els municipis que formen part d'aquest sector litoral són: Alcúdia, Pollença, Escorca, Sóller, Fornalutx, Deià, Valldemossa, Banyalbufar, Estellençs, Andratx, Calvià i Palma.

La Unitat d'Alcúdia, considerada com a part de la Serra de Tramuntana (del Olmo *et al.*, 1991; Gelabert, 1997) serà tractada per separat respecte de la Serra de Tramuntana degut a una sèrie de divergències respecte la seva organització estructural que històricament ha donat peu a interpretar-la com a part de les Serres de Llevant (Gil, 1994). Els materials corresponents a la Unitat d'Alcúdia afloren a la península d'Alcúdia entre la Punta de Sabellí (Badia de Pollença, terme municipal d'Alcúdia) i les instal·lacions del port comercial d'Alcúdia (Badia d'Alcúdia, Alcúdia). D'acord amb l'establert, en aquest apartat considerarem també a la península d'Alcúdia com una part més de la Serra de Tramuntana, amb certes particularitats que seran esmentades a les següents línies.

El Conjunt format per la Serra de Tramuntana i la Unitat d'Alcúdia tenen 277,4 km de costa que equival al 44,3% del total del litoral mallorquí, de manera que ens trobem davant la unitat de relleu més important, en quant a longitud de línia de costa de Mallorca.

La Serra de Tramuntana es correspon amb un sistema imbricat d'encavalcaments, generalment, dirigits de cap al NW, llur nivell basal el constitueixen les lutites i els guixos del Keuper (Triàsic Superior). És la serralada més gran de les Illes Balears i dins d'ella es troben les majors altures. Els materials que la conformen comprenen des del Paleozoic (Carbonífer) fins al Quaternari. L'estructura i organització dels relleus que conformen la Serra, a partir de la imbricació de sistemes d'encavalcaments amb eixos NE-SW i orientats cap al NW, te les seves conseqüències sobre el traçat de la línia de costa. La tendència general dels relleus és la de presentar fortes pendents a les vessants orientades cap al NW i pendents més suaus a les vessants orientades cap al SE.

Les característiques generals de les costes de la Serra de Tramuntana es caracteritzen per presentar una forta relació entre l'altura, la duresa dels materials, la disposició d'aquests i l'estructura dominant per a cada tram de costa. Els penya-segats majors a 120 m es troben arreu però presenten una forta concentració en el tram comprès entre el Port de Sóller i el Cap de Formentor. Per altra banda les costes més baixes es troben als extrems NE i SW, a l'interior de Cala Fornells, Port d'Andratx, Sant Elm i a l'interior de les badies de Palma i de Pollença en els indrets a on les vessants dels relleus que cabussen cap al SE aboquen a la mar. El 25% de les costes de la Serra de Tramuntana tenen altures inferiors als 15 m, la preponderància de costes espadades a la Serra ha fet que alguns autors (Rosselló, 1975; Barceló, 1992; Servera, 2000) qualifiquessin a aquestes com a una costa brava.

Els materials Quaternaris representen el 4,2% de la línia de costa, aquests es solen trobar al sector sudoccidental i a l'interior d'entrants i cales com és el cas de Cala Vall

de Bóquer, Cala Castell i Cala Sant Vicenç, solen formar relleus adossats als materials secundaris i donar lloc a tipus de costes baixes de perfil còncau degut a la naturalesa olistrostòmica de la major part dels seus materials. Els materials turbidítics del Burdigalià-Langià ocupen el 6,2% del litoral donant lloc a formes còncaves i verticals d'altures mitjanes compreses entre els 30 i els 60 m, s'observa una major presència d'aquests al sector sudoccidental i les zones de depressió entre encavalcaments a les zones d'Escorca i Pollença. Els conglomerats poligènics de l'Aquitanià s'estenen un 3,2% de la costa, donant lloc a costes de perfil vertical en els sectors central, sudoccidental i nordoriental. Els conglomerats, llims, argiles i calcàries de l'Oligocè ocupen el 2,3% de la costa normalment al sector sudo-

oriental amb costes de perfil còncau i altures no superiors als 30 m. Els gresos i conglomerats de l'Eocè donen lloc a costes de perfil vertical i convex, els principals afloraments costaners es troben al sector sudoccidental i a l'interior de Cala Fornells. Les margocalcàries del Cretaci són l'1,6% de la costa de la Serra, es concentren als municipi d'Andratx i Calvià en forma de penya-segats verticals i convexes d'altures normalment compreses entre els 15 i els 30 m. El Dogger-Malm, format per margues i margocalcàries, ocupa el 2,5% del litoral amb litorals de tipus còncau i de perfil vertical d'altures que oscil·len entre els 3 i els 15 m, la major part d'aquestes costes es troba al sector sudoccidental, en els termes municipals d'Andratx i Calvià. Les calcàries del Lias conformen el 50,4% de les costes, es troben

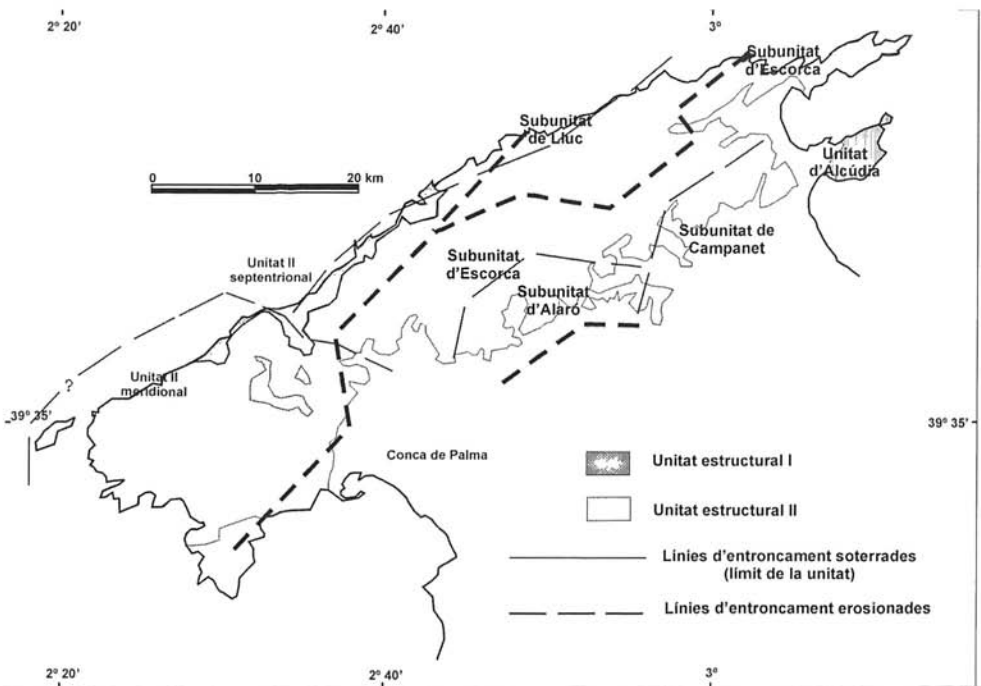


Fig. 2. Unitats estructurals de la Serra de Tramuntana. Segons Gelabert (1997).  
 Fig. 2. Structural units of the Serra de Tramuntana. According to Gelabert (1997).



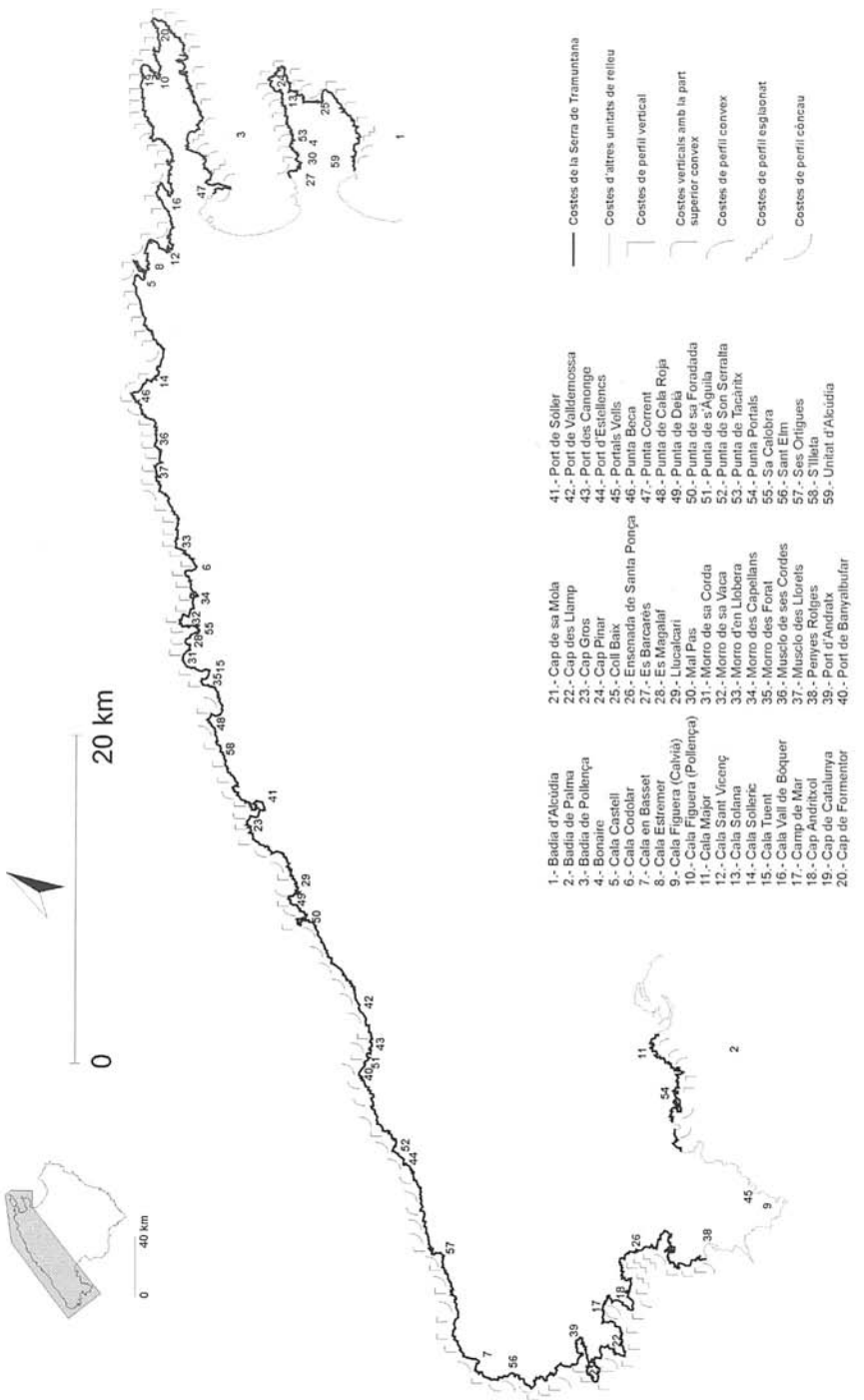


Fig. 3. Distribució de les formes adoptades per les vessants marítimes de la Serra de Tramuntana i Unitat d'Alcúdia (extrem nord-est).  
Fig. 3. Distribution of the marine slope forms of the Serra de Tramuntana and Alcúdia Unit (northeast zone).

