

# ***SEDIPME 2000:***

## **SEDIMENTOLOGIA DE LES PLATGES DE MENORCA**

---

Lluís GÓMEZ PUJOL · Pau BALAGUER HUGUET · Jaume MATEU LLADÓ · Francesc  
X. ROIG MUNAR



# PRESENTACIÓ

---

El present treball correspon a l'estudi realitzat amb el finançament d'una de les beques de l'Institut Menorquí d'Estudis per a la investigació. Sota el títol de SEDIPME 2000: Sedimentologia de les Platges de Menorca s'ha desenvolupat la caracterització de la textura i de la composició del sediment de platja del litoral menorquí. Aquesta mena d'estudis són bàsics atès que les platges i els sistemes dunars que duen associats són sistemes molt fràgils, i essent com són actius ambientals de l'important economia turística, cal fer-ne una gestió el més adient possible d'acord amb les seves característiques genètiques. Més encara quan es pretén desenvolupar una política territorial sostenible.

De l'estudi se'n desprén quina és la naturalesa del sediment de platja de Menorca, majoritàriament arenós, carbonatat i estretament vinculat a ecosistemes com els de les praderies de *Posidonia oceanica*. Així com també es posen de manifest les diferències entre la sedimentació entre les platges de Tramuntana i les de Migjorn.

La memòria s'estructura en cinc capítols. El primer, de caràcter introductori, exposa la importància de l'estudi dels sistemes sedimentaris litorals a les Illes Balears i explica quina és la zonació i els processos que s'hi donen. El segon capítol descriu el mètode utilitzat per al desenvolupament de l'estudi. En tercer lloc s'exposen els resultats, donant pas primer a l'apartat de textura, seguit de la composició, l'arrodoniment i el contingut en carbonats. El quart capítol es destina a l'anàlisi de tota la informació obtinguda, agrupant les platges segons les característiques del sediment en tres fàcies sedimentàries i cinc subfàcies. Finalment, en el cinquè apartat, es discuteix breument la relació entre les fàcies sedimentàries i les fonts de sediment.

Per acabar, volem manifestar el nostre agraïment en primer lloc a l'Institut d'Estudis Menorquins per donar suport al nostre projecte. Així mateix és obligat fer referència a la consideració i ajuda rebuts tant de Josep M. Vidal (Coordinador Científic de l'IME) com de Núria Martínez (secretaria de l'IME). Volem fer patent, també, el nostre agraïment a Joan J. Fornós pels seus consells, ajuda i permetre l'ús del laboratori i infraestructura del Departament de Ciències de la Terra de la Universitat de les Illes Balears per tal de desenvolupar les analítiques.

Ciutat de Mallorca, 9 de setembre de 2001

# 1

## INTRODUCCIÓ

---

### 1.1 El litoral com a objecte d'estudi i actiu de l'economia de les Illes

La naturalesa del turisme que visita les illes Balears és el que s'anomena un flux *talassotròpic*. En altres paraules les illes Balears són un destí turístic de sol i platja (Sastre, 1995). Així doncs les platges de les illes Balears constitueixen el principal actiu del medi ambient en què es basa l'economia de les Illes.

Les platges són espais que pertanyen a sistemes naturals molt fràgils i molt dinàmics (Rodríguez-Perea *et al.* 2000). La seva preservació està estretament relacionada amb la possibilitat que s'hagin d'adaptar als canvis dinàmics que provoca l'onatge, a més a més de conservar la reserva d'arena que formen les dunes al darrera seu. Les construccions físicament assentades sobre les dunes o la mateixa platja, dificulten o impedeixen la dinàmica natural pròpia de la platja i, per tant, la seva conservació.

La font del sediment que nodreix d'arena a les platges és un altre fet de trascendental importància. Al contrari del que ocorre a moltes altres platges fora de les Illes, on l'arena que forma les platges és quasi bé en la seva totalitat terrígena, – això vol dir que l'arena que es troba a les platges està constituïda per aquelles partícules que els cursos fluvials han transportat fins el mar, i els corrents marins han depositat a la platja juntament amb els materials que l'onatge ha arrabassat de litoral rocós – a les Illes Balears és principalment biogènica. L'escàs dinamisme dels cursos fluvials, té com a conseqüència una abassegadora presència de fragments durs d'organismes marins en el sediment de les platges illenques.

El coneixement sedimentològic de les platges arranxa dels estudis de Fornós (1987) al nord i sud de Mallorca i sud de Menorca. Juntament amb aquest treball i posteriors (Fornós *et al.* 1992; Fornós i Ahr, 1997; Jaume i Fornós, 1992) es té constància de quin és el volum i la importància dels bioclasts en el sediments litorals. Així com també s'ha posat de manifest la importància dels ecosistemes marins productors del sediment arenós i, en particular, de les praderies de la fanerògama *Posidonia oceanica*.

Com a resultat d'aquestes característiques – arena amb un predomini de bioclasts, dinàmica energètica i equilibri fràgil – l'ocupació del litoral pel consum del turisme de masses genera una degradació de la platja que pot corregir-se amb diverses tècniques, per bé que sempre haurien d'actuar d'acord amb les pautes marcades pel medi mateix i considerant les tendències naturals, no sempre ho fan.

Les regeneracions artificials, realitzades mitjançant abocaments desmesurats d'arena extreta del fons del mar, no sols no resolen els problemes d'instabilitat de les platges de les Balears sinó que sovint n'agregen la situació (Rodríguez-Perea *et al.* 2000) i amb molta freqüència acaben provocant la dependència de nous abocaments per mantenir la presència de la platja emergida.

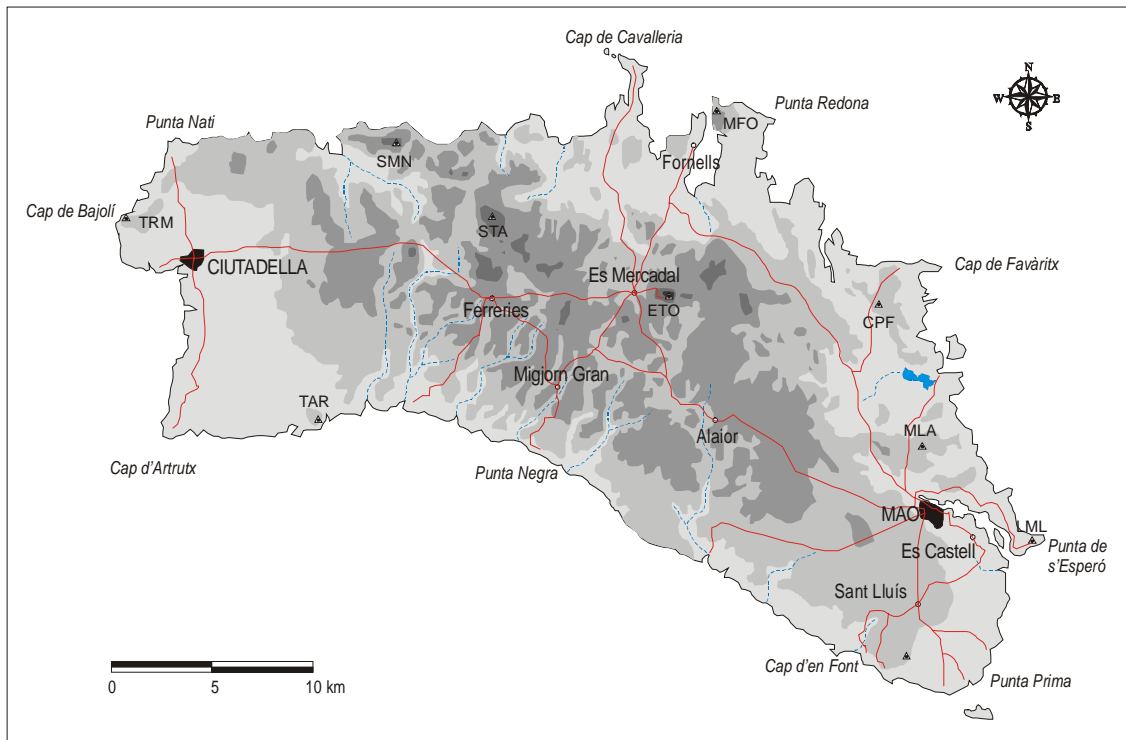
En aquest sentit l'*INFORME METADONA: alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada*, que ja hem citat varies vegades en aquest apartat introductori posa de manifest la necessitat d'aprofundir en el coneixement de processos dinàmics que afecten a les platges de les Balears i en aquest sentit la línia d'aquest treball es analitzar la composició del sediment de les platges menorquines, ja que fins ara sols es disposa d'alguns estudis puntuals i no de conjunt.

## **1.2 Esbòs geomòrfic del litoral de Menorca**

Menorca és la més oriental de les illes de l'arxipèlag Balear. La seva superfície és de 716 km<sup>2</sup> i presenta una forma rectangular amb una disposició Est-Oest, lleument basculada cap al SE. El paisatge menorquí reflecteix el contrast entre dos sectors de característiques geològiques i geomòrfiques ben diferenciades: Tramuntana i Migjorn (Fig. 1.1).

### *1.2.1 Sector de Tramuntana*

La línia que separa ambdós sectors transcorre entre el port de Maó, a l'extrem sudoriental de l'illa i les platges d'Algaires, a la costa nordoccidental. Al nord hi queda la regió de Tramuntana, uns 267 km<sup>2</sup> de terrenys paleozoics i mesozoics (amb afloraments de gresos, margues i argiles combinades amb calcària i dolomia) esquarterats per una xarxa de fractures de direcció general NW-SE (Borrouilh, 1983) que permeten la formació d'un talús on s'adosa la pontent formació calcarenítica, d'edat miopliocènica, que caracteritza la regió del Migjorn. Tramuntana, és el sector on es concentren les principals altures de l'illa. Es tracta d'un relleu desgastat (Rosselló, 1975) però força complex que es tradueix en una costa ben articulada. Arran de mar s'aixeca una modesta alineació de relleus trencats per valls a favor de la fracturació N-S que moren a les cales, en són bons exemples els casos d' Addaia o Tirant. Per la seva banda la resta de relleus de Tramuntana s'organitzen entorn a les planes centrals d'Es Mercadal i Alaior, on hi trobam els turons de s'Enclusa (278 m), Santa Àgueda (260 m), El Toro (350 m), el Puig de Santa Magdalena (139 m) o el Puig Mal (214 m) entre d'altres.



**Fig.1.1** Principals trets físicogràfics de Menorca

Dels 216km de la línia de costa menorquina, bona part són costes espadades i es concentren al sector septentrional. Baulies (1962) en diferencia tres sectors. El *primer*, de Sa Punta de s'Esperó al Cap de Favàritx, representa la transició d'un penya-segat de 70m d'alçada a un espadat baix on hi sovintegen esculls, recalades i penetracions desenvolupades sobre roques devonians, pissarres, arenisques i esquistos dels quals de sud a nord destaquen Cala Es Murta, Cala Mesquida, Es Pa Gros, Caleta de Binillautí, Punta de sa Galera, l'albufera des Grau, Cala Sa Torreta, el cap de Monsenyor Vives o la mateixa Cala Presili. El *segon* sector engloba la línia de costa entre el Cap de Favàritx i el promontori de Fornells. Es tracta d'una costa construïda sobre materials calcaris juràssics amb penya-segats de magnituds força importants. És un tram de costa on destaca el grau d'articulació i la presència d'accidents geogràfics tan importants com les Badies d'Addaia o la de Fornells. Finalment el *tercer* àmbit de la costa de Tramuntana el constitueixen els grans espadats que des del cap de Fornells cauen a plom amb timbes de 100m, que s'eleven a 200m a Sa Falconera i 70m al cap de Bajolí. Dominen els materials triàssics tot i que intercalats amb calcàries juràssiques i arenisques i pissarres devonians. En aquest darrer tram de la costa septentrional, l'articulació és menys accentuada que al sector de Llevant.

### 1.2.2 Sector de Migjorn

La regió meridional, al sud de la divisòria que solca l'illa des del Port de Maó a Algairens, és una potent formació calcarenítica, d'edat miopliocènica que s'adosa als materials de la regió de Tramuntana en forma d'un escull coral·lí (Llompарт *et al.* 1979). És una plana monòtona amb petites ondulacions que cobreix poc més de 435 km<sup>2</sup>, excepte a voramar quan la formació cau en potents penya-segats. L'altura mitjana del sector de Migjorn, oscil·la entre els 50 i 100 m i sols trenquen la monotonia de l'altipla els

barrancs encaixats en direcció SW que desenboquen en petites cales i valls de rebliment (Rosselló *et al.* 1997) com Algendar, Santa Galdana, Trebalúger o Son Bou.

La influència de la tectònica sobre el relleu del migjorn menorquí es fa avinent dividint aquest sector en tres grans blocs – formats per la reactivació d'antigues falles alpines – amb diferents graus d'estabilitat (Segura *et al.* 1999). El sector central, situat entre Cala En Turqueta i Son Bou, funciona com un conjunt de *horsts* amb importants deformacions recents. La costa apareix espadada i trencada per la incisió de barrancs que arriben a tallar el freàtic pel que afloren diverses surgències d'aigua. A l'est i a l'oest d'aquest sector central, trobem dos altres blocs més enfonsats i basculats cap al sud (sectors de Maó i Ciutadella), el que justificaria unes costes baixes i una organització embrionària de la xarxa de drenatge.

### **1.3 Les platges i el sistema sedimentari**

Komar (1998) defineix la costa com aquella zona de confluència marítim-terrestre. Així platges, penya-segats, albuferes, marjals, cales i estuaris queden relacionades genèticament amb aquest medi. Tanmateix, l'ambigüitat és palesa i trascendeix en una gran quantitat de classificacions i confusions terminològiques (Gracia *et al.* 2000).

La gran quantitat d'agents que intervenen en la configuració i evolució de les costes és, sense cap mena de dubte, allò que fa que acotar la seva naturalesa sia difícil. Sanjaume (1985) soluciona l'entrebanc posant de manifest que la costa és la zona d'interacció entre l'atmosfera, la hidrosfera, la litosfera i la biosfera. A més a més afegeix que a la complexitat genètica s'hi ha de sumar la complexitat espacial. La costa no és només una línia, sinó una franja de terreny d'extensió variable i amb límits força imprecisos.

Són moltes les classificacions que compartimenten els ambients costaners des de diferents perspectives, unes estructurals, altres oceanogràfiques, d'altres morfogenètiques. Però és en el canvi d'escala, quan es passa de la descripció a l'anàlisi (Carter, 1988) quan les costes queden separades en dos grans grups: les costes erosives i les costes d'acumulació; o el que és el mateix costes desenvolupades sobre materials cohesius i costes formades per materials solts.

Considerem el sistema sedimentari d'un sector de costa ideal. D'una banda tenim els penya-segats contruïts per materials forts, d'altra tenim l'aportació de material detrític a la desembocadura d'un riu i finalment una platja. L'entrada del sediment en el sistema prové de les aportacions del curs fluvial, el material que prové de l'erosió de la costa rocosa, l'erosió dels materials solts de la platja, l'aportació de la deriva litoral i les corrents de retorn. Així doncs, mentre la naturalesa de la platja és variable i s'alternen els processos d'erosió i acrecció; les costes rocoses tenen en l'erosió un procés irreversible. Heus aquí el fonament de la divisió entre costes d'erosió en referència a les costes rocoses i costes d'acrecció en referència a aquelles desenvolupades sobre materials tous.

Els sediments de platja poden tenir un origen múltiple i reflexen la influència de cada un dels processos que intervenen en llur formació. Cada un d'aquests processos imprimeix en els dipòsits unes característiques que seran típiques del domini particular on s'hagi produït la sedimentació. Així, per exemple, els factors dinàmics del medi marí donen unes característiques específiques a tots els sediments que, procedents dels emissors fluvials, arriben a la mar i, sobretot, als que la pròpia mar elabora a partir de la destrucció de les seves vores. La fracció de sediments lligats als processos dinàmics que són objecte d'estudi de la sedimentologia comprenen tot un conjunt de constituents de composició variada. Llurs proporcions, tant qualitatives com quantitatives, varien en funció de les fonts d'alimentació i dels medis de sedimentació. A les zones litorals els sediments corresponen a arenes i graves aportades pels corrents continentals (sediments terrígens) i que són retraballades per dinàmica marina. Un altre tipus de sediment són els que tenen un origen biogènic (bioclasts). Aquests sediments tenen la seva gènesi en l'acumulació dels fragments esquelètics carbonatats dels organismes (principalment mol·luscs, briozous, algues calcàries, equinoderms, foraminífers plantònics i bentònics, algues calcàries, i en menor importància els ostracodes, escafòpodes i serpúlids) i procedeixen de diferents medis marins com les praderies de *Posidonia oceanica*, fons d'algues vermelles, concreccions coral·lígenes, etc (Jaume & Fornós, 1992).

### 1.3.1 Estructura morfodinàmica de les platges de les Balears

Les platges són uns ambients que, des d'un punt de vista morfodinàmic, no es poden deslligar del que succeeix en els camps de dunes litorals cap a terra endins i tampoc de la part de la platja que roman submergida. Així doncs, a continuació n'explicarem l'estructura (Fig. 1.2) de manera que anirem des de la part submergida (zona de producció dels sediment) a la part subaèria (zona de sedimentació) on trobem la platja pròpiament dita i les formes dunars (Servera, 1998).

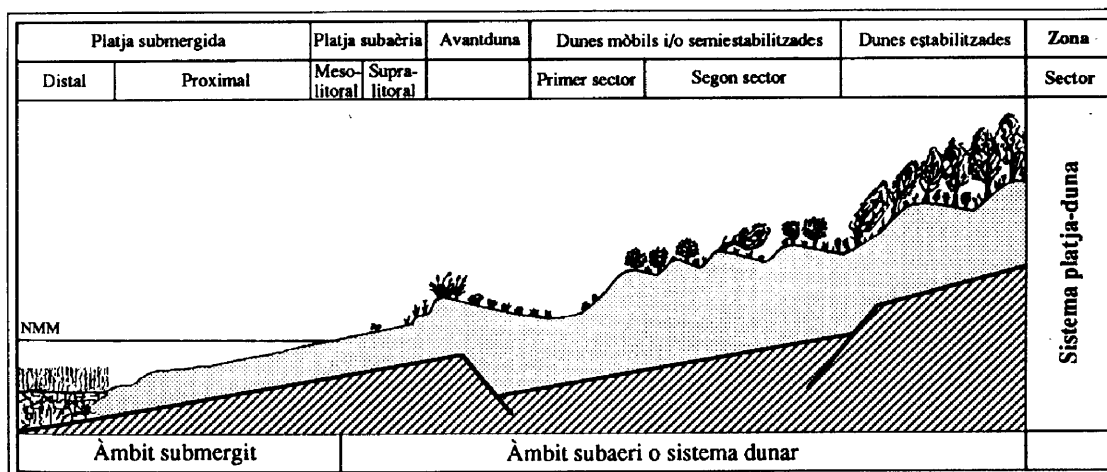


Fig. 1.2 . El sistema platja-duna a les Illes Balears (Servera, 1997)

#### a) Zona submergida (infralitoral o nearshore)

L'infralitoral constitueix una zona de platja inundada permanentment per la mar que, amb una superfície molt variable, abraça des del límit inferior del mesolitoral o zona de vaivé de l'onatge –wash- fins aproximadament a la isòbata de –40 m, allà on l'acció de les ones sobre el fons marí es nul·la. A l'infralitoral podem diferenciar clarament dos sectors: el sector distal, en el qual els processos



morfològics i dinàmics són més atenuats, i el sector proximal, que constitueix la part més activa pel que fa al transport de sediment cap a línia de costa.

El *SECTOR DISTAL* constitueix la part més allunyada de la costa i la seva profunditat no és superior als -40m. A les platges de Balears presenta un pendent suau que oscil·la entre 0,25% i el 2,5%, la qual cosa afavoreix el desenvolupament de les praderies de *Posidonia oceanica* (Cebrian & Duarte, 2001). Les praderies de *Posidonia oceanica* constitueixen unes estructures vegetals de creixement molt lent, formades per arrels, rizomes, tiges i fulles entre les quals es deposita arena. Tenen un paper transcendental en el desenvolupament i el manteniment de l'equilibri de les restants zones del sistema platja-duna. La seva importància rau en tres aspectes: en primer lloc, juntament amb les concrecions coral·lígenes, formen l'hàbitat perfecte de l'ecosistema que constitueix la "fàbrica" de sediment arenós més important del litoral balear (Fornós & Ahr, 1997). La forma i el desenvolupament vertical d'aquestes plantes afavoreixen, a més a més de les condicions ideals d'hàbitat de moltes espècies, la captació i la retenció de partícules d'arena que són mobilitzades per la mar. Així doncs, durant el creixement incorporen i retenen entre els rizomes les restes esquelètiques de la fauna que duen associada (Canals *et al.* 1988; Fornós, 1987). En segon lloc, la presència de *Posidonia oceanica* en el fons augmenta la rugositat i disminueix la profunditat crítica que provoca la modificació de l'onatge, de manera que obliga a l'onatge dels grans temporals a rompre les ones en una zona relativament allunyada de la línia de costa. Així doncs, l'existència i la localització estratègica d'aquestes praderies constitueixen un efectiu fre a l'acció erosiva de les ones, de les quals poden arribar a absorbir entre el 30% i el 40% de l'energia i realitzen un efectiu treball de protecció de la línia de costa respecte dels mecanismes d'erosió (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983).

Finalment i en tercer lloc, les praderies fan la funció de dic de contenció natural, de forma que la seva situació i la seva disposició és paral·lela a la línia de costa. Aquesta funció impedeix que l'arena es desplaci cap a zones més profundes, on en una escala de temps humana no seria recuperable per a la platja. D'altra banda també permet mantenir un pendent òptim de la platja submergida perquè l'onatge transporti el sediment cap a la línia de costa (Rodríguez-Perea *et al.* 2000).

El *SECTOR PROXIMAL* està format per bancs d'arena submergida i constitueix l'espai més proper a la línia de costa. És un sector més o menys ample que queda enmarcat entre el límit superior de les praderies de *Posidonia oceanica* i la mateixa línia de costa. Com a conseqüència de la relativa poca profunditat del sector, l'onatge hi té la capacitat de mobilitzar el sediment. Així doncs és en aquest sector on es produeix la redistribució del sediment al llarg de tota la platja i on comencen els processos dinàmics d'intercanvi del sediment amb la platja subaèria. En conjunt, aquests processos són vitals per al manteniment de l'equilibri i l'estabilitat morfodinàmica de la platja (Komar, 1998; Pethick, 1984). Arran del comportament canviant i cíclic de la zona mesolitoral, l'intercanvi de sediment entre la platja submergida i la platja subaèria dóna lloc a una constant variació batimètrica temporal i espacial que es reflecteix en la presència i formació de barres arenoses submergides que migren fins a la platja subaèria. El resultat és un balanç de sediment entre episodis positius i negatius, que estableix un equilibri entre ambdós ambients. A més a més cal remarcar la importància d'aquest sector en l'aspecte dinàmic de la platja, així com en la

producció de nou sediment arenós. En els bancs arenosos submergits hi viuen un gran nombre d'espècies, les restes esquelètiques dels quals –copinyes, espícules, parts dures, etc...- quan moren són triturades pel vaivé de l'onatge fins a arribar a unes dimensions de gra d'arena i passen a formar part del sediment. A causa de les característiques d'aquest sector, amb un alt grau de fragilitat i dinamisme, qualsevol alteració –antròpica o natural- de la seva dinàmica provoca ràpidament un comportament de reajustaments morfodinàmics, essencials per al seu equilibri i per al dels sectors contigus.

*b) Zona de platja subaèria (mesolitoral o foreshore i supralitoral o backshore)*

La platja subaèria és la zona on culmina l'intercanvi de sediment entre la part submergida i la part emergida o viceversa; d'altra banda, també és l'indret on es dona la transferència de sediment entre la platja subaèria i les dunes (Servera, 1997). La zona de platja subaèria presenta dos sectors morfodinàmics ben diferenciats: el mesolitoral i el supralitoral.

El *SECTOR MESOLITORAL O DE FORESHORE*, es defineix entre el límit superior i l'inferior de la marea alta i la marea baixa. A les Balears, on no existeixen oscil·lacions mareal pròpiament dites, aquest és un sector força estret que es correspon el la zona de batuda de l'onatge (*swash*). La part superior de la zona de vaivé de l'onatge queda delimitada de la resta de la platja subaèria per un graó natural de caràcter erosiu i d'alçària variable, encara que no sempre hi és ben definit. En conjunt, aquesta zona de mesolitoral és la que té major grau de dinamisme des del punt de vista d'intercanvi de sediment entre la zona submergida de l'infralitoral i la platja alta emergida del supralitoral. Com a resultat d'aquest dinamisme, el mesolitoral amplia o redueix la seva superfície, alhora que també controla les dimensions i la superfície de la part alta de la platja. Aquesta relació dinàmica esmentada presenta un cicle anual, que provoca variacions del seu perfil, del pendent i de la mateixa posició del sector en qüestió, i arriba a les majors diferències morfològiques entre l'estació hivernal i l'estació estiuenca. A la tardor i a la primavera es produeixen processos de transició d'una situació a l'altra (Komar, 1998).

La situació d'hivern és conseqüència del major nombre de temporals esdevinguts a la tardor i a l'hivern respecte de les dues estacions restants. El sector, doncs, adopta un perfil de pendent suau que afavoreix la dissipació de l'energia de l'onatge; al mateix temps es dona un trasvasament del sediment d'aquest sector al proximal de l'infralitoral, tot formant-se barres submergides amb disposició paral·lela a la costa. La formació de barres submergides en els períodes hivernals és fonamental, ja que juntament amb les praderies de *Posidonia oceanica*, redueix l'efecte erosiu de l'onatges a la zona mesolitoral i, per tant, protegeix la platja.

La situació d'estiu, que juntament amb la primavera presenta menor freqüència de temporals, és contrària a la situació hivernal. La platja presenta una dinàmica de deposició, constructiva, que dona lloc a un perfil de sector més curt però amb més pendent i que actua com a reflectiu de l'onatge de baixa energia. Aquesta situació provoca novament l'acumulació a la línia de costa del sediment procedent de les barres submergides i per tant dona lloc a un procés d'acreció de la superfície de la platja subaèria i a la formació d'una berma. No obstant això, el comportament cíclic del mesolitoral no es produeix d'una

forma sistemàtica. El fet és que, en un estat natural, es pot observar la presència de diferents bermes abandonades com a conseqüència de l'alternança dels dos perfils en un període de temps relativament curt.

El *SECTOR SUPRALITORAL O BACKSHORE* queda comprès entre el límit superior del mesolitoral i la primera línia de dunes èoliques davanteres (*foredunes*), en el cas d'un sistema dunar, o del límit del peu del penya-segat o la restinga d'un torrent en el cas de costes de caràcter espadat. Aquesta zona de la platja presenta uns trets morfològics i una dinàmica diferents al sector anteriorment descrit, ja que en el seu modelat i equilibri s'inclouen els processos de transport eòlic, i en canvi, ja no és de forma sistemàtica afectada pel mar. Presenta una forma relativament plana, amb pendents suaus cap a mar en funció de la mida de gra del sediments i d'altura força variable. Atès que el sediment resta eixut s'hi dibuixen les primeres morfologies d'origen eòlic. Després de la plataforma de deflacció, en els casos dels sistemes dunar i algunes restingues s'hi troba els *foredunes* i els sistemes de dunes de les quals se'n pot trobar una completa i acurada descripció per a les Balears a Servera (1997).

#### **1.4 Objectius de l'estudi**

Encara que des de fa temps es coneix que les arenes que conformen litoral de Menorca són eminentment bioclàstiques (Fornós, 1987 i 1997) fins ara no s'ha fet cap estudi detallat de caràcter global que caracteritzi tant des del punt de vista textural com de composició els sediments de les platges de Menorca. D'aquest tipus d'estudis sols se n'ha realitzat per al litoral mallorquí (Jaume & Fornós, 1992) i de forma puntual a Menorca per a l'Albufera des Grau (Fornós, 1992) i la badia de Fornells (Fornós *et al.*, 1990; Fornós *et al.*, 1992). Tot i així cal posar de manifest l'existència d'una sèrie de treballs que posen l'èmfasi dels seus objectius bé en la relació entre sedimentologia i biologia (Martínez-Taberner *et al.*, 1993; Fornós *et al.* 1997), bé en les implicacions entre geomorfologia, evolució del nivell marí i sedimentologia (Fornós *et al.* 1996; Fornós *et al.* 1998; Pardo *et al.* 1997 i Rosselló *et al.* 1997).

A Menorca la clara diferenciació geològica entre les comarques de Tramuntana i Migjorn posen a l'abast un laboratori natural per esbrinar quina part del sediment litoral menorquí és producte de l'erosió actual o passada, i quina és de producció biològica. Discernir entre l'origen del sediment és bàsic a l'hora de dissenyar modificacions o accions sobre les platges, car que certes actuacions com puguin ser les regeneracions poden acabar amb la font de sediment i provocar marees roges o processos d'eutrofització. Situacions que impliquen una pèrdua dràstica d'un recurs ambiental, i a més a més en el cas de les platges d'un recurs turístic, econòmic.

Així doncs el present estudi té per objectius específics:

- a) caracteritzar la textura del sediment de platja del litoral menorquí,
- b) determinar-ne la composició, establir el volum de sediment terrígen i el de biogènic,
- c) avaluar-ne les característiques de forma i les implicacions en la dinàmica d'aquesta, i finalment
- d) establir una classificació de les fàcies dels sediments de platja del litoral menorquí.

## 2

# MÈTODE

---

### 2.1 Introducció

El procediment per a l'obtenció de les mostres i el seu posterior tractament és clàssic dins la geologia marina. A cada localitat d'estudi s'ha agafat una mostra de sediment i s'ha pres nota de les condicions hidrodinàmiques, del tipus de perfil de platja, així com altres observacions de tipus descriptiu. Un cop al laboratori i després d'un tractament previ s'han pogut en sec les mostres, separant les fraccions de sediment en diferents submostres en funció del diàmetre de les partícules. Llavors s'ha analitzat la composició de les mostres mitjançant el comptatge i identificació dels grans, així com per calcimetria. Durant els comptatges també s'ha considerat l'arrodoniment dels grans de les fraccions caracteritzades, per acabar implementant una anàlisi multifactorial, a fi i efecte de classificar les fàcies sedimentàries de platges estudiades. A continuació es reproduïx el procediment passa a passa.

### 2.2 Recollida de mostres

S'han recollit un total de 63 mostres per prospecció directa, atès que les mostres procedeixen de profunditats entre els 10 i 20cm. El volum de mostra a recollit ha estat de 2kg com recomanen Komar (1998) o Pethick (1984), així mateix seguint les pautes de Sanjaume (1985) s'ha procurat evitar l'obtenció de mostres a zones d'intensa remonició antròpica per tal que les propietats texturals del sediment siguin significatives de cara a la classificació i descripció de les fàcies.

La presa de mostres ha anat acompanyada de la descripció de l'estat de la platja així com de les formes presents, observacions del vent, etc. Les mostres es recolliren durant la tardor de 1999 i l'hivern de 2000, per tant cal tenir present que arran de les condicions ambientals derivades de les situacions d'hivern la mida de gra serà lleugerament superior a la que s'hagués recollit en condicions estivals (Sanjaume, 1985).

## 2.3 Tractament preliminar de les mostres

Un cop al laboratori les mostres han estat rentades amb aigua destil·lada per tal d'eliminar les sals, s'ha atacat les mostres amb H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> rebaixat al 10% per tal de dispersar el grans i oxidar la matèria orgànica. Amb posterioritat les mostres després d'eixugar-se el màxim possible, a temperatura ambient, s'han mantingut durant un mínim de 24h a 105°C a l'estufa. Aquesta temperatura permet l'evaporació de l'aigua sense que s'alterin les propietats geoquímiques del sediment.

## 2.4 Anàlisi textural

Una vegada eixutes les mostres, s'ha procedit a dividir cada una d'elles en cinc submostres. De manera que per a cada localitat poden calcular-se a més a més del valors dels paràmetres estadístics també l'error. De cada submostra s'han pesat 100g que han estat porgats mitjançant tamisatge sec (Mcmanus, 1988) i s'han separat les fraccions de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 i 0.063 mm. Cada una de les fraccions ha estat codificada mitjançant tres lletres (relatives a la localitat), la lletra A (inicialment s'havia previst mostrejar més àmbits als que s'havia assignat els codis de B, C, etc.) i el número de submostra seguit del diàmetre de la reixa del sedàs on ha quedat retint el sediment. Així doncs, el codi CAV/A2\_0.5 correspon a la fracció de 0.5mm de la réplica nº2 de la mostra recollida a la platja de Cavalleria.

De cada una de les rèpliques se n'ha calculat els paràmetres sedimentaris de textura (Pettijohn *et al.*, 1987) i les seves respectives representacions gràfiques, tant de freqüències relatives simples com acumulades. Les dades s'expressen en unitats  $\phi$  ( $\phi$ ), aquestes corresponen al logaritme negatiu en base 2 del diàmetre de les partícules expressades en mm (McManus, 1988). Els paràmetres calculats són:

*Mitjana aritmètica ( $Me_{\phi}$ ):* és una mesura de tendència central que representa la mida mitjana de tots els grans de la mostra. Es dedueix de la funció interpolada de la corba de freqüències relatives acumulades. És un indicador de la magnitud de la força aplicada per l'aigua o el vent per tal de moure les partícules. La seva formula és:

$$Me_{\phi} = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$$

on  $\phi_{16}$  correspon a la mida de gra per sota la qual resta un 16% de la mostra,  $\phi_{50}$  la mida de gra per sota la qual resta el 50% de la mostra, i així successivament.

*Mijana ( $Md_{\phi}$ ):* igual que la mitjana aritmètica és una mesura de tendència central, tot i que el seu poder estadístic és menor que l'indicador anterior atès que representa la mida mitjana de la meitat de les freqüències. Això és la mida per a la qual el 50% de la mostra té mida de gra major i la meitat restant menor. La seva expressió és:

$$Md_{\phi} = \phi_{50}$$

*Classificació (So)*: la desviació típica és una mesura de dispersió respecte la tendència central. Per a l'anàlisi granulomètrica aquest tret significarà que els seus valors representaran el grau de classificació o selecció. Indica el conjunt de forces que han intervingut en la producció del sediment. Així una desviació típica de valors alts indicarà que la classificació ha estat pobre, ja que la distància dels valors respecte la tendència central és acusada. El procés que ha actual sobre les partícules o bé ha estat molt ràpid o bé ha tengut escassa energia. En canvi una bona classificació indicarà una selecció activa produïda pel vent o l'onatge.

$$So = (\phi_{84} - \phi_{16})/4 + (\phi_{95} - \phi_5)/6,6$$

L'*assimetria (Sk)* i la *curtosi (Kg)* ens donen idea de quina és la situació de la distribució de freqüències respecte a una distribució normal. Així, a mode d'exemple, una assimetria positiva indicarà un excés de mides fines, mentre que una negativa informarà en sentit contrari. La curtosi complementarà la informació de la distribució, en el sentit que ens indica com és de picuda aquesta distribució.

$$Sk = [\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50} / 2(\phi_{84} - \phi_{16})] + [\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50} / 2(\phi_{95} - \phi_5)], i$$

$$Kg = \phi_{95} - \phi_5 / 2,44(\phi_{75} - \phi_{25})$$

Els resultats de les anàlisis texturals s'han representat d'una banda mitjançant la distribució simple i l'acumulada de freqüències a cada una de les classes granulomètriques. A més a més durant la discussió s'exemplificaran alguns casos amb gràfics de dispersió entre paràmetres com la classificació, la curtosi, la mitjana, atès que els paràmetres que presenten covariància i donen idea de quina és l'activitat de l'ambient on s'han generat o retreballat els sediments.