arreu del litoral de la Serra però mostren una elevada concentració en forma de penya-segats verticals d'altures compreses entre els 15 i els 400 m al sector comprès entre el Port de Sóller i la Badia de Pollença. L'Infralias o Retià compost per calcàries i carniols suposen el 10%, les costes solen ésser de formes convexes i verticals d'altures superiors als 15 m, es reparteixen per tota la Serra especialment als sectors sudoccidental, central i nordoriental. Les costes formades pels materials corresponents al Triàsic i Carbonífer només es troben en el litoral del sector central de la Serra de Tramuntana. El seu emplaçament tan localitzat, respecte el conjunt de l'illa, es degut a la posició "bassal" de la unitat estructural a la que pertanyen. Les margues, guixos i nivells basàltics del Keuper representen el 5,2%, degut a la feblesa dels seus materials i localització al peu dels fronts d'encavalcaments, solen presentar costes de tipus còncav d'altures variables. Les dolomies i margues del *Muschelkalk* suposen el 3,13% i conformen costes convexes, còncaves i verticals d'altures inferiors als 30 m. Les quarsarenites del *Buntsandstein* conformen el 5,2% del litoral de la Serra en forma de penya-segats còncavs i verticals, la presència de nivells lutífics intercalats entre les quarsarenites i la seva posició basal segurament permet el desenvolupament de costes de perfil còncav. Finalment, les arenisques quarsítiques i lutites grises del Carbonífer únicament afluïren a un petit tram de costa localitzat a sa Cadireta (Valldemossa).

La morfologia, l'altura, composició i disposició dels materials que conformen les costes de la Serra de Tramuntana tenen una estreta relació amb l'organització estructural. Gelabert (1997) considera que la Serra es divideix en dues unitats estructurals (I i II), el límit de les quals ve marcat per una

superfície d'encavalcament que superposa la unitat II a sobre de la I (Fig. 2).

La unitat I aflora al llarg de la costa septentrional des d'Estellencs fins al Port de Sóller (Fig. 2), en aquesta es troben involucrats els materials corresponents al Paleozoic i Triàsic. La línia de costa corresponent a aquesta unitat té un recorregut de 46,3 km, en ella es troben els únics afloraments litorals del Paleozoic i del Triàsic excepte del Keuper que també ho fa de manera molt puntual a la costa de Capdepera. Gairebé la meitat de les costes presenten perfils de tipus còncav, segurament donat per la presència d'encavalcaments de direcció N-S i la presència de lutites intercalades entre els paquets calcaris del Triàsic i Miocè Inferior que, en contacte amb la línia de costa, amb direcció NE-SW, donen lloc a costes en les que sol haver platges de blocs i còdols i cons d'esbaldregament. Els exemples més significatius els tenim al Port des Canonge (Banyalbufar), el tram comprès entre el Racó de s'Algar (Estellencs) i la Pedra de s'Ase (Banyalbufar), platja d'Estellencs (Estellencs), Port de Valldemossa (Valldemossa), Lluçalcari (Deià) i Alconasser (Sóller). Els espadats verticals ocupen una tercera part d'aquest tram de costa, estan formats pels materials del *Buntsandstein*, *Muschelkalk*, Lias i Miocè Inferior, l'altura dels quals no supera en cap cas els 60 m.

La unitat II, superposada sobre de la I, abarca la resta de la Serra de Tramuntana, aquesta unitat es divideix en dos sectors, el meridional i el septentrional (Fig. 2). El sector meridional de la Unitat II es divideix en dos subsectors, el de la zona de na Burguesa-Calvià i el de la zona d'Andratx. El subsector de na Burguesa-Calvià presenten plegaments i encavalcaments amb orientació NE-SW, donant lloc a costes de baixa

altura i morfologia convexa a les vessants que aboquen a la Badia de Palma. La presència del Port d'Andratx, Cala Llamp, d'es Camp de Mar i de Santa Ponça s'han desenvolupat a zones de graben formades a partir de l'orientació NE-SW de principals línies de plegament i fracturació, a més a més la menor resistència dels materials eocens, oligocens i del Miocè Inferior que conformen les valls possibilita la configuració d'aquest tram de costa. No obstant, cal assenyalar la presència de grans penya-segats verticals desenvolupats sobre les calcàries del Lias al Cap de Sa Mola, Cap des Llamp i Cap Andritxol. El subsector d'Andratx es caracteritza per l'orientació N-S de bona part dels seus plecs i encavalcaments, probablement com a conseqüència de la presència de falles mesozoiques amb la mateixa orientació (Gelabert, 1997). Són freqüents les costes espadades d'altures superiors als 15 m de formes convexes, esglaonades i verticals, amb direcció meridiana, constituïdes per les calcàries del Lias, dipòsits turbidítics del Miocè Inferior, gresos i conglomerats de l'Oligocè. Els exemples més clars els trobem als trams compresos entre na Galinda i sa Galera Grossa i entre Cala en Basset i es Morro de sa Rajada, dins del terme municipal d'Andratx.

El sector septentrional de la unitat II es caracteritza per presentar un aflorament massiu dels materials corresponents al Retià i Lias, aquest fet, segons (Gelabert, 1997) es degut a un basculament del basament de cap al SE abans de la deposició de la Unitat Turbidítica de Banyalbufar (Miocè Inferior). L'orientació dels plecs i encavalcaments en aquest sector es NE-SW i es poden seguir els seus eixos al llarg de desenes de quilòmetres. Les costes pertanyents al sector septentrional de la unitat II de la Serra de Tramuntana es caracteritzen per presentar grans espadats,

més de 120 m d'altura (els majors de tota la Serra i de la resta d'illa) i per estar constituïts, quasi bé íntegrament, per les calcàries i carniols del Lias i Retià respectivament. La intersecció dels eixos dels encavalcaments amb la línia de costa dona lloc a la formació d'entrants, cales i arraconades, dels quals, els millors exemples els podem observar al sector nordoccidental entre Punta Beca i el Cap de Formentor (Pollença) aquests són: Cala Solleric, Cala Estremer, Cala Sant Vicenç, Cala Molins, Cala Carbó, Cala Vall de Bóquer, El Llamp, Cala Figuera i Racó del Xot.

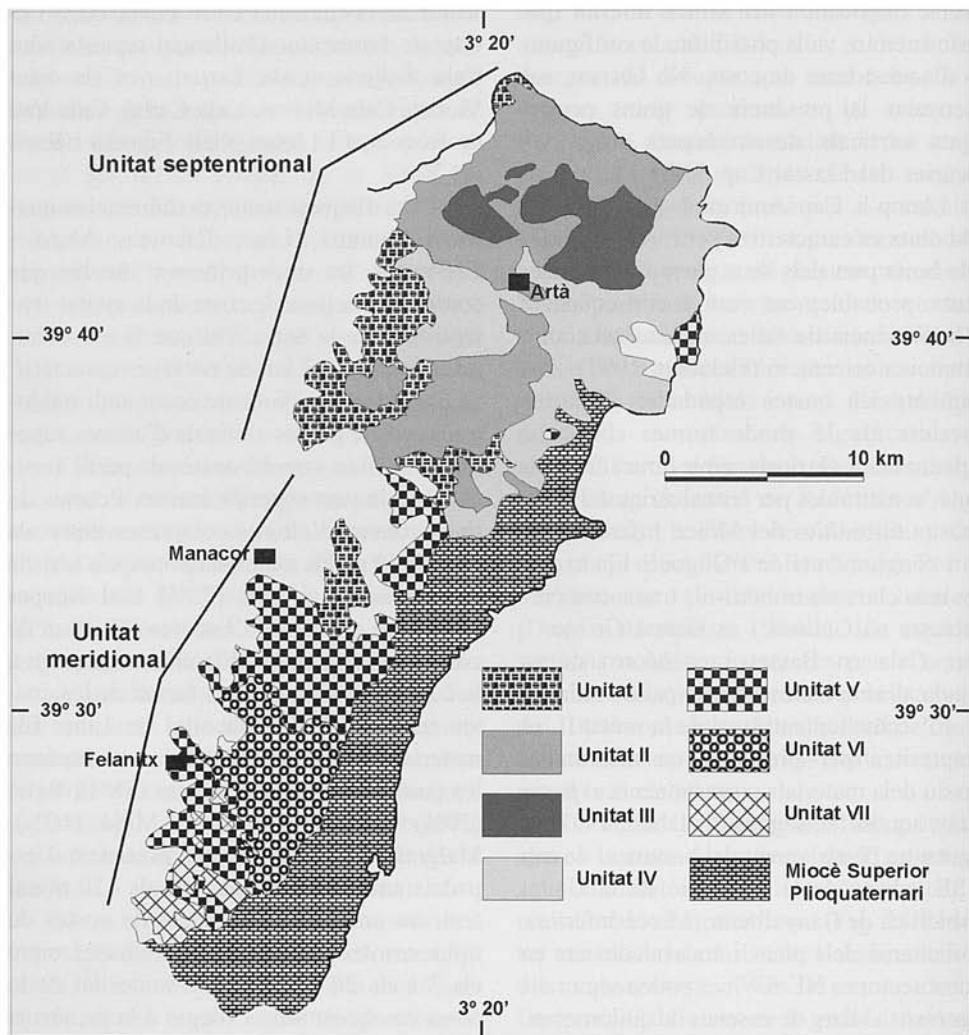
Dins d'aquest sector es diferencien quatre subunitats, Lluc, Escorca, Alaró i Campanet, les dues primeres són les que conformen la línia de costa de la meitat septentrional de la Serra. Pel que fa a la subunitat de Lluc (47 km de costa) es caracteritza per presentar línies de costa amb predominància de perfils verticals d'altures superiors als 30 m i també costes de perfil vertical amb la part superior convex i costes de tipus convex d'altures compreses entre els 15 i els 60 m, els materials principals són els corresponents al Lias (72%) i al Keuper (10%). La subunitat d'Escorca (62,4 km de costa) presenta certes diferències en quant a la composició litològica i forma de les costes respecte de la subunitat de Lluc. Els materials més importants que constitueixen les costes corresponen al Lias (58%), Retià (20%) i Miocè Inferior i Mitjà (10%). Malgrat hi hagi una elevada presència d'espadats amb altures superiors als 120 m cal tenir en compte la presència de costes de tipus convex amb altures compreses entre els 3 i els 30 m, la major sinuositat de la costa en aquest sector (degut a la presència de les cales i arraconades del sector nordoccidental), condiciona la presència de costes més suavitzades de perfil còncau, donant

lloc a àrees urbanes i a una important modificació artificial de certs punts de la línia de costa.

A la Fig. 3 es representa, de forma esquemàtica i generalitzada, la localització dels principals tipus de costa que es desenvolupen a la Serra de Tramuntana i Unitat d'Alcúdia.