## 2.5 Anàlisi del contingut en carbonats (%CaCO<sub>3</sub>)

La mesura del contingut en carbonats s'ha realitzat mitjançant el mètode Bernard, també conegut com a gasometria (Siesse & Rogers, 1971; Carranza-Edwards, *et al.* 1998). Consisteix en medir el volum desplaçat de CO<sub>2</sub> produït quan s'ataca una mostra, prèviament molturada per facilitar la reacció, amb HCl. El percentatge de carbonats s'obté a partir d'una mostra patró de CaCO<sub>3</sub> pur.

## 2.6 Anàlisi de la composició

Per a cada localitat, s'ha analitzat la composició de la rèplica amb valors més propers a la mitjana abocada per les cinc submostres. De cada una de les fraccions s'ha realitzat un còmput de 250 a 500 grans (Pyokari, 1997) que posteriorment s'ha ponderat amb el pes de la fracció per tal d'expressar en % els valors de composició. A grans trets s'han separat els grans entre litoclasts i bioclasts. Per als primers

s'han separat els grans de quars d'altres fragment d'origen terrígen. A més a més s'ha considerat un subapartat on s'inclouen els grans d'origen antròpic com vidres, restes de construcció, etc.

Pel que fa als bioclasts les variables a identificar han estat: foraminífers, gasteròpods, bivalves, briozous, equinoderms, pues d'equinoderm, espícules d'esponja, rodofícies, serpúlids, i finalment una categoria d'indiferenciats.

## **2.7 Anàlisi de l'arrodoniment**

La forma de les partícules sedimentàries és una propietat complexa que es deriva de l'observació de l'arrodoniment i la textura de la superfície del gra. L'arrodoniment es descriu mitjançant una escala gràfica (Graham, 1988). Del seu ús cal destacar l'error induït en la interpretació entre diferents usuaris, tot i així considerant el caràcter semiquantitatiu de l'observació és una eina força útil quan s'acompanya d'altres variables. S'han establert sis categories que s'atribueixen als grans durant el mateix comptatge realitzat per a l'anàlisi de composició. Aquests són: molt angular (VA), angular (A), subangular (SA), subarrodonit (SR), arrodonit (R), molt arrodonit (VR).

## **2.8 Anàlisi estadística**

L'anàlisi de factors, també dit factorial, s'empra tot sovint per a estudiar les correlacions entre un gran nombre de variables quantitatives a fi i efecte de reduir les variables en un petit nombre que permeten interpretar el conjunt de les variables (Bosque & Moreno, 1994; Kasper-Zubillaga & Dickinson, 2001).

L'anàlisi factorial s'ha desenvolupat introduint totes les variables de textura descrites a l'apartat 2.4, a les que s'ha afegit el percentatge de grava, arenas i fins així com també el percentatge en pes de cada una de les variables de composició (apartat 2.5) i la proporció de carbonats present a cada una de les mostres (2.6). S'ha desestimat introduir l'arrodoniment a l'anàlisi factorial atès que es tracta d'una dada obtinguda mitjançant analogia i es tracta d'una escala de medició semi-quantitativa (ordinal).

Finalment el procediment desenvolupat mitjançant el paquet estadístic SPSS<sup>®</sup> Base 7.5 parteix de l'anàlisi de components principals com a mètode d'extracció de factors i per a la rotació s'ha emprat una normalització varimax (SPSS, 1997). A partir dels resultats s'ha dut a terme una classificació/agrupació de resultats mitjançant una anàlisi d'agrupació jeràrquica (Hierarchical Cluster Analysis) que ens ha permès agrupar cada una de les mostres en les diferents fàcies sedimentàries.

### 3

## RESULTATS

S'han estudiat un total de 64 platges repartides arreu de la costa menorquina, 36 d'aquestes platges es localitzen a la regió fisogràfica de Tramuntana i la resta al Migjorn (Fig. 3.1). A nivell municipal el 28,81% de les mostres s'han recollit al terme de Maó, li segueix un 25,42 a Ciutadella i un 20,33% al municipi d'Es Mercadal. En menor proporció tenim un 8,47% tant a Es Migjorn Gran com a Sant Lluís, per acabar amb un 3,38% al terme d'Alaior (Taula 3.1). Atès del domini espatat de la costa del municipi d'Es Castell, no s'hi ha prospectat cap platja.

Codi	Nom	Loc.	Municipi	Codi	Nom	Loc.	Municipi
ADC	Arenal den Castell	T	Mercadal	CNT	Canutells	M	Maó
ADT	Arenal de Tirant	T	Mercadal	CPD	Cala Pudent	T	Mercadal
ALC	Cala Alcalfar	M	Sant Lluís	CPF	Capifort	T	Maó
ASS	Arenal Son Saura	M	Ciutadella	CPT	Cala En Porter	M	Alaior
BLA	Cala en Blanes	M	Ciutadella	CST	Cala Sa Torreta	T	Maó
BLC	Cala Blanca	M	Ciutadella	CTL	Cala Taulera	T	Maó
BML	Binimel.la	T	Mercadal	CTM	Cala Tamarells	T	Maó
BNB	Binibeca	M	Migjorn G.	CVP	Cala Viola de Ponent	T	Mercadal
BNC	Binicordell	M	Migjorn G.	DEG	Cala des Degollador	M	Ciutadella
BND	Binidali	M	Maó	EBR	En Brut	T	Mercadal
BNG	Binigaus	M	Migjorn G.	EGR	Es Grau	T	Maó
BNX	Biniparraitx	M	Maó	FDL	Fondejar de ses Llanes	T	Maó
BOS	Cala En Bosch	M	Ciutadella	FRR	Ferragut	T	Mercadal
BOT	Platja des Bot	T	Ciutadella	FST	Cala Fustam	M	Migjorn G.
BOU	Son Bou	M	Alaior	GDN	Cala Galdana	M	Ferrieres
BRR	Cala Barril	T	Mercadal	ICS	Illa Colom (Sud)	T	Maó
BSS	Binissafuller	M	Sant Lluís	ICN	Illa Colom (Nord)	T	Maó
CAL	Cala Calderer	T	Mercadal	LVL	La Vall	T	Ciutadella
CAV	Cavalleria	T	Mercadal	MCR	Macarella	M	Ciutadella
CCC	Cala Cabra Salada	T	Mercadal	MCT	Macarelleta	M	Ciutadella
CNM	Cala Morella Nou	T	Maó	MCA	Cala Mica	T	Mercadal.

**Fig. 3.1a** Platges mostrejades. T = Tramuntana, M = Migjorn



Codi	Nom	Loc.	Municipi	Codi	Nom	Loc.	Municipi
MNN	Mongofre Nou	T	Maó	PSS	Platja de Ses Salines	T	Mercadal
MOR	Cala Morell	T	Ciutadella	SAR	S'Arenalet	T	Mercadal
MQD	Sa Mesquida	T	Maó	SEC	S'Enclusa	T	Maó
MTJ	Mitjana	M	Ferrerries	SES	S'Escala	T	Maó
NMC	Na Macaret	T	Mercadal	SSR	Son Saura	T	Mercadal
PDI	Platges Illa Colom	T	Maó	STD	Cala Santadria	M	Ciutadella
PDO	Pregondò	T	Mercadal	STM	Sant Tomàs	M	Migjorn G.
PFB	Punta Fra Bernat	T	Maó	TBL	Trebalúger	M	Ferrerries
PIL	Cala Pilar	T	Ciutadella	TLR	Talaier	M	Ciutadella
PPP	Platja Punta Prima	M	Sant Lluís	TQT	Cala En Turqueta	M	Ciutadella
PRG	Cala Pregonda	T	Mercadal	XOR	Son Xoriguer	M	Ciutadella

**Fig. 3.1b** Platges mostrejades. T = Tramuntana, M = Migjorn

### 3.1 Textura dels sediments de platja del litoral menorquí

A partir dels valors de la mitjana aritmètica podem catalogar cada platja segons el diàmetre de gra d'arena, d'aquesta manera podem diferenciar entre arenes molt gruixades (vcsa, diàmetre comprès entre 1 i 2 mm), arenes gruixades (csa, diàmetre comprès entre 0.5 i 1 mm), arenes mitjanes (msa), arenes fines (fsa, diàmetre comprès entre 0.250 i 0.125 mm) i arenes molt fines (vfsa, diàmetre comprès entre 0.125 i 0.250 mm). Bona part de les platges estudiades donen valors que s'enquadrin dins dels diàmetres corresponents a la mida de les arenes. En el conjunt de les platges estudiades tant a la regió de Tramuntana com a la de Migjorn, s'observa (Taula 3.2) un clar domini de les arenes amb diàmetre de mitjà-gruixat (entre 2mm i 0,250 mm). L'anàlisi granulomètrica per als diferents trams de costa en que s'ha dividit cada una de les regions de Tramuntana i de Migjorn, presenten particularitats i diferències respecte la generalització per a tot el conjunt menorquí en funció de les condicions de geologia, relleu, i clima marítim.

	Tramuntana	Migjorn
Arenes molt fines (vfs)	3,13 %	3,57 %
Arenes fines (fsa)	18,75 %	15,63 %
Arenes mitjanes (msa)	46,85 %	50,00 %
Arenes gruixudes (csa)	37,50 %	21,42 %
Arenes molt gruixudes (vcsa)	6,25 %	7,14 %

**Taula 3.2** Distribució de la tipologia textural del sediment de platja de Menorca

#### 3.1.1 Textura del sediment a Tramuntana

El calibre del sediment de les platges localitzades a la regió de Tramuntana de Menorca té una clara tendència cap a la mida de gra gruixat (csa, diàmetre comprès entre 0.5 i 1 mm), així ho posen de manifest les mitjanes aritmètiques ( $Me$ ) que oscil·len entre els valors de  $-1$  i  $+2\phi$ , entre la mida d'arenes molt gruixades (vcsa, diàmetres entre 1 i 2 mm) i arenes mitjanes (msa, diàmetres entre 0,250 i 0,5 mm). Dins aquest sector també hi són presents platges com SAR i FRR que presenten els diàmetres més petits amb valors de  $\phi$  de 2,73 i 2,05 respectivament, enquadrant-se dins de la tipologia d'arenes fines (fsa, diàmetres entre 0,250 i 0,125 mm).

Pel que fa als valors de classificació ( $S_o$ ), les platges amb un alt grau de classificació del sediment amb valors de  $\phi$  menors a 0,35 són BML, CAL, CNM, LVL i PIL que representen el 13,68 % del total de les platges estudiades a la regió de tramuntana. Les platges amb una bona classificació del sediment, amb valors de  $\phi$  que oscil·len entre 0,35 i 0,50, són CAV, FRR, ICS, MCA, MNN, PDI, PFB, SEC, EBR i BOT, aquestes representen un 27,77% del total de platges; amb una classificació moderadament bona del sediment i amb valors de  $\phi$  compresos entre 0,5 i 0,70 tenim les localitats d'ADC, CPD, CPF, CST, CVP, EGR, ICN, MQD, PDO PRG, PSS, SAR, SES i SSR que representen el 41,66 %. Les platges amb una classificació més pobre de la regió de Tramuntana presenten paràmetres de desviació estàndards de l'ordre de  $0,70\phi$  a  $1\phi$ , aquestes són ADT, CCC, CTL, CTM, FDL i NMC que representen un 16,66 % del total de platges.

#### Sector Tramuntana 1: Cap de l'Esperó - Favàritx

El tram de costa comprès entre Cap de l'Esperó i el Cap Favàritx mostra una lleugera tendència de cap a la mida d'arenas mitjanes (Taula 3.3), set de les dotze platges; EGR, PFB, CST, CTL ICS i MQD que es troben incloses dins del present tram de costa, mostren mitjanes d'arenas entre 0,5 i 0,250mm, el paràmetre d'assimetria ( $Sk$ ) o curtosi ( $Kg$ ) d'aquestes ens informa que la tendència de la corba granulomètrica de totes quatre mostres és cap a les fraccions d'arenas fines, a excepció de CNM. Tres platges; FDL, ICN i PDI tenen mides mitjanes pròpies d'arenas de gra gruixat. CPF i CTM presenten mides mitjanes d'arenas fines.

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
CPF	2,02	0,02	0,52	0,00	1,82	0,02	-0,21	0,01	1,69	0,01	FSA
CTM	2,00	0,14	0,81	0,10	1,50	0,20	-0,56	0,05	2,49	0,20	FSA
EGR	1,25	0,03	0,70	0,01	0,98	0,05	-0,22	0,04	2,48	0,08	MSA
FDL	0,18	0,07	0,79	0,10	-0,25	0,19	-0,45	0,15	2,14	0,22	CSA
ICN	0,41	0,05	0,66	0,07	0,26	0,11	-0,01	0,10	2,54	0,10	CSA
ICS	1,26	0,04	0,38	0,07	1,19	0,12	-0,03	0,12	2,38	0,32	MSA
MQD	1,27	0,07	0,71	0,27	0,85	0,46	-0,48	0,51	3,29	0,62	MSA
PDI	0,15	0,03	0,50	0,02	-0,05	0,05	-0,24	0,03	1,88	0,08	CSA
PFB	1,18	0,01	0,51	0,01	0,97	0,02	-0,22	0,02	1,90	0,01	MSA
CST	1,78	0,09	0,61	0,01	1,65	0,06	-0,02	0,07	2,23	0,16	MSA
CTL	2,13	0,03	0,73	0,01	1,94	0,03	-0,02	0,02	1,72	0,01	MSA
CTM	1,37	0,03	0,35	0,00	1,37	0,03	0,08	0,00	2,51	0,05	MSA

**Taula 3.3** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre Cap de l'Espró i Cap de Favàritx.

#### Sector Tramuntana 2: Favàritx- Mola de Fornells

El tram de costa comprès entre el Cap Favàritx i la Mola de Fornells presenta unes tendències granulomètriques despallades cap als valors d'arenas mitjanes i gruixades (Taula 3.4). Així ho ratifiquen els valors de mitjana aritmètica de  $0,42\phi$ ,  $-0,18\phi$  i  $-0,13\phi$  per a les platges SSR, SES i NMC. Per la seva banda el calibre mitjà de les platges d'ADC i PSS prenen valors a l'entorn de  $1,60\phi$  i  $1,52$ , dins les arenas mitjanes, tot i que els seus valors d'assimetria ( $Sk$ ) indiquen una tendència de cap a les arenas gruixades. A les platges SEC, MNN i EBR - també d'arenas mitjanes - els valors d'assimetria, ens

indiquen un desplaçament cap a les fraccions d'arenes fines. L'única platja amb calibres mitjans assignats a la categoria d'arenes fines (0.250 i 0.125 mm) és CPD.

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
ADC	1,62	0,03	0,52	0,01	1,60	0,03	0,14	0,01	2,00	0,21	MSA
CPD	2,07	0,03	0,58	0,00	1,87	0,03	-0,22	0,10	1,72	0,02	FSA
EBR	1,13	0,41	0,48	0,03	0,96	0,07	-0,20	0,02	1,85	0,12	MSA
MNN	1,13	0,02	0,50	0,01	0,92	0,02	-0,24	0,00	1,82	0,04	MSA
NMC	0,18	0,04	0,74	0,05	-0,13	0,06	-0,26	0,02	2,14	0,03	CSA
PSS	1,52	0,03	0,58	0,02	1,52	0,03	0,23	0,01	2,47	0,06	MSA
SEC	1,24	0,03	0,37	0,06	1,16	0,10	-0,06	0,09	2,29	0,26	MSA
SES	0,14	0,06	0,60	0,06	-0,18	0,13	-0,39	0,09	2,22	0,10	CSA
SSR	0,46	0,05	0,05	0,09	0,42	0,12	0,14	0,11	2,63	0,06	CSA

**Taula 3.4** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre Cap de Favàritx i La Mola de Fornells.

### Sector Tramuntana 3: Mola de Fornells – Cala Algairens

El tram de costa comprès entre la Mola de Fornells i Cala Algairens amb setze platges mostrejades, presenta una clara tendència de cap als valors d'arenes gruixades (Taula 3.5), sis platges, BML, CAL, CAV, CVP, MCA i PIL presenten diàmetres mitjans superiors o iguals a  $0,5\phi$ . Dues platges, BRR i PRG presenten valors d'arenes molt gruixades,  $-0,3\phi$  i  $-0,35\phi$  respectivament. De les quatre mostres amb valors dins la categoria d'arenes mitjanes (ADT, PDO, PSS i LVL), les dues primeres tenen valors de Kg amb una tendència cap a les fraccions d'arenes fines. Les platges amb mida de gra desplaçada cap a les fraccions d'arenes fines es limiten a BOT, FRR i CCC amb mides mitjanes d'arenes fines (fsa, diàmetre comprès entre 0.250 i 0.125 mm) i SAR amb calibre mitjà d'arenes molt fines (vfsa, diàmetre comprès entre 0.125 i 0.0625 mm).

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
ADT	0,99	0,11	1,01	0,08	0,33	0,16	-0,68	0,09	2,12	0,04	MSA
BML	0,37	0,01	0,27	0,00	0,37	0,01	0,05	0,00	1,87	0,16	CSA
BOT	2,09	0,04	0,50	0,01	1,89	0,04	-0,23	0,00	1,76	0,04	FSA
BRR	-0,03	0,15	0,63	0,05	-0,30	0,12	-0,27	0,13	2,05	0,09	VCSEA
CAL	0,36	0,02	0,36	0,01	0,36	0,02	0,09	0,00	3,03	0,17	CSA
CAV	0,43	0,01	0,42	0,02	0,43	0,01	0,12	0,01	2,47	0,02	CSA
CCC	2,01	0,03	0,75	0,02	1,74	0,03	-0,17	0,02	2,60	0,25	FSA
CVP	0,51	0,08	0,54	0,02	0,50	0,07	0,18	0,01	2,39	0,17	CSA
FRR	2,21	0,02	0,46	0,02	2,05	0,05	-0,18	0,04	2,03	0,08	FSA
LVL	1,32	0,02	0,33	0,01	1,32	0,02	0,07	0,01	2,58	0,03	MSA
MCA	0,24	0,01	0,42	0,02	0,13	0,03	-0,10	0,03	2,16	0,07	CSA
PDO	0,95	0,08	0,59	0,01	0,75	0,05	-0,18	0,07	1,92	0,20	MSA
PIL	0,56	0,03	0,36	0,03	0,56	0,03	0,09	0,01	1,81	0,03	CSA
PRG	-0,21	0,04	0,59	0,01	-0,35	0,02	-0,04	0,06	2,07	0,05	VCSEA
SAR	2,95	0,07	0,58	0,01	2,73	0,03	0,21	0,08	1,91	0,19	VFSA

**Taula 3.5.** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre la Mola de Fornells i Cala Algairens.

### 3.1.2 Textura del sediment a Migjorn

La tendència general de la mida de gra a les platges mostrejades a la regió de Migjorn presenta un domini de les categories d'arenes mitjanes (0.5 i 0.250 mm). La major part dels valors oscil·len entre diàmetres de

1 i  $2\phi$ , el que es correspon a la tipologia d'arenes mitjanes (diàmetre comprès entre 0,250 i 0,5 mm). Cal anotar els valors de les platges TLR, MCT i BOU que s'enquadren dins de les fraccions d'arenes fines amb valors de  $\phi$  de 2,39, 2,29 i 2,04 respectivament. La platja DEG amb un valor de  $3,69\phi$  representa la platja amb un diàmetre de gra més. Els valors extrems de cap a les fraccions d'arenes més gruixades els representen les platges BSS i CNT amb mides mitjanes d'arenes molt gruixades (vcsa, diàmetre comprès entre 1 i 2 mm).

Els valors de la desviació estàndard ( $So$ ), en general, representen un grau de classificació del sediment més pobre que a les platges de la regió de Tramuntana. Les platges que presenten un alt grau de classificació del seu sediment, amb valors de  $\phi$  menors a 0,35, són MCR, MTJ i PPP que representen el 10,71 % del total de les platges. Les platges amb una bona classificació, amb valors de  $\phi$  que oscil·len entre 0,35 i 0,5 són BNC, BND, BNG., BOU, CPT, FST, MCT, MOR, STM, TBL, TLR, TQT I XOR que representen el 46,42 % del total de les platges. Els valors de  $\phi$  entre 0,5 i 0,7 són els de les platges que presenten una classificació moderadament bona; aquestes són ALC, ASS, BLC, BOS, BSS, DEG i GDN i representen el 25 % del total. Les platges amb una moderada classificació del sediment, amb valors de  $\phi$  que oscil·len entre 0,7 i 1, són BNB, BNX, CNT i STD; aquestes representen el 14,28 % del total. La classificació més pobre, amb un valor de  $\phi$  de 1,262 és la platja BLA i representa el 3,57 % del total de les platges estudiades a la regió de Migjorn.

#### *Sector Migjorn 1: Cap de l'Esperó – Son Bou*

El tram de costa comprès entre el cap de l'Esperó i les platges de Son Bou té una tendència de mida de gra cap a les fraccions gruixades (Taula 3.6), així ho confirmen les platges BSS i CNT amb una mida mitjana d'arenes de gra molt gruixat (entre 1 i 2 mm). Les arenas gruixades únicament apareixen a la platja BNX. De les cinc platges, ALC, BNB, BND, CPT i PPP que presenten valors d'arenas mitjanes, les quatre primeres tenen una tendència a les fraccions d'arenas fines, excepte PPP, la tendència de la qual és lleugerament cap a les fraccions gruixades.

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
ALC	1,847	0,09	0,70	0,01	1,61	0,05	-0,29	0,36	2,28	0,01	MSA
BNB	1,65	0,06	0,75	0,03	1,40	0,08	-0,12	0,04	2,36	0,07	MSA
BND	1,26	0,05	0,49	0,06	1,22	0,28	-0,07	0,10	2,15	0,26	MSA
BNX	1,24	0,07	0,95	0,01	0,83	0,09	-0,23	0,02	2,41	0,03	CSA
BSS	0,04	0,05	0,56	0,00	-0,17	0,02	-0,21	0,05	1,71	0,02	VCSA
CNT	0,20	0,03	0,76	0,01	-0,01	0,03	-0,02	0,02	1,78	0,03	VCSA
CPT	1,21	0,03	0,43	0,04	1,08	0,07	-0,13	0,006	2,10	0,18	MSA
PPP	1,36	0,00	0,27	0,00	1,36	0,00	0,05	0,00	2,18	0,10	MSA

**Taula 3.6** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre Platges de Son Bou i el Cap de l'Esperó.

#### *Sector Migjorn 2: Son Bou – Cala En Turqueta*

El tram de costa comprès entre les platges de Son Bou i Cala en Turqueta el podriem enquadrar dins la fracció d'arenas mitjanes (msa, diàmetre comprès entre 0.5 i 0.250 mm) amb una certa tendència, ja que l'assimetria ( $Sk$ ) es desplaça cap a les fraccions gruixades (Taula 3.7). Les platges de BOU i MCR

presenten valors d'arenes fines (fsa, diàmetre comprès entre 0.250 i 0.125 mm), les platges GDN i TQT presenten valors propis d'arenes mitjanes amb una tendència cap als valors fins, les platges FST, MCT, MTJ, STM, BNC i BNG presenten valors d'arenes mitjanes amb tendència cap a les fraccions gruixades, la platja TBL, la darrera platja que completa aquesta zona, té unes arenas de gra gruixat (csa, diàmetre comprès entre 0.5 i 1 mm). La majoria de les platges amb mida d'arena mitjana condicionen la caracterització de les arenas d'aquest tram de costa.

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
BOU	2,19	0,01	0,46	0,01	2,04	0,03	-0,17	0,02	1,98	0,06	FSA
FST	1,50	0,02	0,36	0,01	1,50	0,02	0,09	0,00	1,84	0,06	MSA
GDN	2,10	0,02	0,52	0,01	1,88	0,03	-0,26	0,01	1,78	0,03	MSA
MCR	2,30	0,01	0,32	0,00	2,29	0,01	0,06	0,00	2,61	0,02	FSA
MCT	1,34	0,03	0,36	0,02	1,33	0,04	0,07	0,02	2,52	0,06	MSA
MTJ	1,28	0,02	0,32	0,03	1,26	0,05	0,02	0,05	2,59	0,14	MSA
STM	1,63	0,05	0,43	0,02	1,65	0,03	0,13	0,01	1,70	0,04	MSA
TBL	0,46	0,01	0,36	0,00	0,46	0,01	0,09	0,00	2,16	0,15	CSA
TQT	1,27	0,01	0,41	0,03	1,20	0,05	-0,03	0,06	2,34	0,16	MSA
BNC	1,61	0,00	0,42	0,00	1,62	0,00	0,13	0,00	1,71	0,00	MSA
BNG	1,64	0,03	0,43	0,02	1,64	0,03	0,13	0,00	1,70	0,03	MSA

**Taula 3.7** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre Platges de Son Bou i Cala en Turqueta.

### Sector Migjorn 3: Cala En Turqueta – Cala Algairens

El tram de costa comprès entre Cala en Turqueta i Cala Algairens no presenta una tendència granulomètrica clara (Taula 3.8). La mostra DEG presenta un mida mitjà d'arenas molt fines (vfa, diàmetre comprès entre 0.125 i 0.0625 mm), les platges MOR i TLR tenen un mida de gra fi (fsa, diàmetre comprès entre 0.250 i 0.125 mm), totes les platges que presenten un mida d'arenas mitjanes, ASS, BLC i STD tenen una tendència de la distribució de freqüències de cap als valors fins. BLA, BLC i XOR presenten mides mitjanes d'arenas gruixades (csa diàmetre comprès entre 0.5 i 1 mm).

L'heterogeneïtat en quant al nombre de platges amb diferents mides mitjanes d'arenas, pot estar relacionada amb la variació en quant a l'exposició i orientació d'aquest tram de costa. Aquesta heterogeneïtat ve contrastada amb els valors obtinguts amb l'estudi de l'arrodoniment on els resultats obtinguts no arriben a mostrar-se prou definits.

Mostra	Md ( $\phi$ )	Error	So ( $\phi$ )	Error	Me ( $\phi$ )	Error	Sk ( $\phi$ )	Error	Kg ( $\phi$ )	Error	Classe
ASS	2,14	0,01	0,54	0,01	1,89	0,03	-0,30	0,029	1,88	0,05	MSA
BLA	0,35	0,28	1,26	0,10	0,06	0,17	0,42	0,14	1,89	0,05	CSA
BLC	1,78	0,07	0,67	0,01	1,60	0,04	-0,06	0,06	2,30	0,03	MSA
BOS	0,62	0,00	0,51	0,00	0,62	0,00	0,18	0,00	1,68	0,00	CSA
DEG	3,84	0,10	0,56	0,01	3,69	0,03	-0,09	0,14	2,05	0,21	VFSA
MOR	2,16	0,03	0,47	0,02	1,98	0,05	-0,21	0,02	1,89	0,08	FSA
STD	1,61	0,04	0,92	0,07	1,28	0,13	-0,11	0,10	2,84	0,15	MSA
TLR	2,39	0,00	0,37	0,00	2,39	0,00	0,09	0,00	2,68	0,03	FSA
XOR	1,14	0,03	0,48	0,02	0,94	0,05	-0,22	0,02	1,86	0,09	CSA

**Taula 3.8** Paràmetres descriptius del sediment de platja de les mostres estudiades entre Cala Algairens i Cala en Turqueta.

### 3.1.3 Consideracions finals

Les platges de Tramuntana amb un alt grau de classificació ( $S_o$ ), amb valors de  $\phi$  inferiors a 0,35, presenten granulometries pròpies d'arenes gruixades i mitjanes, i l'skewness ( $Sk$ ) o assimetria de les platges LVL i CNM que també mostren un alt grau de classificació del sediment, amb arenas mitjanes, tenen una lleugera tendència cap als valors gruixats. Doncs la característica comuna, en quant a granulometria, que es pot extreure de les platges estudiades a la regió de Tramuntana és que les que tenen una alta classificació del sediment (PIL, CAL, LVL, BML i CNM) i les que presenten una bona classificació del sediment, amb valors ( $S$ ) de  $\phi$  compresos entre 0.35 i 0.5 (CAV, FRR, ICS, MCA, MNN, PDI, PFB, SEC, EBR i BOT) solen presentar arenas mitjanes i gruixades (msa i csa), excepte BOT i FRR amb arenas de gra fi (fsa), i es troben situades en el fons de cales, excepte els casos de PDI i PFB que es troben situades properes a un cap, i MCA i PIL que es troben a entrades de la costa molt oberts, són les quatre platges que completen l'excepció.

La tendència general mostrada per les platges estudiades a la regió de Migjorn és la presència d'arenas fines i mitjanes a les platges que presenten alts graus de classificació del sediment, amb valors de  $\phi$  compresos entre 0 i 0.35 (MCR, MTJ i PPP) i valors entre 0.35 i 0.5 (MOR, XOR, TLR, TQT, MCT, TBL, FST, BNG, BNC, STM, BOU, CPT i BND) situades a l'interior de cales a excepció de BOU. Cal també anotar que la platja XOR situada a l'interior d'una cala, Son Xoriguer i amb una bona classificació del sediment presenta mides d'arenas gruixades. Totes les platges estudiades del sector central de la regió de Migjorn, entre les platges de Son Bou i Cala en Turqueta a excepció de GDN, Cala Galdana, s'enquadren dins de la tendència general anteriorment descrita.

Malgrat la clara relació mostrada entre la classificació del sediment, mida mitjana de les arenas i localització de la platja, existeixen platges de Migjorn situades a l'interior d'una cala amb una classificació moderadament bona, amb valors de  $\phi$  ( $S_o$ ) compresos entre 0.5 i 0.7 (DEG, BLC, BOS, ASS, GDN, BRR i ALC) que en el cas de DEG presenten arenas molt fines (vfsa), en els casos de STD, ASS, BLC, GDN, BNB i ALC les arenas són de mida mitjana. Independentment de que la localització de la platja estudiada es trobi a l'interior d'una cala, s'observa una tendència oposada a la que hem exposat més adalt al mateix temps que la reforça, i és que a mesura que la classificació del sediment és més pobre, la mida mitjana de gra de la platja és més gruixat, així ho confirmen els casos de BLA amb una classificació del sediment pobre (amb valors de  $S_o$  entre 1 i 2  $\phi$ ) i arenas de mida gruixat, BNX i CNT amb una classificació del sediment moderada (valors de  $S_o$  compresos entre 0.7 i 1  $\phi$ ) i amb arenas de mida gruixada (csa) i molt gruixada (vcsa) respectivament.

### 3.2 Composició dels sediments de platja del litoral menorquí

El sediment de platja mitjà per a l'illa de Menorca té com a característiques una textura bàsicament d'arenas mitjanes a arenas gruixades (0,5 a 2mm), amb una classificació entre bona i molts fet que indica una certa influència de l'onatge en el retreballament del sediment. Pel que fa als paràmetres granulomètrics la mitjana del calibre del sediment pren un valor de  $1,12 \pm 0,82\phi$ , essent el màxim de –

0,35φ i el mínim de 3,69 φ. La classificació, per la seva banda, pren valors de 0,55±0,19φ, amb mínims de 0,27 i màxims de 1,26φ, destacant-se la diferència en quan a selecció, o retreballament del sediment en funció de les particularitats de cada una de les localitats. Les textures es reparteixen entre un 94,67% assignat a les arenas, un 4,02% a les graves i finalment el restant 1,19% a la classe dels fins.

La composició mitjana del sediment de platja menorquí destaca per ésser majoritàriament bioclàstica. Front al 18,2% de components terrígens, hi ha un 81,8% de bioclasts. D'aquests 47,77% corresponen a la classe de bioclasts indiferenciats, seguits d'un 12% d'algues rodofícies, un 6,40% de bivalves i els foraminífers amb 31,3%. La resta de classes biogèniques es situen per sota el 3%. Com a curiositat la composició antròpica del sediment menorquí és minsa, i es situa entorn al 0,02% del sediment.

Respecte a les diferències entre les regions de Migjorn i de Tramuntana, el % de litoclasts és el factor que presenta majors discrepàncies. A Tramuntana els valor mig de litoclasts en el sediment de platja és de l'ordre d'un 27,64%, amb màxims del 89,69%. En canvi al Migjorn menorquí la mitja es situen entorn el 7,70%, tenint per màxim valors excepcionals i allunyats de la tendència central com un 46,4%. Pel que fa a textura a Tramuntana mentre que un 94,06% són arenas, un 5,53% graves i un 0,41% fins; a la mitjana les graves perden pes passant a un 2,31, i augmenten els pesos d'arenas i fins, 95,56 i 2,06 respectivament. La mida de gra també presenta patrons prou diferenciats, mentre que el calibre del sediment a Migjorn s'engloba dins les arenas mitjanes (50%), a Tramuntana es reparteixen entre les classes d'arenas mitjanes i gruixades.

Una vegada descrits els resultats a nivell global, és possible realitzar una anàlisi detallada pels sectors de costa estudiats.

### *3.2.1 Composició del sediment de platja a Migjorn*

#### *Sector Migjorn 1: De Cala Algaiarens fins a Cala en Turqueta*

El sector es caracteritza per presentar un nombre variable de litoclasts, que oscil·la entre els 0 de BLC, i els més del 20 % que es dona en el cas de BLA. El quars és important en quatre dels deu casos que configuren la zona, amb valors que oscil·len entre un 6% i un 10%, essent el cas de BNC el màxim amb 10,56% de quars.

Pel que fa a la fracció bioclàstica, la presència dels indiferenciats és majoritària en tots els casos, amb valors que superen sovint el 70%, si bé hi ha tres casos que tenen un menor percentatge d'aquesta fracció, que corresponen a BLC (52,62%), DEG (50,06) i XOR (34,01). Aquest darrer és el que presenta el mínim dins la fracció d'indiferenciats.

La resta de fraccions estan normalment poc representades, amb valors generalment per davall el 10%. Tot i així, en els casos on la fracció d'indiferenciats és més baixa afloren algunes fraccions amb valors superiors. Destaquen així les fraccions de foraminífers, en el cas de BLC, amb un valor de 19,38%, els gasteròpods en el cas de BLA (10,87%); les algues rodofícies en els casos de DEG i XOR (22 i 24 %

respectivament) i els bivalvs en el cas de XOR (21,9%). En la resta de casos, la presència majoritària dels indiferenciats desdibuixa notablement la resta de fraccions. Tot i així, és observable una presència majoritària de les fraccions corresponents a bivalvs, gasteròpods i algues rodofícies.

	ASS	BLA	BLC	BNC	BND	DEG	EBR	SDT	TLR	XOR
Quars	8,08	0,30	0,00	10,56	0,20	1,88	0,30	5,95	6,11	0,00
Litoclasts	1,87	21,35	0,00	5,71	2,75	6,36	11,32	0,48	0,89	4,79
Foraminífers	8,85	2,01	19,38	1,03	5,23	1,33	0,22	2,91	2,22	3,28
Bivalvs	1,93	6,31	2,38	0,00	6,77	7,03	2,49	2,00	0,30	21,90
Gasteròpodes	1,89	10,87	5,45	3,33	6,24	1,12	3,44	2,00	0,53	1,83
Briozous	1,41	1,31	4,72	0,67	5,58	3,94	1,91	1,31	3,81	2,72
Algues										
Rodofícies	1,45	1,88	4,03	2,63	4,98	22,04	0,74	7,57	1,81	24,82
Equinoderms	0,00	0,66	0,59	0,46	1,14	0,00	0,66	0,16	0,36	0,88
Pues										
d'equínids	2,81	1,46	1,45	0,45	1,95	3,95	1,55	0,69	0,11	1,44
Serpúlids	0,24	0,50	0,31	0,00	0,31	0,00	0,00	0,31	0,10	3,18
Ostràcodes	0,00	0,00	0,56	0,23	2,30	0,00	0,66	2,22	0,04	0,26
Espícules										
d'esponja	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	0,00	0,23	1,83	0,00
Indiferenciats	71,23	52,62	59,71	74,93	62,33	50,06	76,72	74,17	81,58	34,01
Carbó	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00
Restes										
antròpiques	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grans										
agregats	0,00	0,00	1,40	0,00	0,25	0,99	0,00	0,00	0,03	0,88

**Taula 3.9** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés entre Cala Algairens i Cala en Turqueta.

#### *Sector Migjorn 2 (de Cala en Turqueta fins a les platges de Son Bou)*

La configuració tipològica dels grans en aquest sector és molt semblant a l'anterior. En el cas dels percentatges de litoclasts, aquests apareixen en percentatges a l'entorn d'un 10%. El quars generalment apareix per sobre de la resta de litoclasts, amb valors que oscil·len entre el màxim del 18,97% corresponent a GDN, i el mínim de 0,00% corresponent a BOU. Només dos casos, BOU i CNT presenten valors quasi nuls de quars (CNT només arriba a 0,24%), mentre que la resta se situa entre un 6% i un 14%. La resta de litoclasts no solen superar la barrera del 10%, llevat del cas de TBL, que arriba a 15,92%.