La Unitat d'Alcúdia es troba a la península d'Alcúdia o des Cap Pinar que divideix les badies d'Alcúdia i de Pollença, a l'Oest limita amb la conca de Pollença i per l'Oest amb la Conca de Muro-Sa Pobla constituïdes per materials molt més joves.

L'estudi dels aspectes geològics d'aquest sector ha presentat diverses controvèr-



**Fig. 4.** Unitats estructurals de les Serres de Llevant i relleus del Miocè Superior i Plioquaternari segons Sàbat (1986).

*Fig. 4.* Structural units of the Serres de Llevant and reliefs of Upper Miocene and Plioquaternary according to Sàbat (1986).

sies, Fallot (1922) i Escandell i Colom (1961) ja observaren certes anomalies d'aquesta unitat respecte de la Serra de Tramuntana. Per si sola conforma una unitat tectònica que segons del Olmo *et al.* (1991) constitueix la unitat més elevada de les que componen la Serra de Tramuntana malgrat les relacions geomètriques amb aquestes no siguin totalment evidents pareix tenir un solapament amb l'unitat d'Alfàbia-Es

Barracar que ocupa bona part de la vall de Pollença. Gil (1994) admet que geogràficament es troba a la terminació oriental de la Serra de Tramuntana però que el tipus de fàcies corresponents al Juràssic Mitjà i Cretaci Inferior fan que geològicament pertanyin a les Serres de Llevant. Per la seva part Gelabert (1997) considera aquesta unitat com a part de la Serra de Tramuntana i atribueix la discordància estructural i litolò-

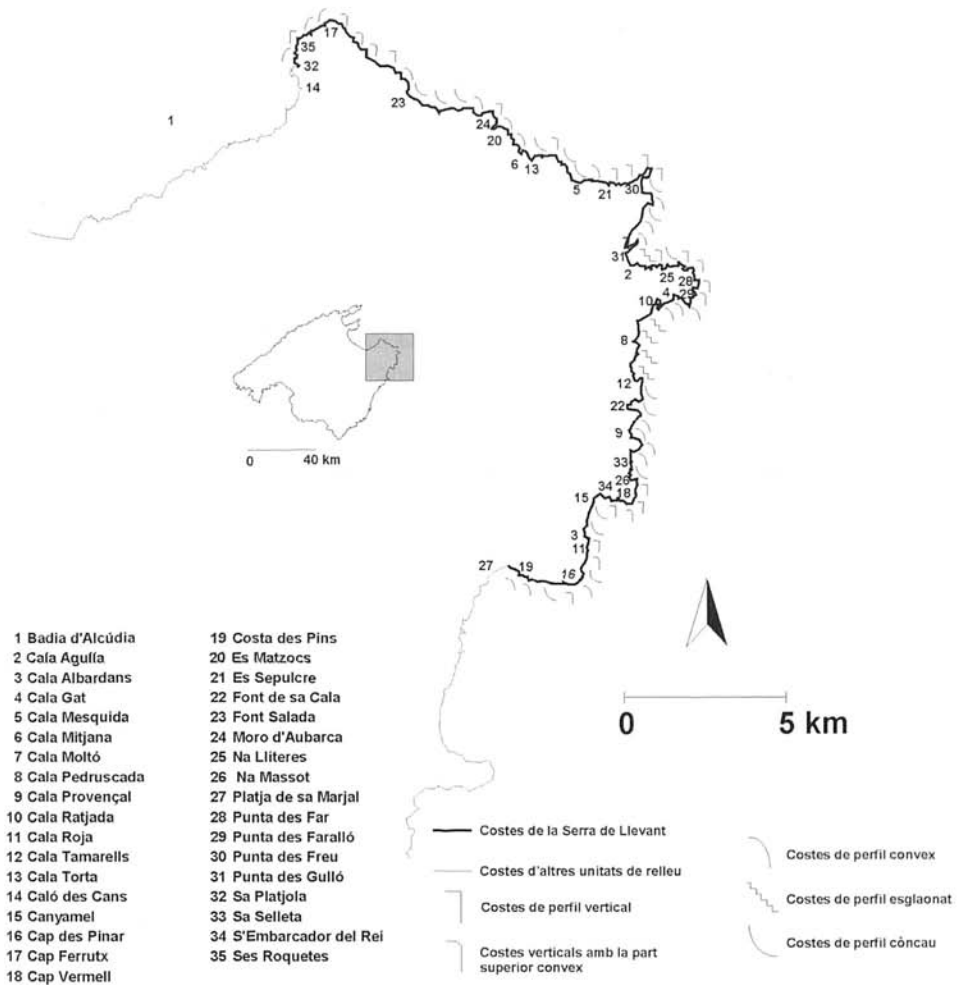


Fig. 5. Distribució de les formes adoptades per les vessants marítimes de les Serres de Llevant.  
 Fig. 5. Distribution of forms adopted by the marine slopes of the Serres de Llevant.

gica respecte aquesta degut a l'existència d'una falla mesozoica N-S, anterior al plegament terciari, que afecta als materials secundaris i que condicionà la direccionalitat N-S dels encavalcaments i la disposició dels materials del Dogger-Malm per sobre del Lias, donant lloc a un cas paregut al de la subunitat d'Andratx (Unitat II meridional).

Les costes formades pels materials pre-orogènics corresponents a aquesta Unitat s'estenen al llarg de 37,6 km. Els materials que conformen aquests tram de costa són del Quaternari (tant de tipus al·luvial, dunar com material acumulat al peu del vessant marítim), Juràssic Mitjà i Superior o Dogger-Malm, Juràssic Inferior o Lias i del Retià o Infralias del Triàsic Superior. Els materials que presenten una major presència són els corresponents al Quaternari (9,9 km), es tracta de dipòsits d'eolianites corresponents a dunes fòssils, conglomerats d'origen al·luvial i material desmantellat de les vessants, aquests es localitzen a les zones d'es Barcarès, Mal Pas, Bon Aire i Alcanada. Els segons en importància són els corresponents a les calcàries del Lias (9,4 km) que afloren des de Ses Caletes (Badia de Pollença) fins a Cala Solana (Badia d'Alcúdia) i des de La Platja des Coll Baix fins a sa Punta des Farallons (badia de Pollença). Les margocalcàries del Dogger-Malm (6,9 km) afloren des de la Punta de Tacàritx fins a Punta Corrent (Badia de Pollença) i entre cala Solana i la platja des Coll Baix (Badia d'Alcúdia). Les calcàries i carniols del Retià (2,7 km) afloren des de s'Illot fins a Punta Corrent (Badia de Pollença), puntualment a Cala Solana (Badia d'Alcúdia), i des d'Alcanada fins al port comercial d'Alcúdia. Les costes no consolidades (1,6%) es troben, formant petites platges d'arena, a la Badia de Pollença a certs trams de costa entre la Punta des Barcarès i sa Punta Llarga i a la platja des

Coll Baix en forma de platja de còdols. Les costes antropitzades (21,1%) ocupen una part important d'aquest sector litoral, les costes més modificades es troben a la zona del port comercial i esportiu d'Alcúdia, al port esportiu de Bonaire (Badia de Pollença) i a la vora de les zones de platja abans esmentades. Més del 40% de les costes tenen altures compreses entre els 0 i els 15 m, les costes amb majors altures es troben al tram comprès entre es Cap Pinar i la zona d'es Bancalets a on els penya-segats de perfil vertical presenten altures majors als 30 m. És a les immediacions del Cap de Menorca a on les costes espadades de perfil vertical sobrepassen els 120 m d'altura (Fig. 3).

#### *Les costes de les Serres de Llevant*

Les Serres de Llevant constitueixen el segon sistema de serralades més important de Mallorca, en el nostre cas, ocupen 54,5 km de línia de costa dels municipis de Son Servera, Capdepera i Artà, el que suposa el 8,7% del litoral de Mallorca. Segons Sàbat (1986), les Serres de Llevant s'organitzen d'acord amb dues grans unitats estructurals: la septentrional i la meridional (Fig. 4), aquestes es diferencien segons la disposició dels plecs i encavalcaments. El mateix autor defineix 7 sistemes d'encavalcaments imbricats que tenen el nivell de descenganament en el Keuper. Només els materials de la unitat septentrional estan en contacte amb la mar (NE de Mallorca), per tant, ens centrarem únicament en les característiques d'aquesta unitat estructural respecte dels tipus de costa. La característica principal de l'estructura de la unitat septentrional és l'encreuament dels sistemes de fracturació i deformació que la componen amb direccions ortogonals NE-SW i NW-SE.

La Serra de Llevant es caracteritza per tenir més del 50% de les costes amb altures inferiors als 3 m (costes baixes) i per no pre-

sentar altures superiors, almenys amb l'aplicació dels nostres criteris, als 120 m. La major part de les costes són de tipus convex i còncav, les costes amb perfils verticals amb la part superior convexa no arriben al 20% (Fig. 5). Aquestes característiques donen lloc a unes costes més baixes i més accessibles a les que trobàvem a la major part de la Serra de Tramuntana, malgrat això només un 3% de la línia de costa ha estat modificada per l'home.

La columna estratigràfica dels materials que conformen les costes de la Serra de Llevant es bastant discreta degut a la poca "varietat" de litologies que hi trobem. Els materials corresponents al Quaternari ocupen el 15,6% de la costa d'aquesta unitat, els principals afloraments són en forma de dipòsits dunars fossilitzats, els exemples més evidents els trobem al sector septentrional, en el tram de costa situat entre la Platja de sa Font Salada (Artà) Cala Mesquida (Capdepera), a l'interior de Cala Agulla (Capdepera), el tram comprès entre Cala Pedruscada i Cala Tamarells (Capdepera) la zona costanera propera a Cala Provençal (Capdepera) i la zona de Canyamel (Capdepera). El següents materials per ordre d'antiguitat són les margocalcàries del Cretaci que afloren a un 13,2% del litoral, els afloraments principals els trobem entre la Platja de sa Font Salada i a les proximitats de Cala Mesquida, la suavitat del relleu ha permès la deposició, a sobre d'ells, dels dipòsits quaternaris. Altres afloraments litorals d'interès són els que es troben la vessant meridional de Cala Agulla, Punta des Faralló i Cala Gat, tots ells al terme municipal de Capdepera. Els materials Juràssics conformen més del 60% del litoral, existeixen dificultats a l'hora de reconèixer els materials corresponents als diferents estadis (Inferior, Mitjà i Superior), aquest fet es deu segons Bourrouilh (1973) a la dolomitització

secundària que afecta a les carniols, calcàries i margocalcàries del Retià, Lias, Dogger i Malm, donant lloc a una uniformització litològica. Del Olmo *et al.* (1991) atribueixen a aquest fenomen la impossibilitat d'aixecar una secció que tingui algun sentit estratigràficament i petrogràfica descriu tot el paquet com dolomies cristal·lines. D'acord amb l'esposat, les dolomies juràssiques amb límit inferior imprecís (Bourrouilh, 1973) ocupen el 57,4% del litoral de les Serres, els principals afloraments els trobem al tram comprès entre Sa Platjola (Badia d'Alcúdia, Artà) i sa Platja de sa Font Salada, a les immediacions de sa Punta des Freu (entre es Sepulcre i Cala Motlló), a la Punta des Gulló, afloraments dispersos al llarg del litoral meridional de Capdepera (entre Cala Rajada i Cap Vermell) i entre Cala Albardans (Capdepera i sa Platja de sa Marjal (Son Servera). Les calcàries bretxades del Juràssic Superior (Malm) afloren al 5%, els afloraments més importants són entorn al Cap Vermell, entre sa Selleta i na Massot i entre es Mollet i s'Embarcador del Rei. Els darrers materials, i més antics, corresponen als guixos i lutites dels Triàsic Superior (Keuper) que només afloren a un sector de la costa al llarg de poc mes d'un centenar de metres a la vessant meridional de sa Font de sa Cala (Capdepera).