Pel que fa a bioclasts, sis casos presenten percentatges d'indiferenciats amb valors superiors al 60%, amb un valor màxim de 74,23%, corresponent a TQT, cosa que condiciona la presència de la resta de fraccions bioclàstiques. En tres casos es donen percentatges d'indiferenciats per davall el 60%: una platja presenta un valor d'indiferenciats al voltant del 50% (TBL, amb un 54,34%), i dues presenten valors al voltant del 25% (CNT, amb 26,60%, i BOU, amb 25,24%, que correspon al valor mínim de la zona).

La distribució de la resta de fraccions bioclàstiques en pocs casos supera el 10%. Destaquen els casos de les algues rodofícies que en el cas de CNT arriben al 40,97% i en el cas de BOU a un 37,34%. El cas de BOU és destacable a la vegada per presentar un 12,27% de bivalvs.



	MCT	CNT	GDN	TBL	TQT	BOU	FST	STM	MTJ	MCR
Quars										
Litoclasts	6,94	0,24	18,97	13,59	6,48	0,00	13,70	14,89	8,24	2,13
Foraminífers	1,85	8,47	2,91	15,92	0,73	4,73	5,67	9,49	6,92	1,93
Bivalvs	4,98	1,10	5,01	0,09	3,64	2,99	0,45	0,26	0,42	15,27
Gasteròpods	7,90	3,53	2,49	3,03	3,56	12,27	4,01	2,00	2,77	3,67
Briozous	6,12	9,61	1,20	7,66	3,68	1,48	4,51	0,13	6,05	1,75
Algues										
Rodofícies	2,82	1,94	0,45	0,00	2,37	3,14	0,00	1,60	0,00	0,42
Equinoderms	3,67	40,97	3,81	2,21	2,64	37,34	1,73	3,05	0,21	4,88
Pues										
d'equínids	0,32	0,20	0,00	0,00	0,00	0,75	0,52	0,00	0,42	0,54
Serpúlids	2,93	2,07	1,42	3,16	2,67	3,61	2,48	1,19	1,28	2,71
Ostràcodes	0,00	0,75	0,23	0,00	0,00	6,96	0,00	0,00	0,00	0,29
Espícules										
d'esponja	0,00	0,32	0,39	0,00	0,00	0,14	0,00	0,27	0,00	0,63
Indiferenciats	0,05	0,00	0,23	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,54
Carbó	62,33	26,60	62,89	54,34	74,23	25,24	66,94	67,12	73,67	65,23
Restes										
antròpiques	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grans										
agregats	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Taula 3.10** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés entre Son Bou i Cala en Turqueta.

### *Sector Migjorn 3: de les platges de Son Bou a la Punta de l'Esperó*

Aquest sector engloba fins a nou platges, que es caracteritzen per presentar una distribució més variable que en els altres sectors corresponents a la zona de Migjorn. Pel que fa a la fracció dels litoclasts, es dona una certa variabilitat en la presència majoritària de quars o bé de la resta de litoclasts. Els valors de quars oscil·len entre els valors nuls que es donen en els casos de BND i CPT, i el màxim de 15,18%, que correspon a BNG. El cas de BNB s'hi situa ben a prop, amb un 10,89%, i en dos casos més tenim valors en torn al 8% (cas de BML, amb 8,44%, i ALC; amb 7,71%). En la resta de casos, els valors no sobrepassen el 3%. Pel que fa a la resta de litoclasts, és molt destacable el cas de BML, amb un 30,29% d'aquesta fracció, seguit de CTL, amb un 17,81%. La resta de casos se situen en dues franges, una al voltant del 8%, que engloba les platges de CPT (7,26%), BNG (8,32%), BNB (6,39%) i ALC (9,37%), i una altra amb valors molt més baixos, que conté els casos de BND (0,83%), PPP (2,16%) i BNX (3,07%). Pel que fa a les fraccions bioclàstiques, la seva oscil·lació és notable en funció dels casos. En general es manté la distribució típica caracteritzada per un elevat percentatge d'indiferenciats i percentatges més baixos i similars de la resta de fraccions. Aquest comportament es dona més o menys en cinc casos (BNX, ALC; BNB, BNG i PPP), mentre que a la resta la distribució és molt més variable.

Els indiferenciats en general presenten valors més baixos que en altres sectors: només una mostra (ALC) arriba al 70,10%. La segueixen tres mostres amb valors a l'entorn del 60%: BNB (64,99%), BNG (66,43%) i PPP (65,70%). Al voltant del 50% hi ha dos casos, BML (51,99%) i BNX (49,35%), i els casos més extrems pel que fa als mínims corresponen a CPT (38,24%) i BND (23,99%). La resta de fraccions bioclàstiques es troben repartides de manera diversa. Generalment, aquestes altres fraccions no superen el límit del 10%, i amb presència majoritària de foraminífers, bivalvs i algues rodofícies. Tot i així, hi ha una certa variabilitat, ja que en el cas de les algues rodofícies es donen percentatges superiors

en tres casos: CTL (19,61%), CPT (33,96%) i BND, que amb 39,93 suposa el màxim. Altres casos destacables podrien esser el dels foraminífers per a BNX (12,71%), o el cas de CTL, que a més d'un alt percentatge d'algues rodofícies presenta també importants percentatges de bivalvs (12,83%) i d'espícules d'esponja (11,56%).

	ALC	BNB	BND	BNG	BNX	BML	CPT	CTL	PPP
Quars	7,71	10,89	0,00	15,18	1,65	8,44	0,00	0,17	2,39
Litoclasts	9,37	6,39	0,83	8,32	3,07	30,29	7,26	17,81	2,16
Foraminífers	5,07	5,70	5,09	2,03	12,71	1,06	2,40	6,62	11,13
Bivalvs	1,45	2,00	12,96	0,51	5,39	0,98	8,79	12,83	4,69
Gasteròpods	1,57	5,28	1,54	1,13	7,03	0,19	1,49	3,79	4,63
Briozous	1,63	2,03	8,44	0,67	5,37	0,00	1,11	1,48	2,38
Algues Rodofícies	1,00	1,51	39,93	2,46	7,46	0,00	33,96	19,61	0,00
Equinoderms	0,13	0,84	1,11	0,11	2,46	0,02	2,00	0,97	0,81
Pues d'equínids	1,98	0,10	4,87	2,33	2,03	0,89	2,01	2,85	2,81
Serpúlids	0,00	0,00	1,25	0,11	1,25	0,00	0,86	0,73	0,60
Ostràcodes	0,00	0,00	0,00	0,62	1,06	0,00	0,00	0,95	2,22
Espícules d'esponja	0,00	0,28	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	11,56	0,00
Indiferenciats	70,10	64,99	23,99	66,43	49,35	51,99	38,24	20,60	65,70
Carbó	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	2,12	0,00	0,00	0,03
Restes antròpiques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Grans agregats	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	4,02	1,88	0,00	0,47

**Taula 3.11** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés entre Son Bou i Punta de s'Esperó.

### 3.2.2 Composició del sediment a Tramuntana

#### Sector Tramuntana 1: de Cap de l'Esperó a Favàritx

La composició granulomètrica en els sectors de Tramuntana es caracteritza sobretot per un augment dels percentatges corresponents a litoclasts, cosa que es dona en el cas del sector Tramuntana 1, on es donen percentatges de litoclasts que rarament baixen del 20%. Al sector Tramuntana 1, que engloba 10 platges, hi trobam percentatges de litoclasts que oscil·len entre un mínim de 8,48%, que apareix en el cas de PFB, i un màxim de 71,19 que es dona en el cas de SES. En termes generals, es donen valors de litoclasts situats a l'entorn d'un 25%. El cas del quars, als sectors de tramuntana, perd rellevància pel fet que a les zones de Tramuntana es poden donar una gran diversitat de litoclasts d'origen no-carbonatat, els quals es poden englobar tots dins la classe de "litoclasts".

Pel que fa a les fraccions bioclàstiques, aquestes presenten valors diferents en funció del percentatge d'indiferenciats que trobam. El valor d'indiferenciats oscil·la entre un mínim de 14,37% que es dona al cas de SES, i un màxim de 67,34% que correspon al cas de PDI. La resta de valors es mouen entre el 30% i el 40%, amb valors lleugerament inferiors per als casos que es donaven a les platges de Migjorn. Després dels indiferenciats, les classes que més destaquen dins els bioclasts corresponen a bivalvs i algues rodofícies. Ambdós destaquen en tres casos, els de FDL, PFB i EGR; que compten amb

percentatges de bivalvs de 13,42%, 12,96% i 17,02%, i percentatges d'algues rodofícies de 13,64%, 18,72% i 15,29%. La resta de fraccions estan poc representades, sempre per davall del 10%.

	CPF	ICS	FDL	PFB	EGR	MQD	SES	PDI	CTM	ICN
Quars	1,64	7,45	0,19	17,17	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Litoclasts	28,48	26,53	39,39	8,48	17,07	49,41	71,19	24,31	43,95	24,91
Foraminífers	1,46	5,47	3,09	2,06	3,52	0,60	0,00	0,00	3,29	0,40
Bivalvs	1,63	9,49	13,42	12,96	17,02	1,32	8,14	4,94	0,63	1,70
Gasteròpods	1,67	3,70	3,18	1,75	4,25	1,07	1,45	1,62	0,33	2,10
Briozous	1,78	2,03	0,00	1,34	1,01	1,00	0,00	0,00	0,10	0,28
Algues Rodofícies	3,10	0,92	13,64	18,72	15,29	1,74	4,12	0,83	2,27	0,81
Equinoderms	0,35	0,74	0,38	0,15	0,39	1,01	0,48	0,41	0,00	0,00
Pues d'equínids	0,64	3,86	1,12	1,89	1,92	0,27	0,24	0,29	1,53	2,31
Serpúlids	0,00	4,40	0,00	0,74	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
Ostràcodes	0,89	2,71	0,00	0,45	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espícules d'esponja	0,00	0,49	0,00	0,58	0,18	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00
Indiferenciats	58,36	31,05	25,59	33,70	37,19	43,58	14,37	67,34	47,90	67,35
Carbó	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Restes antròpiques	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grans agregats	0,00	0,19	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Taula 3.12** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés entre el Cap de S'Esperó i Favàritx.

### *Sector Tramuntana 2: De Favàritx fins a la Mola de Fornells*

Les vuit platges que componen aquest sector es comporten generalment com el sector anterior, és a dir, amb percentatges elevats de litoclasts i indiferenciats, i més baixos en altres casos.

El cas dels litoclasts és representat amb valors que oscil·len entre el mínim de 6,14% d'ADC i el màxim de 30,77% corresponent a MNN.

Pel que fa a la fracció bioclàstica, els valors d'indiferenciats se situen entre un mínim de 25,99%, corresponent al cas de CPD, i un màxim de 73,72%, cas de SSR, amb uns valors més o menys situats sobre el 50% i el 60%. De la resta de fraccions dins els bioclasts, en destaquen els valors d'algues rodofícies i bivalvs, que en alguns casos superen el 10%. Pel que fa a les rodofícies, el valor màxim es dona a CPD, amb un màxim de 31,78%, seguit de ADC, que arriba a 15,78% i MNN, amb un 10,96%. En el cas dels bivalvs, és destacable el cas de ADC, que arriba a un percentage de 10,34%. La resta de fraccions es troben per davall el 10%.

### *Sector Tramuntana 3: de la Mola de Fornells fins a Cala Algaiarens.*

Aquest sector inclou 14 platges, que presenten un comportament molt semblant al cas del sector anterior, amb un gran nombre de litoclasts i indiferenciats, que són les fraccions majoritàries, i una representació més bé minoritària de la resta de fraccions.

Pel que fa als litoclasts, aquests presenten valors que oscil·len entre el valor quasi nul de SAR (platja que presenta una certa anomalia en aquest sentit) i el màxim de 61,73% que presenta el cas de PRG. La resta

	CNM	SEC	MNN	PSS	CPD	ADC	SSR	NMC
Quars	0,29	0,64	0,00	1,14	0,00	0,75	0,69	0,00
Litoclasts	18,61	30,62	30,77	25,47	6,99	6,14	10,27	18,74
Foraminífers	2,06	0,10	2,89	1,78	6,61	3,92	2,14	0,00
Bivalvs	1,19	0,47	9,68	2,75	6,09	10,34	3,79	0,00
Gasteròpods	2,29	1,72	2,05	0,84	5,04	0,15	2,86	0,00
Briozous	4,47	0,40	1,99	0,00	11,39	1,17	1,34	0,00
Algues								
Rodofícies	4,81	1,59	10,96	1,42	31,78	15,78	3,21	0,00
Equinoderms	0,46	0,20	1,20	0,32	0,00	2,52	0,33	0,00
Pues d'equínids	0,67	1,21	1,35	0,61	2,10	3,68	1,30	0,00
Serpúlids	0,09	0,00	0,41	0,00	2,64	1,23	0,07	1,01
Ostràcodes	0,55	0,00	0,00	0,20	0,00	0,65	0,28	0,00
Espícules d'esponja	0,29	0,00	0,65	0,00	1,36	1,01	0,00	0,00
Indiferenciats	64,22	63,04	38,06	63,97	25,99	52,26	73,72	60,04
Carbó	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Restes antròpiques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grans agregats	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,41	0,00	0,00

**Taula 3.13** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés la Mola de Fornells i Favàritx.

de valors són més o menys variables, englobats dins la franja d'entre un 20% i un 30% (casos com LVL, amb 24,35%, PIL, amb 30,82%, CVP, amb 33,05%, MCA, amb 42,21%, o CAL, amb 31,51%), dins una franja a l'entorn del 10% (casos com CAV, 11,77%, o BOT, amb 14,74%), o bé amb valors més baixos, com són els casos de CCC (3,76%), o MOR (1,94%). Els valors d'indiferenciats es mouen entre el mínim de 17,11% de PRG i el màxim de 82,40 corresponent a MOR, i tot i que en general se situen amb valors entre el 40% i el 50%, com és el cas de LVL (42,91%), CAV (53,68%), CCC (56,61%), PIL (46,33%), CVP (40,27%) o MCA (57,13%). Pel que fa a la resta de fraccions bioclàstiques, els bivalvs, les algues rodofícies i els foraminífers són els sectors que despunten més en general. El cas dels bivalvs presenta valors propers al 10% en tres casos, com són els de PRG (9,69%), LVL (8,75%), i CAV (8,14%). Els foraminífers presenten un màxim de 15,12% en el cas de CCC, i tenen una certa importància en el cas de SAR, on arriben a un 8,10%. Les algues rodofícies presenten valors màxims, en dos casos, propers al 15%, com són el cas de CCC (amb 14,52%), i CVP, que arriba a 15,04%. Per davall d'ells hi ha els casos de SAR i PIL, amb valors de 8,28% i 8,03% respectivament.

### 3.2.3 Contingut en carbonats

El contingut mig en carbonats de totes les mostres mesurades és del 75,68% amb una desviació estàndard del 17,13. Els valors màxims corresponen al Arenal de Son Saura i el mínim al 22,38% de Morella, ambdues mostres al litoral de Tramuntana. Pel que fa a les diferències entre Migjorn i Tramuntana, la mitjana presenta valors en contingut de carbonats més elevats que les platges de Tramuntana.

	PRG	BRR	LVL	CAV	CCC	SAR	PDO
Quars	0,00	0,00	7,76	0,16	0,84	2,67	0,00
Litoclasts	61,73	54,12	24,35	11,77	3,76	0,00	18,38
Foraminífers	3,59	0,60	3,20	0,34	15,12	8,10	0,17
Bivalvs	9,69	4,91	8,75	8,14	5,07	1,07	2,01
Gasteròpods	1,37	0,00	1,82	15,05	2,04	0,00	2,83
Briozous	0,25	0,00	2,73	6,00	1,17	9,98	1,77
Rodofícies	3,35	2,43	4,12	2,10	14,52	8,28	2,40
Equinoderms	0,48	0,00	0,78	0,82	0,00	0,00	0,00
Pues d'equínids	1,35	0,14	1,47	0,74	2,26	0,36	0,59
Serpúlids	0,36	0,00	1,11	0,54	0,16	0,18	0,05
Ostràcodes	0,00	0,00	1,00	0,60	1,81	0,00	0,84
Espícules d'esponja	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	2,53	0,00
Indiferenciats	17,11	37,80	42,91	53,68	56,61	66,84	70,97
Carbó	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Restes antròpiques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agregats	0,72	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

**Taula 3.14a** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés la Mola de Fornells i Cala Algaires.

	BOT	PIL	MOR	CVP	MCA	FRR	CAL
Quars	5,22	0,21	4,87	0,00	0,00	0,00	0,00
Litoclasts	14,74	30,82	1,94	33,05	42,21	22,25	31,51
Foraminífers	1,65	0,73	0,16	0,23	0,00	0,96	0,06
Bivalvs	1,27	8,09	2,72	6,23	0,26	1,92	0,10
Gasteròpods	3,14	0,62	0,00	1,40	0,40	0,53	0,00
Briozous	0,82	0,81	0,93	0,17	0,00	1,17	0,00
Rodofícies	3,88	8,03	5,04	15,04	0,00	0,75	0,00
Equinoderms	0,15	1,22	0,00	0,29	0,00	0,32	0,00
Pues d'equínids	0,90	1,14	1,94	0,64	0,00	0,00	0,59
Serpúlids	0,00	1,24	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00
Ostràcodes	0,68	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Espícules d'esponja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
Indiferenciats	67,54	46,33	82,40	40,27	57,13	71,44	67,74
Carbó	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Restes antròpiques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agregats	0,00	0,00	0,00	2,37	0,00	0,43	0,00

**Taula 3.14b** Composició (%) del sediment de platja a les mostres ubicades en el sector comprés la Mola de Fornells i Cala Algaires.

### 3.3 L'arrodoniment dels grans

L'estudi de l'arrodoniment dels grans d'arena de les platges estudiades s'ha realitzat a l'hora que s'analitzava la composició lito-biogènica. De la mateixa manera que a l'anàlisi de la composició lito-biogènica dels grans d'arena, les platges s'han agrupat d'acord amb les divisions de la costa menorquina que s'ha proposat a la introducció d'aquest treball dins de l'esbós geomorfològic.

Aquestes sis zones es divideixen en tres zones per a la regió de Tramuntana, on predominen els materials primaris i secundaris (de cap de l'Esperó fins al Cap de Favàritx, de Cap Favàritx fins a la Mola de Fornells i d'aquesta fins a

Cala Algaires) i tres zones per a la regió de Migjorn amb predominància de materials terciaris, principalment miocens (de Cala Algaires fins a Cala en Turqueta, de Cala en Turqueta fins a les platges de Son Bou, i de les platges de Son Bou fins a Cap de l'Esperó).

### 3.3.1 Platges de la regió de Tramuntana:

L'arrodoniment dels grans d'arena corresponents a les platges situades a la regió de tramuntana presenten casos molt diferents i no s'observa un patró general. Els percentatges presenten fortes variacions entre el grau d'arrodoniment (VA: molt angular, A: angular, SA: subangular, SR: subarrodonit, R: arrodonit, WR: ben arrodonit) i entre les diferents platges. És un bon exemple el fet de que el valor mitjà de totes les platges de tramuntana per WR és de 7,01% i els valors per a les platges ICS i BML sigui de 22,17% i 29,89% respectivament.

#### Sector Tramuntana 1: Cap de l'Esperó – Favàritx

Les platges de la regió de tramuntana compreses entre el Cap de l'Esperó i Cap Favàritx presenten una tendència a agrupar-se entorn als paràmetres de grau d'arrodoniment SA i SR, tot i això, cinc de les dotze platges que es troben dins d'aquest tram de costa, CPF, PFB, CTM, CTL i CNM presenten una clara tendència cap als valors angulars (Taula 3.15).

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
CNM	0,27	6,18	46,40	38,54	8,16	0,45	100,00
CPF	1,34	8,04	47,67	35,54	6,25	1,16	100,00
CST	0,05	2,32	42,01	51,80	3,55	0,27	100,00
CTL	10,08	20,31	23,03	25,07	16,27	5,23	100,00
CTM	7,02	46,82	12,86	29,46	3,84	0,00	100,00
EGR	7,30	17,48	24,04	24,96	16,60	9,62	100,00
FDL	3,68	12,54	26,38	34,68	16,49	6,22	100,00
ICN	0,00	1,62	27,76	61,80	8,17	0,65	100,00
ISC	10,25	10,27	17,16	19,30	20,85	22,17	100,00
MQD	0,74	5,19	39,75	47,45	6,47	0,39	100,00

**Taula 3.15** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre el Cap d'Esperó i Favàritx.

#### Sector Tramuntana 2: Favàritx – Mola de Fornells

Les platges de la regió de tramuntana compreses entre el Cap Favàritx i la Mola de Fornells, tenen una clara tendència cap als valors arrodonits (SR, R i WR), presentant els majors valors percentatges de grau d'arrodoniment en el paràmetre SR a totes les mostres excepte a SES, EBR i CPD (Taula 3.16).

#### Sector Tramuntana 3: Mola de Fornells – Cala Algaires

Les platges compreses entre la Mola de Fornells i Cala Algaires són les que presenten una major homogeneïtat en quant als valors mitjans del seu grau d'arrodoniment, de setze platges incloses dins

d'aquest tram de costa, nou presenten una clara tendència cap als valors arrodonits, es tracta de BML, BRR, CAL, FRR, MCA, PIL, BOT, PSS i PDO, l'altra meitat de les platges presenten una clara tendència cap als valors angulars, es tracta de PRG, ADT, CAV, CVP, LVL, CCC i SAR. (Taula 3.17).

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
ADC	12,47	15,48	19,55	22,35	15,62	14,53	100,00
CPD	6,75	18,47	31,13	30,78	8,82	4,05	100,00
EBR	4,74	9,83	45,60	31,64	5,73	2,46	100,00
MNN	6,93	13,98	27,11	29,21	18,83	3,94	100,00
NMC	0,08	0,79	20,60	54,00	22,19	2,33	100,00
SEC	0,47	5,24	33,34	51,96	8,04	0,94	100,00
SES	7,96	20,95	25,85	21,45	16,99	6,80	100,00
SSR	0,33	2,79	17,89	70,26	7,92	0,81	100,00

**Taula 3.16** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre Mola de Fornells i Favàritx.

### *Sector Tramuntana 3: Mola de Fornells – Cala Algairens*

Les platges compreses entre la Mola de Fornells i Cala Algairens són les que presenten una major homogeneïtat en quant als valors mitjans del seu grau d'arrodoniment, de setze platges incloses dins d'aquest tram de costa, nou presenten una clara tendència cap als valors arrodonits, es tracta de BML, BRR, CAL, FRR, MCA, PIL, BOT, PSS i PDO, l'altra meitat de les platges presenten una clara tendència cap als valors angulars, es tracta de PRG, ADT, CAV, CVP, LVL, CCC i SAR. (Taula 3.17).

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
ADT	2,82	19,98	44,06	17,64	12,16	3,34	100,00
BML	1,24	2,91	16,44	21,74	27,80	29,89	100,00
BOT	5,91	13,96	19,87	27,31	21,68	11,26	100,00
BRR	0,62	10,67	30,48	43,52	14,71	0,00	100,00
CAL	0,00	3,07	21,84	66,36	8,65	0,09	100,00
CAV	4,68	15,20	39,03	29,72	9,92	1,45	100,00
CCC	10,28	23,17	20,69	19,46	13,04	13,35	100,00
CVP	10,05	16,24	22,06	24,72	13,95	12,97	100,00
FRR	0,00	4,26	24,48	63,18	7,58	0,50	100,00
LVL	3,37	17,39	42,48	29,07	5,13	2,55	100,00
MCA	0,13	3,43	36,52	54,68	5,23	0,00	100,00
PDO	0,21	3,37	21,96	55,67	17,06	1,74	100,00
PIL	2,93	10,57	17,21	38,04	16,90	14,35	100,00
PRG	3,96	15,08	42,09	33,79	5,01	0,07	100,00
PSS	0,69	7,14	24,77	53,50	11,93	1,96	100,00
SAR	0,37	5,46	55,20	25,57	11,30	2,09	100,00

**Taula 3.17** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre la Punta de na Guillermassa i Favàritx.

### *3.3.2 Platges de la regió de Migjorn*

Les platges situades a la regió del Migjorn menorquí, presenten una menor disparietat de valors d'arrodoniment entre les diferents platges, així ho demostren els valors de la desviació estàndar que oscil·la entre 3,08 pels valors de VA i 9,12 pels valors de SA. Oscil·lació clarament menor que a les

platges estudiades de la regió de tramuntana. La tendència general en quant al grau d'arrodoniment es clarament favorable per als valors arrodonits SR, R i WR.

#### *Sector Migjorn 1: Cap de l'Esperó – Son Bou*

La zona compresa entre el cap de l'Esperó i les platges de Son Bou presenten una clara tendència cap als valors arrodonits, els majors percentatges, a la majoria de les platges, es troben entorn els paràmetres SR i SA per ordre de magnitud (Taula 3.18). Les platges CNT i BNX són les úniques amb una lleugera tendència cap als valors angulars.

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
ALC	3,00	16,18	29,33	26,10	18,99	6,40	100,00
BNB	5,68	16,07	22,78	27,28	20,17	8,00	100,00
BND	4,68	14,40	25,13	31,66	19,02	5,10	100,00
BNX	2,73	11,77	40,25	30,69	10,45	4,11	100,00
BSS	8,09	19,72	32,42	26,87	9,06	3,84	100,00
CNT	3,72	15,96	23,40	28,46	21,24	7,23	100,00
CPT	6,67	18,98	25,78	26,75	14,41	7,41	100,00
PPP	5,40	12,39	15,88	35,41	20,76	10,17	100,00

**Taula 3.18** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre el cap de s'Esperó i Son Bou.

#### *Sector Migjorn 2: Son Bou – Cala En Turqueta*

Les platges situades al sector central de la regió de Migjorn entre les platges de Son Bou i Cala en Turqueta, situades generalment al fons de les cales i barrancs que tallen els espadats característics d'aquest tram de costa. La tendència general és cap als valors arrodonits, doncs així ho confirmen els valors mitjans dels grau d'arrodoniment que s'agrupen entorn dels paràmetres SR i R (Taula 3.19).

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
BNC	6,64	12,60	15,75	40,43	17,58	6,99	100,00
BNG	2,63	16,88	26,28	35,26	14,40	4,54	100,00
BOU	0,32	12,59	34,76	35,55	15,51	1,27	100,00
FST	11,61	11,31	15,49	21,58	19,25	20,75	100,00
GDN	0,00	5,78	24,89	48,70	17,37	3,26	100,00
MCR	6,12	8,74	19,15	19,66	20,34	26,00	100,00
MCT	8,18	11,05	19,32	18,64	19,03	23,78	100,00
MTJ	0,00	12,92	22,01	42,13	22,94	0,00	100,00
STM	2,17	14,85	30,83	33,33	17,72	1,09	100,00
TBL	7,30	18,42	34,04	23,41	11,12	5,71	100,00
TQT	8,97	14,04	15,92	27,49	19,83	13,75	100,00

**Taula 3.19** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre cala En Turqueta i Son Bou.

#### *Sector Migjorn 3: Cala en Turqueta – Cala Algaires*

Les platges compreses dins del tram de costa entre Cala en Turqueta i Cala Algaires presenten un equilibri entre els percentatges dels diferents graus d'arrodoniment. Els valors per a A, VA, SR i R són molt aproximats a la majoria de les platges (Taula 3.19). El fet de presentar aquest equilibri entre els valors dels paràmetres d'arrodoniment i no presentar la tendència cap als valors arrodonits com succeeix a les dues zones anteriors, pot venir condicionat pels diferents graus d'exposició a la mar que ofereix aquest



extens tram de costa, molt castigat per a les tempestes de tramuntana desde Cala Morell fins al Cap de Bajolí i a les tempestes de W i SW per a la resta del tram de costa.

	VA	A	SA	SR	R	WR	% total
ASS	0,00	12,95	33,46	41,22	10,18	2,19	100,00
BLA	0,75	15,92	24,78	49,55	8,59	0,40	100,00
BLC	0,29	3,62	34,88	35,05	15,59	10,57	100,00
BOS	5,16	13,41	39,93	31,28	6,44	3,77	100,00
DEG	0,18	25,79	22,86	34,16	15,17	1,84	100,00
MOR	4,31	8,17	38,43	37,83	10,27	0,98	100,00
STD	3,46	20,15	42,42	15,41	12,28	6,28	100,00
TLR	1,44	9,86	31,60	51,56	4,54	0,99	100,00
XOR	2,47	8,53	46,19	39,18	3,00	0,62	100,00

**Taula 3.19** Arrodoniment del grans del sediment de platja de les mostres ubicades entre cala En Turqueta i cala Algaiarens.

### 3.3.3 Consideracions generals

De les seixanta-quatre platges estudiades al llarg de tot el litoral menorquí, vint-i-una ens han donat un grau d'arrodoniment tendent cap als valors angulars, aquestes constitueixen un 32,81% del total. De les vint-i-una platges amb graus d'arrodoniment angular, només dues, PRG i PFB es troben situades en una zona exposada de la costa i no a l'interior d'una cala o port natural com succeeix a tota la resta de platges, seria coherent pensar que a les platges situades a l'interior de les cales, amb una dinàmica marina menys accentuada, l'arrodoniment toca ésser menor, però existeixen altres platges estudiades, com per exemple, MTJ, GDN, TQT, MOR, BNB, CPT, FDL, EGR, PSS i SEC entre d'altres que es troben situades al fons de cales i ports naturals (cas de PSS, platja interior del Port de Fornells) que presenten graus d'arrodoniment elevats.

En el cas de PRG i PFB, úniques platges exposades, que presenten valors d'arrodoniment de caire angular, poden estar condicionades per altres factors que no es consideren en profunditat en el present treball, aquests poden ésser el desmantellament actiu de la línia de costa, aspectes sobre la dinàmica marina local a cada una de les platges (cal anotar que les platges PFB i PRG es troben situades a les immediacions d'un cap on l'onatge realitza una major força erosiva que no pas a zones protegides) i els aportos terrígens a partir de l'escorrentia superficial i la seva freqüència.

# 4

## ANÀLISI

---

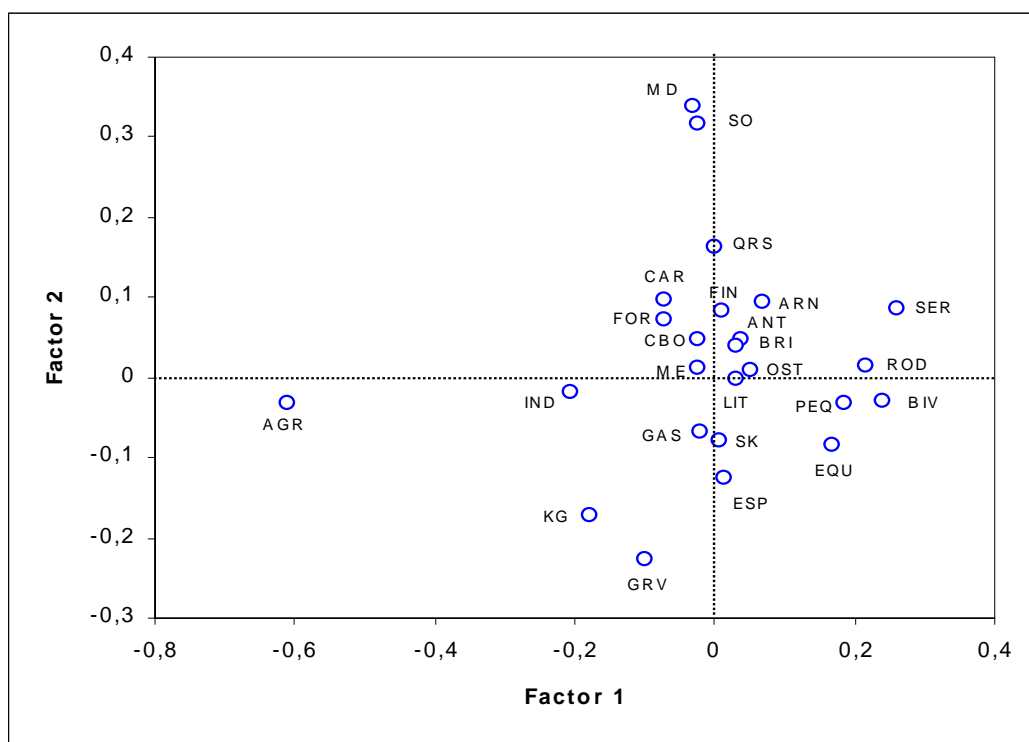
### 4.1 Aplicació de l'anàlisi factorial

L'alt nombre de variables obtingudes per a cada una de les 64 platges estudiades (en total 24 entre textura, mida de gra i composició) ha permès l'aplicació de l'anàlisi factorial per tal d'avaluar quins són els factors latents que regeixen la composició del sediment de platja menorquí. Del procediment ja descrit a l'apartat 2.8 del capítol dedicat al mètode se'n desprén que existeixen quatre factors que expliquen el 53% de la variància i que no és fins al la vuitena component espacial que s'aconsegueix explicar més del 75% de la variància de les mostres estudiades (Taula 4.1). Aquest resultat, que en un principi pot semblar que queda per sota les expectatives d'un procediment de simplificació de la informació, ha d'ésser matitzat en el sentit que esteim comparant ambients sedimentaris molt diferents com és el cas entre els dominis de Tramuntana i Migjorn. No obstant, els resultats són força semblants als obtinguts a altres anàlisis com és el cas del realitzat per Jaume i Fornós (1992) a l'illa de Mallorca. La variància explicada pels dos primers factors dels sediments de platja de l'illa de Mallorca suposa el 34%, en el nostre cas els dos primers factors justifiquen el 33,91% de la variància total de les mostres.

Component	% de la variància	% variància acumulat
1	17,639	17,639
2	16,280	33,919
3	10,481	44,400
4	8,469	52,869
5	6,693	59,562
6	5,897	65,460
7	5,236	70,696
8	5,119	75,814

**Taula 4.1** Variància explicada per cada un dels factors resultants de l'anàlisi multifactorial

Així doncs, del sediment de platja menorquí estudiat els tres primers factors que sumen el 44,4% de la variància semblen marcar aquelles variables més significatives de cara a la caracterització del sediment. Així doncs el primer factor que acumula un 17,63% de la variància ve definit per un gradient de mida de gra. El segon eix queda definit per la composició biogènica, el signe positiu el marquen les categories específiques dels grups d'organisme; mentre que el negatiu és governat per la categoria d'indiferenciats. Per a aquest segon factor la variància explicada és d'un 16,28% al que se li afegeix un tercer factor definit per la textura i suposa un 10,4% de la variància.