En quant a la forma de la línia de costa cal assenyalar que s'observa una certa relació entre la litologia i el tipus de costa, la disposició dels materials dins de l'organització estructural de les Serres, així com també la naturalesa litològica, segurament expliquen aquest fet. Els penya-segats de majors altures (60-120 m) es desenvolupen sobre les dolomies juràssiques entorn del Cap Vermell, Cap Ferrutx i Cap des Pinar.

Les costes espadades d'altures compreses entre els 30 i els 60 m presenten formes

verticals i convexes, els materials que les constitueixen són les dolomies juràssiques i es localitzen a les proximitats dels penya-segats d'entre 60 i 120 m, al tram comprès entre la punta des Castellés i Cala Agulla, i entre Cala Moltó i sa Pesquera de Don Jaume (al SW de sa Punta des Freu).

Les costes amb altures compreses entre 15 i 30 m solen presentar un cert polimorfisme de costes de perfils verticals, convexes i còncaves formades principalment per les dolomies juràssiques i les margoclacàries del Cretaci. Les costes de perfil vertical es localitzen als extrems o de forma intercalada entre les costes espadades d'altures compreses entre els 30 i els 120 m, excepte alguns casos com el de la Pedrera des Provençals, i les de perfil convex, es localitzen aleatòriament entre la Punta des Faralló i na Lliteres (Cala Agulla). Les costes amb perfil convex afloren a petits trams del litoral septentrional. Les costes de perfil còncau solen ésser la prolongació de les vessants suaus que vergeixen cap a la mar, és el cas d'alguns trams compresos entre el Cap des Pinar i la Platja des Marjal, les rodalies de Cala Roja i a la vessant meridional de Cala Agulla.

Les costes amb altures compreses entre els 3 i els 15 m es troben repartides per tot el litoral de les Serres de Llevant, es presenten amb morfologies còncaves, convexes i verticals. Les costes de tipus còncau estan formades per eolianites i rudites del Quaternari, margocalcàries cretàiques i dolomies juràssiques. Pel que fa a les compreses per litologies quaternàries i cretàiques, es localitzen a la vessant septentrional (entre sa Platja de sa Font Salada i Cala Mesquida). Les formades per les calcàries del Lias apareixen al fons de les cales formades dins dels espadats de la zona de sa Punta des Freu. Les de tipus convex es troben a la costa septentrional (les formades

pels materials Cretacis) i a la Costa dels Pins (les formades per les dolomies juràssiques).

Les roques amb altures compreses entre 0 i 3 m (costes baixes), majoritàriament amb formes esglaonades i còncaves compostes per dipòsits quaternaris, es localitzen a la costa de Llevant, entorn al Caló de sa Fusta, Font de sa Cala, Cala Tamarells, Platja de Son Moll, i a la costa septentrional entorn a Cala Torta, Cala Mitjana i de manera discontinua en el tram comprès entre es Morro d'Aubarca i sa Platja de sa Font Salada.

A la Fig. 5 es representa la distribució generalitzada dels principals formes de la costa de les Serres de Llevant.

#### *Les costes dels relleus tabulars postorogènics*

Es consideren relleus tabulars postorogènics a les plataformes estructurals, formades per les calcàries i calcarenites dels Miocè Superior i pels nivells de calcarenites del Pliocè, que no han sigut afectats per moviments de compressió i que presenten grans afloraments a la zona del llevant, migjorn i part sudoccidental de Mallorca.

Aquests relleus conformen 175,8 km, el que suposa el 28,1% del total de les costes de Mallorca. Es poden diferenciar tres zones litorals, separades per àrees de conca rebllides per dipòsits Plioquaternaris. La primera i més extensa és la que es localitza a la part del llevant de Mallorca, en els municipis de Santanyí, Felanitx, Manacor, Sant Llorenç i Son Servera, comprèn 103,3 km de costa i la conformen els materials calcaris corresponents al Complex Escullós i a les Calcàries de Santanyí, ambdós del Miocè Superior i per dipòsits dunars fossilitzats del Quaternari disposats a diferents nivells i de forma adherida respecte dels anteriors. La segona es localitza a la part del migjorn de l'illa, en el municipi de Lluçmajor, i les



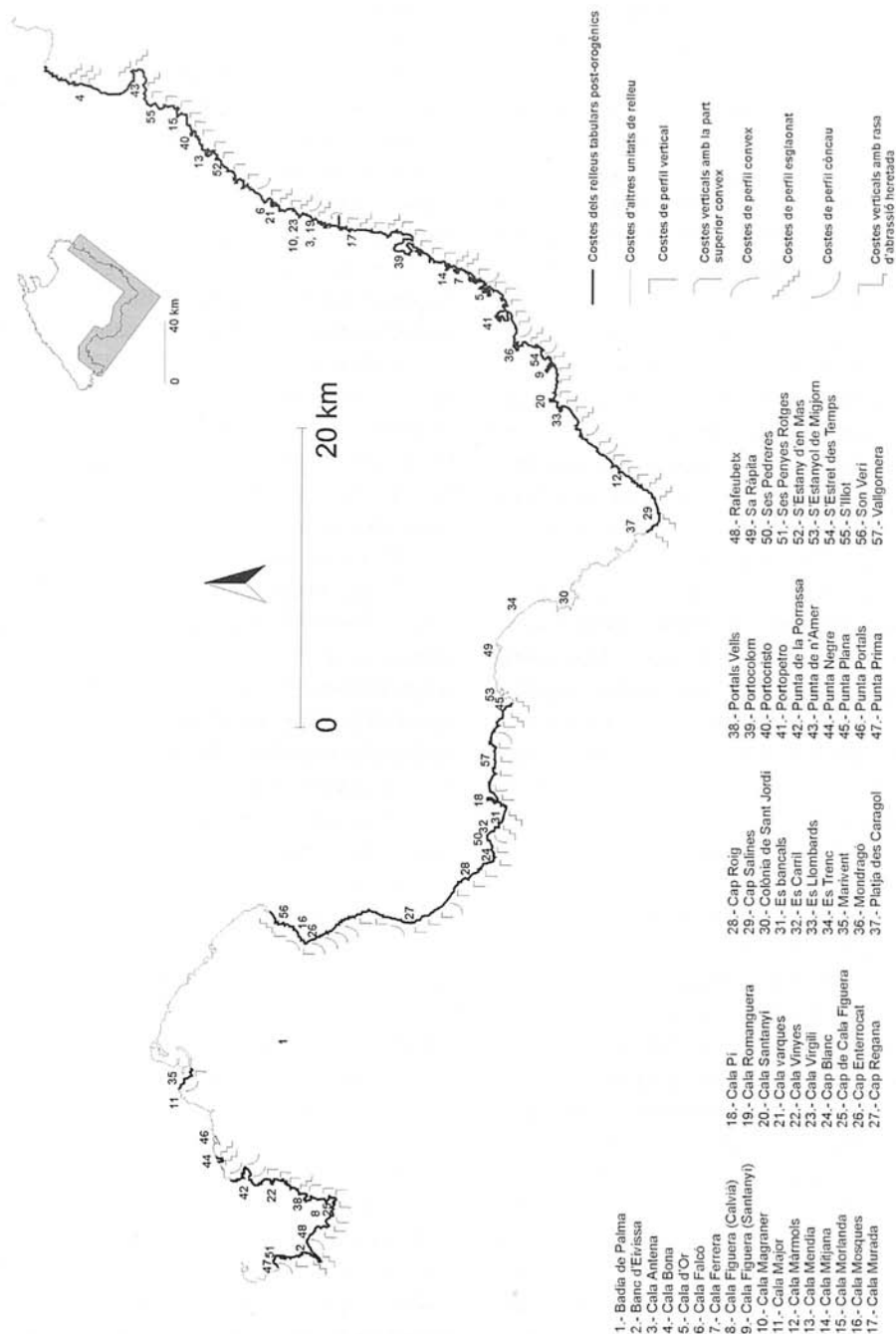


Fig. 6. Distribució de les formes adoptades per les vessants marítimes dels relleus tabulars postorogènics d'edats compreses entre el Miocè Superior i el Quaternari.  
 Fig. 6. *Distribution of forms of the marine slopes of the post-orogenics tabular reliefs with ages between Upper Miocene and Quaternary.*

seves costes tenen una longitud de 41,2 km, aquestes estan formades, majoritàriament, pels materials corresponents al Complex Escullós i per nivells d'eolianites del Quaternari. La tercera franja litoral es localitza de manera discontinua a la part occidental de la Badia de Palma (municipis de Palma i Calvià) i en el SW de Mallorca, té una longitud de 31,3 km i la constitueixen els materials del Miocè Superior, del Pliocè i del Quaternari.

Algunes característiques generals d'aquest conjunt de costes, en quant a formes, són la predominància de perfils verticals, còncaus i esglaonats, també adquireixen una notable importància, sobretot pel que fa a l'àrea del Llevant, les costes amb perfil vertical i plataforma litoral adherida (Fig. 6). La proporció de línies de costa modificades per l'home és del 6,2%, les principals manifestacions es troben als municipis de Calvià, Santanyí, Felanitx i Manacor. Les costes arenoses ocupen el 5% i es limiten a aparèixer en el fons de les cales més importants.

En quant a altures cal assenyalar que aquest tram de costa es pot considerar format per costes altes (altures superiors als 3 m), les costes rocoses amb altures inferiors als 3 m representen l'11% (19,4 km) i solen adoptar formes esglaonades i convexes. Les costes amb altures entre 3 i 15 m, són les més extenses, representen el 34,1% (59,9 km) i adopten formes verticals i esglaonades. Les costes entre 15 i 30 m representen el 23% d'aquest sector (41,1 km) i es manifesten amb formes verticals, còncaues i penya-segats associats a rases d'abrasió, la seva localització es centra a les zones de Palma-Calvià i del Llevant. Les d'altures compreses entre els 30 i els 60 m són el 6,4% (11,4 km) i solen ésser penya-segats de perfil vertical, espadats amb la part superior convex i vessants de tipus còncau, bona part d'aquestes es troben a la zona sudocci-

dental i al Llevant de Mallorca. Les costes d'altures entre els 60 i 120 m representen l'11,8% (20,7 km), bona part d'elles es troben a la zona d'es Migjorn, principalment amb formes verticals i còncaues. Finalment, les costes amb altures superiors als 120 m es troben molt localitzades al municipi de Calvià, representen el 2,2% (3,9 km) amb costes de tipus còncau.

Les calcàries i calcarenites del Miocè Superior són els materials que conformen la major part de la línia de costa, el 68,9% (equivalent a 121,2 km de costa), els dipòsits marins i litorals del Quaternari ocupen el 19,8% (equivalent a 34,8 km de costa) i els nivells calcarenítics del Pliocè representen el 0,3% (532,3 m) molt localitzats a la zona de Rafeubetx (Calvià).

El litoral de la marina de Llevant té 103,3 km lineals de costa, s'estén des del Cap Salines (Santanyí) fins a Cala Bona (Badia de Cala Millor, Son Servera). És el tram de costa més extens format pels relleus tabulars post-orgànics. El 9,1% del litoral ha sofert una important modificació per part de l'home, els exemples més significatius són modificacions de les vessants de les cales que ofereixen un major abrís per als vaixells front als temporals, Cala Figuera, Portopetro, Cala d'Or, Portocolom i Portocristo (Fig. 6) són les evidències més clares. Els litoral formats per platges d'arena són el 5,4%, aquests es limiten a l'interior de les cales excepte els casos de les platges de s'Illot, sa Coma i Cala Millor que són platges d'extensió considerable amb un desenvolupament important del sector turístic.

Els materials que afloren i conformen aquestes costes són els corresponents a les Calcàries de Santanyí i al Complex Escullós del Miocè Superior (ambdós representen el 77,6%) que es solen manifestar amb un ampli espectre d'altures i formes verticals, esglaonades i espadats amb plataforma lito-

ral adherida. Els dipòsits litorals del Quaternari representen el 7,9%, es solen disposar de manera adossada als materials del Miocè Superior adoptant formes esglaonades i còncaues.

Les costes amb perfil vertical són les més importants (46,3%) (Fig. 6), solen estar constituïdes per les Calcàries de Santanyí, presenten altures variables, es desenvolupen als sectors delimitats entre la Punta de les Crestes (Felanitx) i s'Illot (Manacor) i entre Punta d'en Barragot i Caló de sa Galera (dins el terme municipal de Santanyí). Les més elevades es troben entre Cala Llombards i Cala Màrmols (Santanyí).

Els espadats verticals amb la part superior convexa només representen el 4% del litoral (Fig. 6), afloren al llarg d'alguns trams entre Cala Anguila i Cala Murta (Manacor) i estan formats pels materials del Miocè Superior amb altures compreses entre els 3 i els 30 m.

Les costes de perfil convex són el 3,9% i afloren de manera molt puntual entre Cala Murta i Cala Morlanda (Manacor), a la zona des Llombards i entre Cala Màrmols i Cap Salines (Fig. 6).

Les costes esglaonades ocupen el 18,2% (Fig. 6) conformant un ampli ventall en quant a altures (entre els 0 i els 30 m), a la seva distribució, i a la seva composició. Les que tenen menor altura estan formades per dipòsits dunars del Quaternari. Es desenvolupen gairebé per tot arreu, la majoria de les cales solen tenir almenys alguna porció de les seves vessants marítimes amb aquesta forma. Els trams de costa amb un major desenvolupament d'aquestes formes es localitzen a la zona de Punta de n'Amer i sa Coma, entre Cala Estreta i Cala Bafi i a l'oest de Cala Figuera (Santanyí).

Les costes de perfil còncau (6,1%) es troben força repartides al llarg del litoral del Llevant (Fig. 6), en alguns sectors entre

Cala Ferrera i Cala Bafi, entre Cala Falcó i s'Estany d'en Mas, entre Cala Figuera i s'Almonia i a s'Estret d'es Temps. Tots ells responen a l'esquema geomorfològic d'una duna fòssil quaternària adossada a un paleopenya-segat esculpit sobre les calcàries del Miocè Superior.

Els espadats verticals amb una plataforma litoral heretada adherida, són una tipologia de forma costanera comuna en aquest sector, ocupen el 7% del litoral de Llevant. La presència de la plataforma d'uns 2 a 4 m d'altura no impedeix l'acció dels agents de meteorització marina actuar sobre les parets dels espadats localitzats a la part posterior. Presenten altures compreses entre els 3 i els 30 m i els sectors a on aquests tipus de costa es manifesten és entre el caló de sa Barca Trencada i sa Punta des Bauç (Santanyí) (Fig. 6).

Les característiques geomorfològiques més notables del Llevant de Mallorca són la presència de cales que han sigut objecte d'estudi des de finals del segle XIX (consultar apartat referent a l'estat de la qüestió) que Penk (1894) les va definir com a valls d'erosió anegades. L'abundància de coves marines i submarines que han sigut explorades i l'estudi de llurs espeleotemes ha servit per la determinació i correcció de les corbes de variació glacioeustàtiques del Quaternari.

Les seves costes es localitzen dins del municipi de Lluçmajor, hem considerat que comprenen des de la zona de Son Verí fins a Punta Plana, al S de s'Estalella. Els materials que les conformen corresponen al Quaternari (37%) i al Miocè Superior (63%). Les costes de la Marina de Lluçmajor presenten les majors altures a la part central, que poden arribar assolir gairebé els 120 m (Cap Roig, Cap Blanc), i van perdent altura a mesura que ens desplaçam cap als extrems, aquest fet està relacionat amb un fenomen de basculament del terreny

(Cuerda i Sacarès, 1992), aquest és fa patent en la pèrdua d'altura dels penya-segats compresos entre la zona de Cala Pi i Punta Plana. El sector costaner comprès entre Son Verí i el Cap Enderrocat es caracteritza perquè està format, en la seva major part, per dipòsits marins i litorals del Quaternari que es disposen en grans paquets adossats al basament del Miocè Superior, la major part són costes de perfil vertical, esglaonades o còncaues amb altures no superiors als 15 m.

Els 41,2 km de costa de la Marina de Lluçmajor són principalment de perfil vertical i còncau (Fig. 6). Els litorals d'arena són molt poc representatius (0,8%) les úniques evidències les trobem a la Platja de Son Verí, Cala Mosques, Caló Groc de ses Puntes, Cala Vella, Illots de Can Climent i Cala Pi. Les costes baixes representen el 8,8% d'aquest sector, es localitzen a la zona de Son Verí i a Punta Plana, en ambdós casos es tracta de costes esglaonades i còncaues formades per materials preferentment quaternaris. Les costes d'entre 3 i 15 m (21,2%) així com les compreses entre els 15 i 30 m (20,3%) es distribueixen al llarg dels trams compresos entre Son Verí i el Cap Enderrocat, immediacions del Cap Regana i els litorals de Cala Pi i Vallgornera, aquests adopten formes verticals allà a on afloren els materials Miocè Superior i còncaus i esglaonats a on es troben jaciments litorals del Quaternari. Les costes amb altures compreses entre els 30 i els 60 m (5,6%) es distribueixen entre el Cap Enderrocat i Punta Negra, adopten formes d'espadats de tipus còncau i vertical, amb una alternança aleatòria dels afloraments del Quaternari i Miocè Superior. Les costes amb altures d'entre els 60 i els 120 m (42,52%) representen els espadats de màxima altura de tota la marina, conformen bona part de les costes i estan formats per les calcàries esculloses del Complex Escullós localitzats entre

Punta Negra i Ses Pedreres (a l'Est del Cap Blanc) donant lloc a penya-segats de tipus vertical i còncau.

Alguns autors (Rosselló, 1964; Cuerda i Sacarès, 1992) descriuen a les costes de la Marina de Lluçmajor com a poc articulades, únicament presenten importants indentacions al seu extrem occidental a Cala Mosques o Cala Blava, Caló de ses Leonardes i Caló Groc de Ses Puntes que deuen la seva gènesi a processos fluvio-torrencial i de diaclasmament, i en el sector oriental a Cala Beltran i Cala Pi com a exemples més representatius que responen principalment a processos de dissolució i diaclasmament (Rosselló, 1998).

Les costes formades pel que hem anomenat els relleus tabulars postorogènics que trobem al SW de Mallorca, les conformen una sèrie de segments litorals, dins del tram litoral comprès entre el port comercial de Palma i la zona de ses Penyes Rotges (Calvià), que s'alternen amb costes de platja i costes formades pels materials que conformen la Serra de Tramuntana. Les costes del SW de Mallorca formades pels materials corresponents al Miocè Superior, Pliocè i Quaternari es localitzen de manera contínua des de Punta Prima fins a la Platja de Magalluf (Calvià), la Punta de la Porrassa (Calvià), des de la Platja de Porto Novo fins Punta Portals (Calvià) i des de Marivent fins a la Punta des Colomer (Palma).

Les formes predominants són de tipus vertical i còncau (Fig. 6), les costes antropitzades representen menys del 5% del total, ja que els ports esportius de Portals Nous i de Cala Nova s'han considerat com a costes antropitzades de la Serra de Tramuntana de la Badia de Palma. Les costes d'arena representen al voltant d'un 10%, aquestes es localitzen al fons de cales i badies com Cala Figuera, Portals Vells, Cala Vinyes, Ses Penyes Rotges i les platges de Palma Nova,