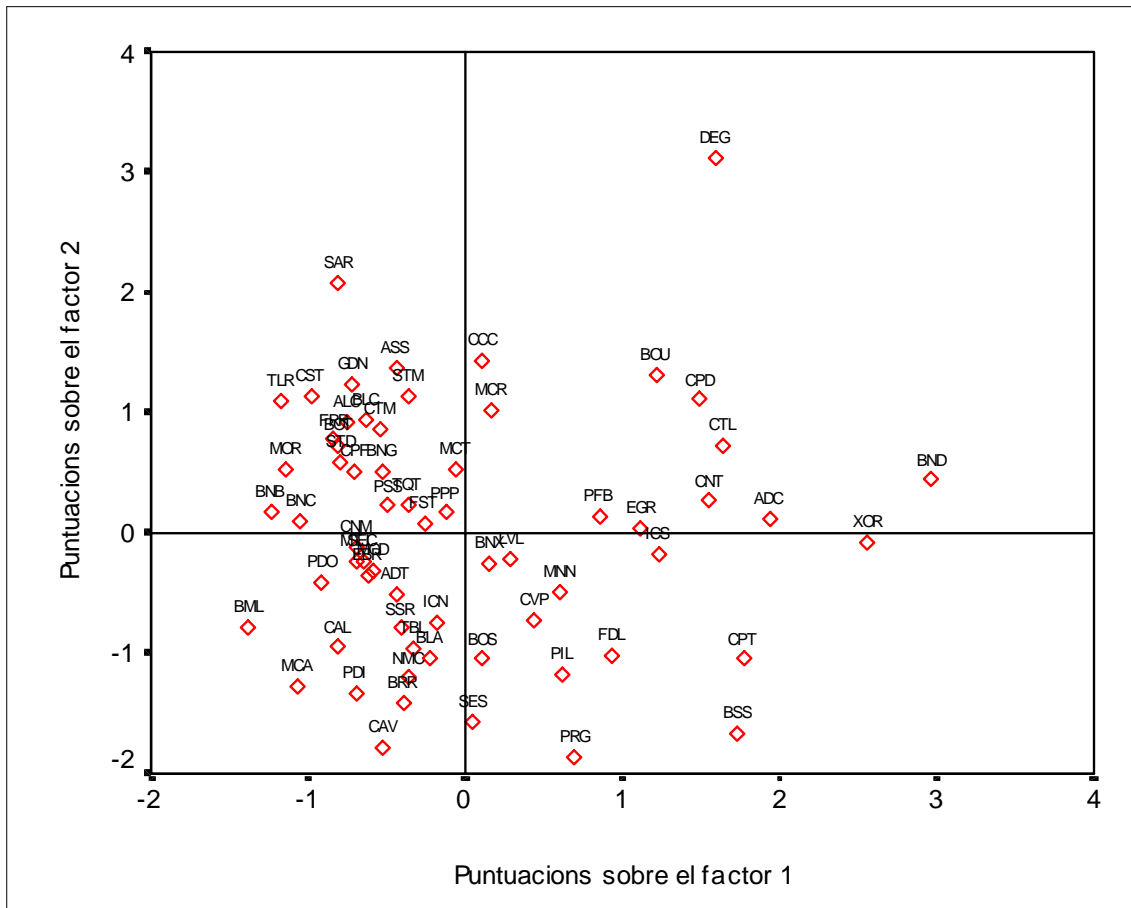


**Fig. 4.1.** Representació dels pesos de les variables sobre les dues primeres components.

La matriu de components resultants mostra com el primer factor queda definit negativament per la classe textural de les graves (-0,800) i positivament per paràmetres de mida com la mitjana del diàmetre del sediment (0,698) o la classificació (0,623); així com també per la classe textural d'arenas (0,694). Pel que fa al segon eix són les variables de composició biogènica les que gaudeixen d'uns factors de correlació més elevat. Així les classes de bivalves (0,784), rodofícies (0,684), equinoderms (0,650), briozous (0,626), serpúlids (0,566) o gasteròpods (0,523) marquen la tendència positiva de l'eix, mentre que els indiferenciats amb una puntuació de -0,652 marquen el sentit negatiu de l'eix. Tot en gros ens permet agrupar les localitats estudiades en les fàcies sedimentàries que es descriuen en el següent apartat:

#### 4.2 Fàcies sedimentàries

La representació de les mostres sobre els plans definits pels diferents factors (Fig. 4.2) així com l'anàlisi d'agrupament jeràrquic ens ha permès classificar les mostres en tipus de sediment, de manera que es poden definir una sèrie de fàcies i subfàcies sedimentàries que estan íntimament lligades a les característiques geomorfològiques del litoral.



**Fig. 4.2.** Representació de les localitats estudiades sobre els plans definits per l'anàlisi factorial

#### 4.2.1 Fàcies de graves i arenas gruixudes terrígenes

La mida de gra d'aquesta fàcies es caracteritza per la presència de graves i arenas gruixudes, mentre que la mitjana aritmètica de la mida de gra és  $-0,26\phi$ , les classes texturals es distribuïxen en un 13,86 % de graves, 86,05% d'arenas i 0,09% de lutites. Cal posar de manifest que l'assimetria de les distribucions granulomètriques (Fig. 4.3) té signe negatiu, pel que indica que una part elevada del percentatge de les arenas correspon a arenas gruixudes. El seu contingut en carbonats es menor que la mitjana de l'illa de Menorca, tot i presenta forts contrastos. Front a la mitjana en contingut de carbonats del 52,62%, trobam mínims de 39,28% i 79,45%.

La composició d'aquestes graves i arenas gruixudes es pot considerar litoclàstica ja que els litoclasts juntament amb els quars representen el 53,66% del sediment. Donant-se com a màxim mostres amb valors de 71,19% de litoclasts. Els percentatges assignats als quars són quasi nuls, la mitjana es situa entorn el 0,06%. La fracció biogènica suposa una mitja del 42,37% on hi predominen els indiferenciats (26,95%) i les restes de bivalves (7,26%).

Les corbes acumulatives de les mostres assignades a la fàcies de graves i arenas gruixudes terrígenes són corbes de perfil, si fa no fa, convex respecte les altres fàcies. Aquest fet respon a la presència de calibres

de gra gruixats que fan que la recta adquireixi des del punt d'origen de l'eix de coordenades un pendent accentuat.

Respecte a la representació de les components latents de l'anàlisi factorial, les mostres incloses en aquesta subfàcies s'ubiquen en el quartil inferior esquerra, influenciades pel pes dels litoclasts en component negativa al factor tercer, el pes negatiu negatiu del segon factor i finalment el pes dels indiferenciats a la primera component. El núvol de punts d'aquestes mostres és un dels més allunyats de les altres famílies que s'identifiquen sobre el gràfic.

#### 4.2.2 *Facies d'arenas terrígenes*

Es tracta d'arenas que presenten una mida de gra que agrupa majoritàriament arenas mitjanes, tot i que també és presentat alguna mostra de calibre superior. No obstant el percentatge de la classe textural de les arenas suma una mitjana del 92,04%. L'assimetria continua essent negativa, de manera que explica com la corba segueix essent regida per les mides de gra majors, la forma de les corbes és composta (Fig. 4.4), presentant una tendència concava als calibres majors per passar a una tendència convexa quan ens desplaçem cap els fins.

Pel que fa a la composició el 52,88% de la mostra són litoclasts, seguits d'un 9,31% de quars. No és estrany doncs, que aquesta sigui la fàcies sedimentària amb un valor mitjà de contingut de carbonats menor, 41,02% oscil·lant el rang des del 22,38 al 50,94%. La resta del sediment es distribueix entre un 32,76% d'indiferenciats i percentatges lleugerament superiors a la unitat per als foraminífers o les rodofícies.

Respecte a la representació dels factors de l'anàlisi multivariant de la mateixa manera que les fàcies de graves terrígenes s'ubiquen principalment en el quartil inferior esquerra de l'espai definit pels plans, tot i que més proper al punt d'origen atès que disminueix tant la mida de gra, com el contingut en carbonats.

#### 4.2.3 *Fàcies d'arenas bioclàstiques amb terrígens*

Aquesta fàcies, una de les més importants en quant a presència a l'illa de Menorca, es caracteritza per agrupar a la categoria textural d'arenas un 96,30% de mitja. El contingut de carbonats com a mínim és del 51,34%, passant per un màxim del 91,96% i una mitjana del 68,63%. Els litoclasts ronden el 25% del pes de la mostra essent la component biològica per terme mig propera al 66,61%. La contribució biogènica es reparteix entre un 53,68% assignat als indiferenciats, seguit de les rodofícies i els bivalves amb un pes del 3,70 i 3,52% respectivament. En aquesta fàcies hi trobam algunes mostres amb una mida de gra, tot i que dins les arenas, molt fi; i són aquestes les que afavoreixen el registre d'espícules d'esponja que per a la present categoria arriben a sumar un 3,82% del sediment (Fig. 4.5).

La mitjana de gra pren valors entorn diàmetres de  $0,94\phi$ , la classificació tot i que no és excessivament gran exemplifica l'heterogeneïtat que es pot comprovar gràficament tot observant les corbes. En general les distribucions acumulades presenten formes convexes tot i que amb pendents no molt acusats.

	FGT	FAT	FABT	FABQ	FABI	FABBR	FABF
Me ( $\phi$ )	-0,19	1,44	0,64	1,43	1,29	1,28	1,62
So ( $\phi$ )	0,60	0,66	0,46	0,41	0,57	0,58	0,68
Sk ( $\phi$ )	-0,25	-0,42	-0,05	0,05	-0,03	-0,11	-0,10
Graves	13,86	7,02	4,17	2,23	2,13	3,02	3,16
Arenes	86,05	92,77	95,64	92,73	95,19	96,45	96,85
Fins	0,09	0,21	0,19	3,92	2,51	0,54	0,49
Quars	0,04	9,31	4,45	13,59	3,69	1,89	2,36
Litoclasts	53,66	52,88	24,67	7,85	6,73	7,23	2,18
Foraminífers	1,45	1,30	1,09	1,33	5,36	3,39	12,94
Bivalves	7,26	0,65	4,45	2,12	3,08	10,08	5,21
Gasteròpodes	1,28	0,47	1,21	3,43	3,51	4,35	5,19
Briozous	0,05	0,37	0,72	0,48	2,76	4,11	3,41
Rodofícies	4,69	1,34	4,76	2,30	2,64	23,51	7,46
Equinoderms	0,27	0,34	0,50	0,22	0,47	0,86	0,85
Pues equinoderm	0,68	0,60	1,06	1,76	1,57	2,45	2,18
Serpúlids	0,07	0,00	0,34	0,05	0,18	0,98	0,43
Ostràcodes	0,00	0,00	0,27	0,22	0,54	0,47	0,87
Espícules esponja	3,42	0,00	6,69	0,05	0,42	1,18	0,32
Bioclasts indiferenciats	26,95	32,76	48,84	66,62	68,91	38,74	55,92
Carbó	0,00	0,00	0,23	0,00	0,02	0,02	0,04
Antròpics	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,02
Agregats	0,17	0,00	0,71	0,00	0,06	0,73	0,62
Contingut en carbonats	52,62	41,02	68,63	86,90	89,44	79,22	95,18

**Taula 4.2.** Composició mitjana de les fàcies del sediment de platja menorquí. FGT: fàcies de graves terrígenes, FAT: fàcies d'arenas terrígenes, FABT: Fàcies d'arenas bioclàstiques amb terrígens, FABQ: Fàcies d'arenas bioclàstiques amb quars, FABI: Fàcies d'arenas bioclàstiques indiferenciades, FABBR: Fàcies d'arenas bioclàstiques amb bivalves i rodofícies, FABF: Fàcies d'arenas bioclàstiques amb foraminífers. Llevat dels paràmetres granulomètrics, tots les altres variables estan expresades en percentatge del pes de sediment.

L'assimetria quasi bé és positiva, i força menor que a les fàcies anteriors. Sobre la representació gràfica dels dos primers factors resultants es troben envoltant el creuament dels eixos, lleugerament desplaçades cap a l'esquerra, atès que són els indiferenciats la variable que regeix negativament el primer factor.

#### 4.2.4 Fàcies d'arenas bioclàstiques amb quars

La principal característica d'aquesta subfàcies és l'elevat contingut en quars respecte tots els altres subconjunts d'arenas bioclàstiques. Especialment si es considera el seu condicionant geogràfic, la majoria de platges agrupades en aquestes fàcies s'ubiquen en el sector central del Migjorn de Menorca, i presenten distribucions força diferenciades de les platges que s'ubiquen en el sectors laterals del migjorn menorquí. Així doncs amb un 92,37% d'arenas el quars té un valor mitja de 13,59% tot i que es donen valors màxims que quasi arriben al 20%; la presència de litoclasts també és significativa i se situa entorn valors del 8%. Pel que fa als bioclasts tenen una distribució que parteix d'un 66,62% de indiferenciats per destacar lleugeraments, els gasteròpodes, els bivalvs i els foraminífers (Fig. 4.6).

La composició de carbonats presenta un quota mitjana igual a 86,90%, essent el mínim i el màxim del 91,56% i el 82,31%. Pel que fa a les corbes granulomètriques són força rectilínies el que informa de la important classificació del sediment a les platges incloses en aquesta fàcies, la mida de gra es situa entorn valors en unitats  $\phi$  de 1,43 amb classificacions molt baixes (0,41), això ens ubica dins una classe textural d'arenas mitjanes i fines. Finalment al espai definit pel resultat de l'anàlisi factorial les platges atribuïdes a la fàcies d'arenas bioclàstiques amb quars s'ubiquen al quartil superior esquerra, condicionades pel pes dels indiferenciats a l'eix I i els litoclasts i els percentatges baixos de carbonats sobre el tercer eix.

#### 4.2.5 *Fàcies d'arenas bioclàstiques indiferenciades*

Sota l'epígraf d'arenas bioclàstiques indiferenciades s'agrupen mostres que tenen per valor mitjà de contingut en carbonats quasi bé un 90%, amb màxims del 100% i mínims del 77%. Un 95% del sediment queda inclòs dins la categoria d'arenas, que passa a un lleuger 2% a la classe dels fins. Pel que fa a la mitjana aritmètica de la mida de gra assoleix valors d'1,29 $\phi$ , amb classificacions molt petites i assimetries positives. Així doncs estam parlant d'un sediment de mitjà a fi la composició dels qual és majoritàriament bioclàstica (90%) que es reparteix bàsicament a la categoria d'indiferenciats que aglutina un 68,91% de la composició, seguida dels foraminífers (5,36%), i bivalves i gasteròpodes (3,08 i 3,51%). Pel que fa a la component terrígena el 6,73% del sediment el componen litoclasts, mentre que el quars molt variable pel que fa a presència assoleix el 3% com a pes mitjà.

Pel que fa a la formes de les distribucions granulomètriques presenta un perfil concau accentuat cap a les fraccions fines, tot i que no presenten una classificació tan accentuada com les mostres corresponents a la fàcies d'arenas bioclàstiques amb quars. Respecte el gràfic que defineixen les components latents les mostres corresponents a la fàcies descrita es distribueixen tot seguint l'horizontal del segon eix en funció del pes dels indiferenciats i els grans biogènics identificats (Fig. 4.7).

#### 4.2.6 *Fàcies d'arenas bioclàstiques amb bivalves i rodofícies*

Es tracta d'arenas de mitjanes a fines (96,45%) amb una discreta presència de terrígens (8%) front al 92% de components biogènics. La mitjana del contingut en carbonats es situa entorn el 80%. Pel que fa a la distribució dels bioclasts la importància dels indiferenciats queda en un segon pla, i el 38,74% que representen queda emmascarat per la importància de les rodofícies (23,51%) i els bivalves (10,8) als que caldria afegir foraminífers, gasteròpods i briozous per sobre del 3% en quant a pes. És en aquesta fàcies, on les restes antròpiques tenen el pes més destacat del sediment de tota l'illa, entre ells cal destacar fragments de vidre, plàstics o agregats de petroli.

La mida de gra mitjana queda dins la categoria d'arenas mitjanes, l'assimetria tot i que negativa és molt minsa de la mateixa manera que ho és la classificació, per tant no és estrany que les corbes granulomètriques de les mostres de les arenas bioclàstiques amb bivalves i rodofícies siguin concaves i amb pendents accentuats. Sobre els plans de l'anàlisi multifactorial les mostres s'ubiquen properes a l'eix horitzontal dins el quartil superior esquerra, seguint les tendències que regeixen els pesos de la variables bivalves i carbonats (Fig. 4.8).

#### 4.2.7 *Fàcies d'arenes bioclàstiques amb foraminífers*

Amb un 93,53% d'arenes, el calibre mitjà de les quals és  $1,62\phi$  i la classificació només de  $0,68\phi$  i una assimetria lleugerament negativa, aquesta fàcies agrupa el 95% del seu volum a la categoria de bioclàstos. Tot i que el 56% dels components biogènics són indiferenciats, destaca la preponderància dels foraminífers que en algunes mostres poden arribar a constituir quasi el 20% tot i que el seu mitjà toca el 12,94%. Les formes de les distribucions granulomètriques presenten una forma concava, tot i que existeix certa heterogeneïtat entre les mostres. Sobre els eixos de les components latents tenen una distribució semblant a les de les arenas bioclàstiques amb quars, tot i que el pes del contingut en carbonats i en bioclàstos les acosten més al creuament dels eixos de coordenades (Fig. 4.9).

### 4.3 Variacions territorials del tipus de sediment de platja

Les fàcies identificades per al sediment de platja del litoral de Menorca presenten una sèrie de patrons pel que fa a distribució geogràfica estretament lligats amb la geomorfologia i evolució del litoral. Així com es pot comprovar gràficament, les fàcies sedimentàries de component terrígena dominant s'agrupen a la costa nord de Menorca. Les graves terrígens són presents al sector de la central de la costa nord a platges com Cala Pregonda, S'Escala, Cala Barril, Cala Mica o es Fondejar de ses Llandes, bàsicament repartides entre els afloraments de roques triàsiques i carboníferes a les costes septentrionals dels municipis d'Es Mercadal i Maó. Pel que fa a les arenas terrígenes les localitats es mantenen a la costa nord, tot i que ens condicions més protegides. Així tenim localitats incloses en aquesta tipologia com Cala Morell, Cala Tamerells o Sa Mesquida.