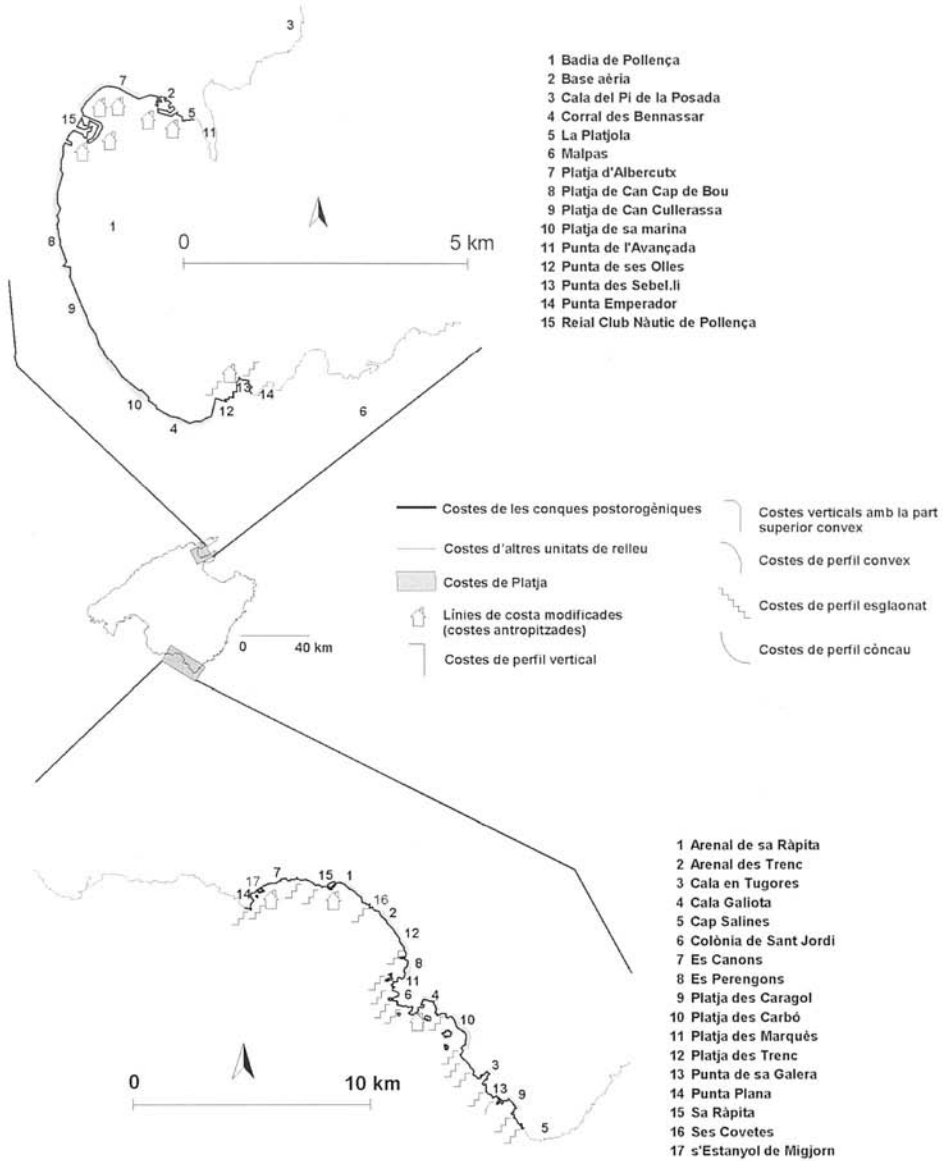


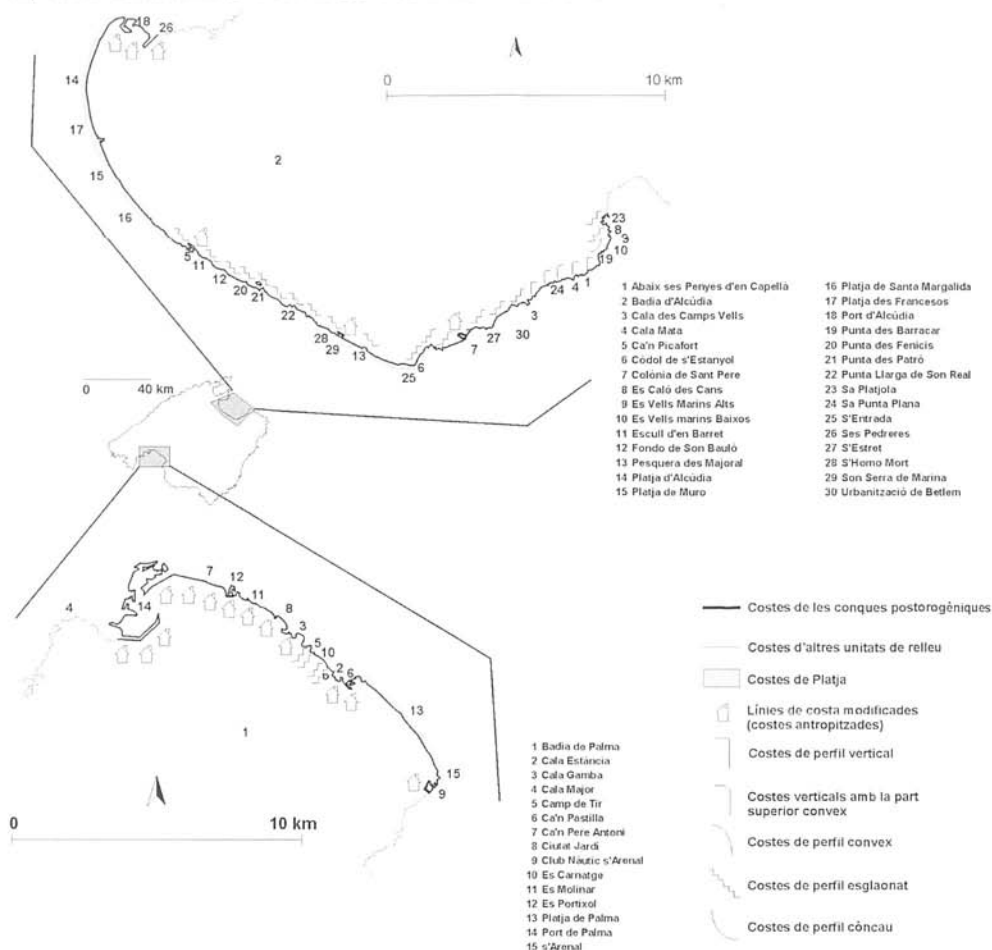
Fig. 7. Forma de les costes localitzades a la Badia de Pollença i a la Conca de Campos. Aquestes estan formades per materials d'edat Plioquaternaria dipositats dins àrees de conca (graben).

Fig. 7. Coasts forms located in the Bay of Pollença and Campos basin. These are formed by materials of the Plioquaternary inside basin areas (graben).

Magalluf, Porto Novo i Son Caliu. Els materials que conformen les costes són calcàries i calcarenites del Miocè Superior, calcarenites del Pliocè, i dipòsits al·luvials i col·luvials del Quaternari.

El sector comprès entre Punta Prima i el Cap de Cala Figuera el conformen costes de perfil vertical i còncau formats per dipòsits calcarenítics del Pliocè i eoliani-

tes del Quaternari. Les altures s'incrementen a mesura que ens desplaçem cap a l'Est, assolint el màxim (més de 120 m) a la zona de Rafeubetx, donant lloc les costes formades per relleus tabulars postorogènics més altes de Mallorca. L'única excepció la conforma el promontori del Banc d'Eivissa que va perdent altura de NE a SW.



**Fig. 8.** Característiques de les costes localitzades a l'interior de les badies d'Alcúdia i Palma. Aquestes estan formades per materials d'edat Plioquaternaria dipositats dins àrees de conca (graben). Crida l'atenció l'elevat grau de modificació de la línia de costa que s'observa a la Badia de Palma.

**Fig. 8.** Coasts forms located in the Bay of Alcúdia and Palma. These are formed by materials deposited of the Plioquaternary inside river basin areas (graben). There is a high degree of modification of the coastline in the Bay of Palma.

En el sector comprès entre el Cap de Cala Figuera i la Platja de Magalluf els materials del Miocè Superior adquireixen una certa importància respecte del tram anterior. Les formes de la costa solen ésser de tipus vertical amb altures variables des dels 3 als 60 m, les costes baixes apareixen a l'interior de les cales esculpides dins de les calcàries Miocenes i Pliocenes, és el cas de Cala Figuera, Cala Portals Vells, Caló de sa Nostra Dona, Cala Falcó i Cala Vinyes. Les costes de perfils còncaus adquireixen un important desenvolupament en el segment costaner que comprèn des de Cala Vinyes fins a la Platja de Magalluf, i també solen aparèixer, juntament amb les costes esglaonats en alguns racons més protegits de l'onatge com és el cas de l'interior de Cala Portals Vells, Cala Xada i Caló de sa Nostra Dona.

Els sectors litorals restants localitzats entre la Punta de sa Porrassa i el port comercial de Palma, es caracteritzaren per tenir una desconexió espacial ja que es deuen a afloraments adherits a la part sudoriental de la Serra de Tramuntana. És a partir d'aquest indret a on s'observa una elevada pressió urbanística sobre el litoral de la Badia de Palma que es presenta de forma gairebé ininterrompuda fins a la zona de la urbanització de Cala Blava (Llucmajor). Les costes formades pels materials del Miocè Superior tenen altures compreses entre els 3 i els 15 m i s'observa una elevada relació de costes de perfil còncau formades per nivells Plio-Quaternaris.

#### *Les costes de les conques postorogèniques*

L'organització estructural de Mallorca ve donada d'acord amb un conjunt de horsts i grabens, que s'alternen formant les serres, les valls i les zones planes de l'illa. En aquest apartat ens centrarem en la descripció de les línies de costa formades pels

materials dipositats dins de les principals conques (grabens) de l'illa. Les conques postorogèniques considerades en aquest treball d'acord amb les seves característiques litològiques i estructurals són la conca de Palma, Badia d'Alcúdia, conca de Campos i Badia de Pollença. S'ha considerat que les costes corresponents amb la conca de Palma es localitzen al fons de la Badia de Palma, entre el Port de Palma i s'Arenal (Llucmajor). Les corresponents a la Badia d'Alcúdia es localitzen entre el Port d'Alcúdia i es Caló des Camps (Artà). Les costes corresponents a la conca de Campos estan compreses entre s'Estalella (Llucmajor) i la Platja des Caragol (Santanyí). Pel que fa a la Badia de Pollença es troben a la Badia de Pollença, entre la Punta des Ravell (Pollença) i la Punta de Tacàritx (Alcúdia).

Les costes formades pels materials que conformen part de les conques postorogèniques més importants de Mallorca ocupen un total de 124,4 km (19,9% de la costa de l'illa). Les conques estan reomplertes de materials del Miocè Mitjà i Superior i del Plioquaternari, la geometria general de les línies de costa que s'hi desenvolupen sol ésser de tipus esglaonat, còncau o vertical generalment d'altures compreses entre els 0 i els 3 m i que mai superen els 15 m. Aquestes característiques són pròpies de línies de costa fàcilment accessibles i viables per a la construcció de ports i d'infraestructures industrials i comercials a prop de la mar. La conseqüent urbanització, afavorida per la presència de planures que s'estenen varis quilòmetres terra endins donen lloc a les zones costaneres més poblades de l'illa, per aquest fet el 23,6% d'aquestes costes (29,4 km) estan completament modificades per l'home.

La topografia d'aquests indrets dona lloc a relleus suaus monoclinals que també s'estenen sota el nivell de la mar, en alguns

casos, fins a 10 km (Butzer, 1962; Rosselló, 1964), això juntament amb la presència de praderes de *Posidonia* (Walter-Levy *et al.*, 1958; Servera, 1997; Rodríguez-Perea *et al.*, 2000) permet la formació de litorals de platja, que en molts casos, gràcies a la planura dels relleus, es desenvolupen sistemes dunars associats a aquestes. S'han calculat 40,3 km de costes de platja desenvolupats en aquests tipus de costes.

La conca de la Badia de Pollença està compresa dins la unitat geomorfològica de la Serra de Tramuntana, concretament dins el sector septentrional de la Unitat Estructural II (Gelabert, 1997), ocupa part de les costes dels municipis de Pollença i Alcúdia. En els treballs clàssics sobre la geologia de Mallorca (Fallot, 1922; del Olmo *et al.*, 1991; Gelabert, 1997) no es sol considerar com a una conca pròpiament dita, ja que es considera com a part intrínseca de la Serra de Tramuntana, ubicada a l'extrem nordoriental, entre la península de Formentor i la Unitat d'Alcúdia. Les característiques morfològiques i litològiques de la línia de costa són els factors que ens han portat a considerar a aquesta àrea com una conca reblida de materials postorogènics (preferentment plioquaternaris). Es tracta d'una zona de graben reomplerta per materials del Quaternari que es disposen amb un contacte erosiu i discontinu a sobre del substrat plegat del Mesozoic, constituït per les calcàries del Lias, carnoles del Retià, lutites, guixos i roques volcàniques del Keuper i en alguns punts, per margues i gresos del Miocè Inferior i Mitjà. Dels 27,7 km que ocupen les costes formades pels materials que reomplen la conca de Pollença, el 40% estan formats per platges d'arena, el 34% està modificat per l'home a partir de la construcció de ports esportius (Reial Club Nàutic de Pollença i Port Esportiu de Bonaire), passeigs marítims i dics de protec-

ció de platges i el 26% restant l'ocupen les costes rocoses formades principalment per sediments quaternaris d'origen al·luvial i col·luvial. La morfologia que presenten aquestes costes es de tipus esglaonat amb altures inferiors als 3 m. La presència de costes de perfil vertical, amb altures compreses entre els 3 i 15 m, és important a la part oriental de la Badia de Pollença (Fig. 7). Aquests tipus de costa deuen la seva presència al desmantellament i retrocés dels ventalls al·luvials formats al peu dels relleus de la Unitat d'Alcúdia (Gelabert *et al.*, 2003), a les zones d'es Barcarès i es Malpàs.

La conca de Campos es localitza a l'extrem sudoriental de l'illa de Mallorca, ocupa l'àrea geogràfica anomenada "es Pla de Campos" i ocupa part dels municipis de Santanyí, Ses Salines, Campos i Lluçmajor (Fig. 7), entre Punta Plana (Lluçmajor) i la Platja des Caragol (Santanyí). Geològicament respon a una zona deprimida entre la Marina de Lluçmajor i la Marina de Llevant. Els materials que la reomplen són calcarenites i marès del Plioquaternari, eolianites d'origen marí còdols blocs i llims d'origen al·luvial del Quaternari i dipòsits corresponents a sistemes platja-duna de l'Holocè. El tram de costa inserit dins d'aquesta unitat geomorfològica es pot considerar que comprèn des de la zona de s'Estalella (Lluçmajor) i es Cap Salines (Santanyí). El tram de costa descrit té una longitud de 34,7 km, la major part de la línia de costa rocosa (gairebé el 70%) l'ocupen costes de tipus esglaonat, amb altures inferiors als 3 m, formades per eolianites quaternàries. Malgrat l'elevada pressió urbana que ha sofert aquest tram costaner durant els darrers anys (s'Estanyol de Migjorn, sa Ràpita, Ses Covetes, Colònia de Sant Jordi), ressalta la baixa proporció de línies de costa modificades per l'home (6,2% el que equival a 2,1 km). Les costes formades per dipòsits de



platja o sistemes de platja-duna adquireixen una gran importància (23,5% equivalent a 8,2 km) per la seva significació dins dels ambients costaners de Balears (Fig. 7).

La costa considerada dins de la Badia d'Alcúdia comprèn entre el Port d'Alcúdia i es Caló des Camps (Artà) (Fig. 8). Ocupa part dels municipis d'Alcúdia, Muro, Santa Margalida i Artà. Geològicament comprèn tres unitats geomorfològiques, la primera, i la que llurs materials conformen la major part de la línia de costa, és la Conca Inca - Sa Pobla, formada pels materials plioquaternaris que reomplen la conca que poden arribar assolir potències de més de 1000 m (Benedicto *et al.*, 1993). Dins d'aquesta unitat es localitza la major part de la Platja de Muro i l'Albufera d'Alcúdia. La segona unitat és l'anomenada "sa Marineta", aquesta es troba entre la unitat descrita i les muntanyes d'Artà. Està formada per calcàries i calcarenites del Miocè Superior, per margues i llims del Pliocè i per dipòsits arenosos i d'eolianites del Quaternari. Són aquests darrers els que apareixen a la línia de costa. La tercera unitat es troba a l'extrem oriental de la badia d'Alcúdia, està formada per materials al·luvials, col·luvials i eolianites d'origen marí d'edat plioquaternària que conformen seqüències de ventalls al·luvials formats per la desmantelació de les muntanyes d'Artà i per dipòsits dunars fossilitzats localitzats a diferents altures (Rodríguez-Perea, 1998; Gómez-Pujol, 1999). Aquesta unitat conforma la línia de costa compresa entre la Colònia de Sant Pere fins al Caló des Camps (Artà). El tram de costa té una longitud de 40,8 km, dels quals 13,6 km són costes de platja i 7 km estan modificats per l'home. Els 20,2 km restants els conformen costes rocoses d'altures inferiors als 15 m, adoptant formes esglaonades, de perfil vertical i còncav (per ordre d'importància). Les costes de perfil vertical són les que assoleixen

majors altures, entre 3 i 15 m, la major concentració es troba a l'extrem oriental de la badia i són el resultat de l'erosió i desmantellament dels ventalls al·luvials de la zona de Betlem. Les costes esglaonades són les més esteses, es troben a la meitat oriental de la Badia d'Alcúdia, entre Ca'n Picafort (Santa Margalida) i Betlem (Artà). Bona part d'aquestes costes esglaonades es desenvolupen sobre els materials quaternaris que solapen amb la unitat de Sa Marineta formada per materials del Miocè Superior.

La Conca de Palma o "es Pla de Palma" es localitza a part meridional de Mallorca. La seva formació, segons del Olmo *et al.* (1991) es deu a l'existència d'una fase o conjunt de fases d'enfonsament generades després del Langià (Miocè Mitjà). S'han succeït processos de subsidència des del Miocè Mitjà fins ben entrat el Quaternari, donant lloc a potències de sediments que poden superar els 300 m de potència (Fuster, 1973). En el seu contacte amb la mar conforma bona part de la meitat oriental de la costa de la Badia de Palma, entre el Port de Palma (Palma) i el Club Nàutic de s'Arenal (Llucmajor). Les característiques generals d'aquest tram costaner és l'elevat grau d'antropització de la línia de costa, directament relacionat amb la presència de la ciutat de Palma amb 333.801 habitants segons el cens de població de l'Institut Nacional d'Estadística de l'any 2001. El tram de costa tractat té una longitud de 21 km, d'aquests únicament 2,9 km estan formats per costes rocoses sense cap tipus de modificació en el contacte terra - mar, es tracta de costes esglaonades d'altures inferiors als 3 m formades per dipòsits litorals i dunars fossilitzats del Quaternari, el sector més important d'aquest tipus de costa es troba a la zona d'es Carnatge i des camp de Tir (Fig. 8). Un total de 10,7 km (51% del tram de costa) estan totalment modificats

per l'home com a conseqüència de la construcció d'esculleres, passeigs marítims, dics de protecció de platges, ports esportius (Reial Club Nàutic de Palma, Club de Mar, Club Nàutic Portixol, Club Marítim Molinar, Club Nàutic de Cala Gamba, Club Marítim de Can Pastilla i Club Nàutic de s'Arenal) i el Port Comercial de Palma. Els 7,4 km de costa restants els conformen platges d'arena que en tots els casos (Ca'n Pere Antoni, Es Portixolet, Ciutat Jardí, Cala Estància i Platja de Palma) han tingut lloc actuacions de regeneració d'arena (Fig. 8).

## Conclusions

Mallorca té una longitud de 626 km de línia de costa. Les costes rocoses ocupen el 81% del total de la línia de costa de Mallorca, les costes formades per materials no consolidats ocupen el 9% i les línies de costa completament modificades per l'home (costes antropitzades) suposen el 10%. Les costes antropitzades s'han desenvolupat preferentment a costes baixes i accessibles per l'home, amb finalitats comercials, d'esplai, lleure i de previsió de riscos.

Tres quartes parts de les costes de Mallorca són costes altes (amb una altura superior als 3 metres). Al voltant d'una sexta part de les costes de Mallorca (15,2 %) són considerades com a costes baixes amb altures inferiors als 3 m. El 43,9 % de les costes tenen altures compreses entre 3 - 30 m. Les costes amb altures compreses entre 30 - 60 m representen el 10,4 %, les d'altures entre 60 - 120 m ocupen el 6,2 % i les d'altures superiors als 120 m ocupen el 5,3%.

La forma que adopten les costes rocoses són producte de la intervenció dels agents marins, subaeris, composició litològica i implicacions estructurals. Les formes més abundants són les de perfil vertical (29% de

les costes de l'illa), seguides per les de perfil còncau (16,6% del litoral), costes esglaonades (14,9%), de perfil convex (12,6%), perfil vertical amb la part superior convex (5,4%) i perfil vertical amb plataforma here-tada a la seva base (1,6%).

La distribució de les costes amb un perfil vertical és aleatòria i estesa arreu del perímetre de l'illa, les costes més elevades generalment responen a aquest tipus de forma. Les costes amb perfil còncau també estan prou distribuïdes arreu del litoral, normalment es troben a costes sinuoses i associades a la presència d'entrants, cales i badies. Les que presenten un perfil esglaonat no solen traspassar altures superiors als 30 m, s'associen amb les costes a on es troben vestigis de l'oscil·lació glacioeustàtica durant el Quaternari i es solen localitzar en el fons d'alguns entrants, cales, ports naturals i grans badies de Mallorca. Les costes amb perfil convex teòricament deuen la seva forma a la interacció dels factors subaeris i marins (Emery i Kunh, 1982, Trenhaile, 1987), la major part es localitza a les vessants marítimes de les serres de Llevant i Tramuntana, preferentment sobre materials mesozoics. Les costes de perfil vertical amb la part superior convex es troben a les costes de les serres de Llevant i de Tramuntana, allà a on es junten vessants subaèries de relleus enèrgics amb espadats verticals de forma vertical. Les costes de perfil vertical amb una plataforma litoral hetetada desenvolupada a la seva base són un tipus de costa molt localitzada a la zona del Llevant de Mallorca i la major concentració d'aquestes costes es troba en el sector costaner comprès entre el Caló de sa Barca Trencada i la Punta des Bauç (Santanyi).

La meitat de les costes rocoses de Mallorca (49,4%) estan formades per materials afectats per una estructuració compressiva, l'altra meitat (50,6 %) estan confor-

mades per materials disposats de la mateixa manera en la qual es varen dipositar, en alguns casos afectats per processos de basculament i tectònica distensiva. La major part dels materials estructurats han sigut deformats per l'orogènia Alpina que tingué lloc des de l'Oligocè fins al Miocè Mitjà, només una petita porció, localitzada en el litoral de Banyalbufar, presenta evidències de deformacions anteriors, corresponents a l'orogènia Hercínica que tingué lloc durant el Paleozoic (Devonià Superior fins a finals del Pèrmic). La distribució general de les costes, segons l'estructuració dels materials que la conformen, coincideix amb la distribució de les regions fisiogràfiques de Mallorca. Les costes formades per materials estructurats es troben a les vessants marítimes de la Serra de Tramuntana, Llevant i Unitat geològica d'Alcúdia. Les formades pels materials no estructurats es troben dins les badies d'Alcúdia, Pollença i Palma i al llarg de la costa del Llevant i del Migjorn.

L'edat dels materials que conformen les costes rocoses de Mallorca guarda una estreta relació amb la seva disposició, grau de deformació i amb la unitat de relleu en la qual es troba la línia de costa.

Les costes de la Serra de Tramuntana es caracteritzen per presentar una forta relació entre l'altura, la duresa dels materials, la disposició i l'organització estructural dominant per a cada tram de costa. Estan formades per un espectre de litologies d'edats compreses entre el Quaternari i el Secundari, és la unitat de relleu que té una major proporció de costes amb altures superiors als 120 m, el tram costaner a on hi ha una major concentració d'aquests tipus de costes altes és el comprès entre el Port de Sóller (Sóller) i el Cap de Formentor (Pollença), els materials que conformen aquests espadats enèrgics es corresponen a les carniols i calcàries del Retià i Lias respectivament.

La configuració dels tipus de costa d'acord amb la disposició dels encavalcaments es tradueix amb costes elevades a les vessants que vergeixen cap al NW i en vessants de pendents més suaus, normalment de perfil còncau a les vessants que vergeixen cap al SE, un bon exemple d'això és la línia de costa compresa entre Cala Castell i el cap de Formentor. Les costes corresponents a la Unitat I (Fallot, 1922; Gelabert, 1997) o a les unitats tectòniques de Banyalbufar i de George Sand - Sa Calobra segons del Olmo *et al.* (1991), es manifesten entre Estellencs i Sóller, aquest tram es caracteritza per l'abundància de costes amb perfils còncaus degut als nivells lutítics intercalats entre les arenísques quarsítiques del Triàsic Inferior i els materials del Miocè Inferior. L'alternança de materials durs i blans en aquests indrets dona lloc a l'excavació còncaua de la costa amb importants acumulacions de derrubis i presència d'olistrolits en el contacte entre terra i mar, la qual cosa dificulta la consideració d'aquestes costes com a platges de còdols o costes rocoses de perfil còncau formades per acumulacions recents (Quaternari - Holocè) a la seva base. Les costes corresponents a la Unitat II (Gelabert, 1997), equivalent a les unitats II i III de Fallot (1922) i a les unitats d'es Teix - Tomir, Alfàbia - Es Barracar i Alarò de del Olmo *et al.* (1991), presenten grans diferències segons pertanyin a la subunitat septentrional o a la subunitat meridional. Les costes de la subunitat septentrional ténen una orientació general NE - SW, paral·lela als principals eixos d'encavalcaments, generalment són espadats verticals formats pels paquets calcaris del Juràssic Inferior, els principals entrants es troben a la part septentrional als indrets a on té lloc l'encontre de la línia de costa amb els eixos d'encavalcaments. Les costes de la subunitat meridional de la Serra de Tramuntana tenen una

orientació NE - SW a l'interior de la Badia de Palma i NW - SE entre el cap de Cala Figuera i sa Dragonera. Les vessants marítimes localitzades a la Badia de Palma es caracteritzen per presentar baixes altures i costes de tipus convex i còncav, les costes de la vessant SW tenen un elevat grau d'articulació degut a la disposició normal de la línia de costa respecte els eixos dels encaivalcaments i a la presència de materials tous del Cretaci i del Paleògen.

Pel que fa a les costes de la Unitat geològica d'Alcúdia, les calcàries i margocalcàries del Juràssic Mitjà i Superior conformen bona part de les costes rocoses, assolint les majors altures a les rodalies del Cap Pinar. El conjunt de les costes desenvolupades dins els àmbits de la Serra de Tramuntana i la Unitat d'Alcúdia suposen gairebé la meitat de les costes de Mallorca (44,32 %).

Les vessants marítimes de les Serres de Llevant estan constituïdes pels materials corresponents a la Unitat Septentrional i suposen el 8,7 % del total del litoral mallorquí. Al voltant del 60% dels materials que constitueixen la costa són dolomies juràssiques, la dolomitització secundària impedeix esbrinar amb seguretat el seu límit inferior i la seva correcta datació (Bourrouilh, 1973; del Olmo *et al.*, 1991), en aquestes costes es troben les majors altures (60 - 120 m) als voltants del Cap Vermell, Cap Pinar i Cap Ferrutx. La major part de les costes són de tipus convex i còncav. Més de la meitat de les costes són considerades costes baixes (altures inferiors als 3 m).

Les costes desenvolupades pels materials que formen els relleus tabulars postorogènics són les costes corresponents a les marines de Llevant i de Migjorn o Lluçmajor i els trams costaners formats pels materials pertanyents al Terciari post-tectò-

nic i al Quaternari del SW de Mallorca i de l'interior de la Badia de Palma. Tot el conjunt suposa una tercera part (28,1 %) del litoral de Mallorca. Predominen (per ordre d'importància) les costes de perfil vertical, còncav i esglaonat. Les costes rocoses d'altures inferiors als 3 m suposen l'11% i les d'altures compreses entre 3 - 15 m són les més extenses (34,1% del litoral).

El litoral de la marina de Llevant està constituït principalment per les calcàries i calcarenites del Miocè Superior i pels dipòsits Quaternaris. Es tracta d'un tram costaner amb una orientació general SW - NE amb un elevat grau d'articulació de la costa degut a la presència de cales. En aquest tram les costes de perfil vertical configuren quasi bé la meitat de la costa, les costes esglaonades i de perfil còncav en conformen una quarta part. Les altures en aquest sector no superen els 60 m d'altura.

Les costes de la marina de Lluçmajor presenten altures properes als 120 m a la seva part central, en aquest tram costaner els dipòsits quaternaris ocupen més d'una tercera part (37 %), els materials d'edat corresponent al Miocè Superior (63%) ocupen la resta del litoral. Les formes de les costes són (per ordre d'importància) de perfil vertical, perfil còncav i de tipus còncav.

Les costes dels afloraments terciaris postorogènics del SW de Mallorca estan constituïts pels materials corresponents al Miocè Superior, Oligocè i Quaternari, és en aquest tram de costa, concretament a la zona de Rafeubetx, Calvià, a on els materials descrits assoleixen les majors altures (superiors als 120 m). Les costes adopten formes verticals, còncavs i esglaonades.

Els litorals desenvolupats a les conques postorogèniques presenten una baixa proporció de costes rocoses, la major part de la línia de costa ha estat modificada per l'ho-

me o bé l'ocupen costes d'arena, en alguns casos també modificades per actuacions de regeneració. Les costes formades per materials no consolidats d'aquests sectors costaners constitueixen les majors extensions de platja de l'illa. Les costes rocoses es solen manifestar amb formes esglaonades i verticals amb altures que en pocs casos superen els 15 metres. Les costes esglaonades coincideixen amb les costes de tipus "nip" o sapa de Butzer (1962) i Rosselló (1964). Aquestes costes tenen una distribució discontinua i es troben a l'interior de les badies de Pollença, Alcúdia i Palma i en el tram costaner comprès entre Punta Plana (Llucmajor) i la Platja des Caragol (Santanyí).

## Bibliografia

- Barceló, B. 1992. Balears. Las costas. In: Planeta (Ed.): *Geografía de España Vol. IX*: 476- 477. Barcelona.
- Benedicto, A., Ramos-Guerrero, E., Casas, A., Sabat, F. i Barón, A. 1993 Evolución tectono-sedimentaria de la cubeta neógena de Inca (Mallorca). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (1-2): 167-176.
- Bourrouilh, R. 1973. Stratigraphie, sédimentologie et tectonique de l'île de Minorque et du NE de Majorque (Balears). La terminaison nord-occidentale des Cordilleres Bétiques en Méditerranée occidentale. Tesi Doctoral. 2 Vol. 822 pp. París.
- Butzer, K.W. 1962. Coastal geomorphology of Majorca. *Annals of Assoc. American Geographers*, 52 (2): 191-212.
- Butzer, K.W. i Cuerda, J. 1962 Coastal stratigraphy of Southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of geol.*, 70. 4: 398-416.
- Cuerda, J. i Sacarés, J. 1992. El Quaternari al Migjorn de Mallorca. Direcció General de Cultura. Conselleria de Cultura, Educació i Esports. Govern Balear. 130 pp. Palma de Mallorca.
- Carter R.W.G. 1988 Coastal environments. Academic press. 617 pp. London, UK.
- Del Olmo, P., Álvaro, M., Ramírez del Pozo, J. i Aguilar, M.J. 1991 Memoria del mapa geológico de España. Hoja 643-644-645, Sa Calobra, Pollença y Cap de Formentor. Instituto Tecnológico Geominero de España. 62 pp.
- Escandell, B. i Colom, G. 1961 *Mapa Geológico de España*. Hoja nº 644 (Pollença). Instituto Geológico y Minero de España.
- Emery, K.O. i Kunh, C.G. 1982. Sea cliffs: their processes, profiles and classifications. *Geological Society of America Bulletin*, 93: 644 - 654.
- Fallot, P. 1922 Étude géologique de la Sierra de Majorque. *Tesi. Lib. Polyt.* Ch. Beranger (Ed.). París. 420 p.
- Fuster, J. 1973. Estudio de las reservas hidráulicas totales de Baleares. Informe de síntesis general. Ministerio de Obras Públicas, Industria y Agricultura. 2 Tomos.
- Gelabert, B. 1997. *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Colección memorias. 129 pp.
- Gil, J.A. 1994. *Estudio Geológico de la zona de Son Fe (Mallorca). Un ejemplo de inversión tectónica*. Memòria d'Investigació. Universitat de Barcelona. Inèdita.
- Gómez-Pujol, Ll. 1999. Sedimentologia i evolució geomorfològica quaternària des Caló (Betlem, Artà, Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124.
- Penck, A. 1894. Morphologie der Erdoberfläch. Engelhorn. Stuttgart.
- Rodríguez-Perea, A. 1998. Ventalls al.luvials i sistemes dunars a Betlem (Artà, Mallorca). In: Fornós, J.J. (Ed.): Aspectes geomorfològics de les Balears: 169-189. Palma de Mallorca.
- Rosselló, V.M. 1964. *Mallorca. El Sur y Sureste*. Càmara Oficial de Comercio, Indústria y Navegación. Palma de Mallorca.

- Rosselló, V.M. 1975. El litoral de Mallorca. Assaig de genètica i classificació. *Mayurqa*, 14: 5 -19. Palma de Mallorca.
- Rosselló, V.M. 1998. Torrents i cales de Mallorca: aspectes geomorfològics. In: Fornós J.J. (Ed): Aspectes geològics de les Balears. Universitat de les Illes Balears: 331-360. Palma de Mallorca.
- Sàbat, F. 1986. *Estructura geològica de les Serres de Llevant de Mallorca (Balears)*. Tesi, Universitat de Barcelona. 2 Vol. Inèdita.
- Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral. Inèdita. Palma de Mallorca. 904 pp.
- Servera, J. 2000. Geomorfologia del litoral de les Illes Balears. In: G.O.B. Grup Balear d'Ornitologia i defensa de la natura (Ed). *Posidònia* v.1: 27-66.
- Trenhaile, A. 1987. *The geomorphology of rock coasts*. Clarendon Press (Ed.). Oxford.
- Walter-Levy, L., Frecaut, R. i Strauss, R. 1958. Contribution a l'étude de la zone littorale des Illes Baléares. Biologie et chimie des algues calcaries. Formes du relief qui leur sont liées. *Revue Algologique*, 3 (4): 202-228.