Ja dins la categoria de sediment majoritàriament bioclàstic diferenciem encara entre un grup d'arenas bioclàstiques amb una important proporció de terrígens, d'aquelles que són bàsicament localitats amb sediment d'origen biològic. Les fàcies d'arenas bioclàstiques amb terrígen tornen a aparèixer exclusivament al nord de l'illa. Els referents són freqüents en tot el litoral des de Cala Algaires fins a la barra de l'Albufera des Grau. Les mostres assignades en aquesta fàcies d'arenas bioclàstiques amb una component de litoclasts destacada, apareixen majoritàriament a localitats menys exposades que les platges terrígenes. El segon grup d'arenas bioclàstiques terrígenes, destaca per la proporció de grans de quars present. Resalta la localització geogràfica d'aquestes mostres per aparèixer concentrades en el sector central del Migjorn de Menorca, just on la presència dels barrancs més importants de l'illa desenvolupen al mar. Així dins aquesta categoria s'hi troben platges com les de Binigaus, Galdana, Trebalúger, Binicordell, Sant Tomàs, etc.

Les fàcies bioclàstiques en la seva modalitat d'indiferenciades apareixen repartides en els sectors laterals de la regió de Migjorn, Cala Blanca a Ciutadella o la platja de Punta Prima a Sant Lluís. També dins les fàcies bioclàstiques cal fer esment de la subdivisió d'arenas bioclàstiques amb foraminífers, les localitats on apareix aquest subtipus es troben bé a la costa de Migjorn, en localitats amb un litoral molt articulat, bé dins la badia de Fornells. Un patró semblant semblen tenir platges com les incloses dins la fàcies



d'arenes bioclàstiques amb rodofícies i bivalves, que mentre que són molt comuns a la costa sud, al nord sols apareixen vinculades a claes protegides com Es Grau, o a l'ombra de l'illa de'n Colom, l'Arenal d'en Castell, Cala Pudent o Cavalleria.

## 5

# DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

---

S'han analitzat un total de 63 platges, 28 d'elles localitzades al Migjorn i 34 a Tramuntana. Les mostres foren recollides al sector proximal de les platges i s'han obtingut els paràmetres de textura, contingut en carbonats i composició lito-biogènica.

Del procediment en resulta la identificació de les característiques del sediment de platja menorquí. Per a tota l'illa de Menorca el sediment de platja mitjà té com a propietats una textura bàsicament d'arenas mitjanes a gruixades (0,5 a 2mm) amb una classificació entre bona i molt bona. Pel que fa al calibre mitjà del sediment pren un valor de  $1,2 \pm 0,82\phi$ , amb màxims de  $-0,35\phi$  i mínims de  $3,69\phi$ . La classificació del sediment de platja és de  $0,55 \pm 0,19\phi$  el que implica una acció de l'hidrocinamisme important atès el grau d'homogeneïtat de la distribució granulomètrica. No obstant aquest paràmetre presenta una variabilitat considerable entre localitats fruit de les diferents condicions ambientals i dinàmiques de cada una de les platges; així el rang varia des d'un valor de classificació pobre com  $1,26\phi$  i paràmetres d'homogeneïtat acusada del sediment com  $0,27\phi$ . Per al conjunt de Menorca el sediment és arenós i carbonatat; les classes texturals es reparteixen entre un 94,67% d'arenas, un 4,02% de graves i 1,19% de fins, el contingut mitjà en carbonats és del  $75,68 \pm 17,13\%$ . Aquesta diferència important pel que fa a les variacions de carbonats respon a la distància entre els casos extrems de platges com Morella amb el 22,38% de carbonats o S'arenalet d'en Castell amb quasi bé el 100% de carbonats.

Per la seva banda la composició de les platges de Menorca és majoritàriament bioclàstica, amb una mitjana del 18,2% de components terrígens (litoclasts) i un 81,8% de bioclasts, dels quals els indiferenciats arriben a un 47,77% seguits de les algues rodofícies (12,26%), els bivalves (6,50%) i els foraminífers (4,12%). La resta de components es situen per sota el 3% i com a curiositat el 0,02% del sediment és d'origen antròpic.

Pel que fa a la forma dels grans i de manera indirecte a l'hidro dinamisme del litoral menorquí, destaquen els grans de forma arrodonida que suposen el 67,19% del sediment, mentre que la resta dels grans s'aglutinen cap a les classes de valors angulosos. En la mateixa línia apunta el volum de bioclasts indiferenciats.

Respecte als dominis geomòrfics de Tramuntana i Migjorn, les diferències es fan patents en el % de litoclasts presents al sediment. Així doncs, la regió de Tramuntana destaca per l'elevada presència de litoclasts en el seu sediment de platja, éssent la mitjana del 27,46% amb màxims de 89,69% i mínims del 27,46%. Per a la Mitjanía el contingut de terrígens ronda el 7,70%, tot i que s'hi dóna un màxim allunyat de la tendència central del 46,40% de litoclasts. Mentre que a Tramuntana les classes texturals es reparteixen entre un 94,06% d'arenas, un 5,53% de graves i un 0,41% de fins; a Migjorn els valors són d'un 95,56% d'arenas, 2,31% de graves i 2,06% de fins. De la mateixa manera les mides de gra a Migjorn són més fines que a Tramuntana, mentre que al primer domini hi trobam bàsicament arenas mitjanes (50%) a Tramuntana hi destaquen les arenas gruixudes i en alguns casos les graves. Pel que fa a l'arrodoniment dels grans a Migjorn un 67,86% del sediment presenta grans arrodonits, mentre que a Tramuntana aquest percentatge és menor, de l'ordre del 58,83%.

Mitjançant el tractament estadístic i en base als criteris texturals i de composició, s'ha diferenciat entre tres fàcies sedimentàries: fàcies de graves terrígenes, fàcies d'arenas terrígenes i fàcies d'arenas bioclàstiques. Aquestes darreres s'han separat en cinc subfàcies: subfàcies d'arenas bioclàstiques amb terrígens, subfàcies d'arenas bioclàstiques amb quars, subfàcies d'arenas bioclàstiques indiferenciades, subfàcies d'arenas bioclàstiques amb rodofícies i bivalves i finalment subfàcies d'arenas bioclàstiques amb foraminífers. Les característiques de cada una d'elles han estat descrites al capítol anterior, no obstant resultat interessant afegir alguns comentaris pel que fa a l'origen i procedència dels sediments arran de la distribució geogràfica de cada una d'aquestes fàcies i subfàcies.

Tant les graves com les arenas terrígenes es localitzen al domini geomòrfic de Tramuntana, aquestes tenen una composició majoritàriament litoclàstica així com una mida de gra major que les del Migjorn. La presència de litoclasts, carbonats o no, respon al desmantellament dels afloraments dels materials a la línia de costa, ja que els cursos fluvials tenen un funcionament esporàdic. L'angulositat, més important a Tramuntana que a Migjorn, d'una banda posa de manifest la constant incorporació de material fruit de l'erosió dels afloraments rocosos al sediment de platja (Pyökäri & Lethovaara, 1993). El contingut en carbonats, en la majoria de les mostres inferior al 50%, respón a la naturalesa siliclàstica de bona part del substrat que constitueix els relleus de Tramuntana on hi trobem des de dolomies juràssiques i del Keuper, quarsarenites del Buntsandstein i gresos del Permià o les lutites devonians (Obrador, 1998). No obstant, no tota la sedimentació és majoritàriament terrígena, podem comprovar com les subfàcies d'arenas bioclàstiques amb terrígens es troben repartides sols a la costa septentrional. Ocupen aquells entrants més protegits de l'onatge i el pes dels bioclasts suposa una mitjana del 75%, la mida arran de la presència dels grans no terrígens és més fina i passa a la classe d'arenas mitjanes. L'origen del sediment s'ha d'atribuir d'una banda al desmantellament de la costa rocosa, quasi bé un 25% del sediment és terrígen, i d'altra

arran de la presència de elements bioclàstics com bivalves, gasteròpodes, equínids i foraminífers a la presència de prades de fanerògames marines com la *Posidonia oceanica*. Aquest ecosistema és el principal productor dels elements descrits (Fornós & Ahr, 1997) tot i que també s'hi poden trobar elements d'altres comunitats com les coral·lígenes (rodofícies).

La resta de subfàcies bioclàstiques té una distribució majoritàriament meridional, les bioclàstiques indiferenciades es troben als sectors laterals del Migjorn i zones protegides de Tramuntana, el pes dels bioclàstics indiferenciats apunta un paper important del retreballament per l'onatge del sediment (Jaume & Fornós, 1992) com ve a bé a posar de manifest la classificació del sediment. La més baixa de totes les subfàcies bioclàstiques amb composició terrígena poc significativa. D'altra banda hi ha un pes de carbonats molt important, 90% de mitjana. L'arrodoniment d'aquesta subfàcies és destacable, a l'energètic del sistema cal tenir en compte que es tracta de materials més tous que els litoclàstics. També amb una distribució als blocs laterals del Migjorn i alguna mostra a Tramuntana tenim les subfàcies d'arenes bioclàstiques amb rodofícies i bivalves així com bioclàstiques amb foraminífers. Tot i que tenen patrons de localització semblants, les segones presenten tant una textura més fina així com un major contingut en carbonats que les segones i una major classificació. La subfàcies de rodofícies i bivalves apareix lligada a localitats com l'albufera d'Es Grau o la restinga de Son Bou, a més a més d'altres platges totes elles poc exposades (els indiferenciats no superen el 40% del sediment). L'origen del sediment respón a la presència de praderes de *Posidonia oceanica* (Fornós & Ahr, 1997) i les comunitats coral·lígenes que aportarien el 24% de rodofícies d'aquesta subfàcies. Cal tenir en compte, però, que a les arenas bioclàstiques amb foraminífers el pes de les rodofícies és menor (7%) i caldria assignar un paper preponderant als sistemes vinculats a la *Posidonia oceanica*, ja que és sobre les seves tiges on viuen bona part dels foraminífers com a epífits (Fornós *et al.* 1992; Walter-Levy *et al.* 1958).

Finalment, adquireixen un paper destacat les subfàcies d'arenas bioclàstiques amb quars concentrades al sector central de l'illa de Menorca. Les platges incloses en aquesta subfàcies estan relacionades amb els barrancs centrals de l'illa de de Menorca, que per altra banda són els de major longitud i que amb alguns casos connecten el Migjorn amb la regió de Tramuntana. Són arenas fines, ben classificades amb un component litoclàstic entorn al 20% del qual el quars en representa el 14%. Tot i que caldria ampliar amb altres estudis com pugui ésser l'exoscòpia dels grans de quars, o incrementar el volum de mostreig, les investigacions actuals que es desenvolupen a l'entorn de la geomorfologia de les cales i els barrancs de Menorca (Fornós *et al.* 1998; Fornós, 1999; Pardo *et al.* 1997; Rosselló *et al.*, 1997; Segura *et al.* 1999) semblen apuntar que la presència d'aquests percentatges de quars estaria relacionada amb l'evolució càrstica d'aquests barrancs, coincidint aspectes de lleuger retoc fluvial amb la coalescència de les meso i macroformes exocàrstiques (dolines, etc...).

Per acabar i a mode de recomanacions per la gestió de les platges menorquines, volem fer extensives les propostes de l'informe METADONA (Rodríguez-Perea *et al.* 2000) pel que fa a les regeneracions de platges. Els resultats d'aquest estudi presenten que el sediment de platja menorquí és bàsicament arenós i carbonatat; i de la seva composició bioclàstica (tant a Tramuntana com a Migjorn) en destaca la

importància dels pradells de *Posidonia oceanica* com a font de sediment. Atès que les regeneracions artificials i abocament de volums d'extraccions d'arena des d'altres localitats es tradueixen en un enterrament de les comunitats de fanerògames marines i per tant trenquen el cicle vital de les comunitats on es produeix el sediment, desaconsellam el seu ús per a aquelles platges que tenen una composició majoritàriament biogènica. Sempre que sigui possible i especialment quan les platges duguin un sistema dunar associat es recomana l'ús de tècniques més blanques com les trampes de sediment, o prescindir de l'extracció de les restes vegetals de *Posidonia oceanica* acumulades a la platja, ja que a més a més d'actuar de dic de contenció també aporten importants volums de sediment.

# BIBLIOGRAFIA

- Baulies, J. 1964. *L'illa de Menorca*. Volum I. Editorial Barcino. Barcelona. 143 pp.
- Borrouilh, R. 1983. *Estratigrafía, sedimentología y tectónica de la isla de Menorca y del NE de Mallorca (Balears)*. IGME. Madrid. 672 pp.
- Bosque, J. & Moreno, A. 1994. *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Oikos-tau. Barcelona. 214pp.
- Bouderesque, C.F., Jeudy de Grissac, A. 1983. *L'herbier à Posidonia oceanica en Méditerranée*. J. Rech. Océanogr. Fr., 8: 99-122.
- Canals, J., Ballesteros, E., Serra, J.; Alonso, B.; Catafau, E. 1988. The Pollensa bay carbonate factory (Balearic Islands, NW Mediterranean Sea). *Rapp. Comm. Int Mer Médit*, 31: 298pp.
- Carranza-Edwards, A., Bocanegra-García, G., Rosales-Hoz, L. & de Pablo, L. 1998. Beach sands from Baja California Peninsula, Mexico. *Sedimentary Geology*, 119: 263-274.
- Carter, R.W.G. 1988. *Coastal environments, an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press. London. 617 pp.
- Cebrian, J. & Duarte, C.M. 2001. Detrital stocks and dynamics of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) delile in the Spanish Mediterranean. *Aquatic botany*, 70: 295-309.
- Fornós, J.J. 1987. *Les plataformes carbonatades de les Balears, estudi sedimentològic de les plataformes miocenes de les illes Balears i la comparació amb la sedimentació actual de la seva plataforma*. Tèsi Doctoral inèdita. Universitat de Barcelona. 954 pp.
- Fornós, J.J. 1991. *Estudi dels sediments litorals de la zona compresa entre Can Pere Antoni i la Punta den Pau (Badia de Palma)*. Societat d'Història Natural de Balears. Informe Inèdit. 120 pp.
- Fornós, J.J. 1999. Rebliment holocènic de la vall incisa de Santa Anna, Sud de Menorca (Mediterrània occidental). In *Geoarqueologia i Quaternari litoral, Menorial M.P. Fumanal*: 343-355. Universitat de València, Departament de Geografia. València.
- Fornós, J.J., Ahr, W.M. 1997. Temperate carbonates on modern, low-energy, isolated ramp: the Balearic Platform, Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67: 364-373.
- Fornós, J.J., Barón, A. & Pons, G.X. 1996. Arrecifes de coral hermatípicos (*Cladocora caespitosa*) en el relleno holoceno de la zona de Es Grau (Menorca, Mediterraneo Occidental). *Geogaceta*, 20: 303-306.
- Fornós, J.J., Fumanal, M.P., Pons, G.X., Barón, A., Fornés, A., Pardo, J., Rodríguez-Perea, A., Rosselló, V.M., Segura, F. & Servera, J. 1998. Rebliment holocènic a la vall incisa del barranc d'Algendar (Cala Galdana, sud de Menorca, Mediterrània Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 41: 173-189.
- Fornós, J.J., Forteza, V., Jaume, C. & Martínez-Taberner, A. 1992. Present-day Halimeda carbonate sediments in temperate Mediterranean embayments: Fornells, Balearic Islands. *Sedimentary Geology*, 75:283-293.
- Fornós, J.J., Forteza, V. & Martínez-Taberner, A. 1990. Taxes de sedimentació associades a l'activitat pesquera d'una piscifactoria (Badia de Fornells, Menorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 33: 41-47.
- Fornós, J.J.; Forteza, V. & Martínez-Taberner, A. 1997. Modern polychaete reefs in Western Mediterranean lagoons: *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) in the Albufera of Menorca, Balearic Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 128: 175-186.

- Gracia, F.J., Benavente, J. & Anfuso, G. 2000. Clasificación de las costas y ambientes costeros. In Andrés, J.R. & Gracia, F.J. (eds): 13-30. *Geomorfología litoral: procesos activos*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- Graham, J. 1988. Collection and analysis of field data. In Tucker, M. (ed). *Techniques in sedimentology*: 5 - 62. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Jaume, C. 1989. *Estudi i composició del sediment de les platges del litoral mallorquí*. Tesina de Grau en Biologia. Universitat de les Illes Balears. Inèdita. 102 pp.
- Jaume, C. & Fornós, J.J. 1992. Composició i textura dels sediments de les platges del litoral mallorquí. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 35: 93-110.
- Kasper-Zubillaga, J.J., Dickinson, W.W. 2001. Discriminating depositional environments of sand from modern source terraces using modal analysis. *Sedimentary Geology*, 143: 149-167.
- Komar, P.D. 1998. *Beach processes and sedimentation*. Prentice Hall. New jersey. 544 pp.
- Llompart, C., Obrador, A. & Rosell, J. 1979. Geologia de Menorca. *Enciclopèdia de Menorca, Geografia Física*, Vol. 1: 1-83. Obra Cultural Balear. Maó.
- Martínez-Taberner, A.; Forteza, V. & Fornós, J.J. 1993. Colonization, structure and growth of *Ficopomatus enigmaticus* cf. TEN HOWE & WEERDENBURG (Polychaeta, Serpulidae) in the albufera of Menorca, Balearic Islands. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25: 1031-1034.
- McManus, J. 1988. Grain size determination and interpretation. In Tucker, M. (ed). *Techniques in sedimentology*: 63-85. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Obrador, A. 1998. Un cop d'ull a la geologia menorquina. In Fornós, J.F. (ed). *Aspectes geològics de les Balears*: 39-66. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Pardo, J.E., Rodríguez-Perea, A., Fornós, J.J., García, F. & Cervera, T. 1997. Caracterización de los fondos de las calas y los barrancos menorquines mediante sondeos eléctricos. *Dinámica Litoral-Interior. Actas del XV Congreso de Geógrafos Españoles*. Santiago, 15-19 setembre 1997. Vol 1: 191-203.
- Pethick, J. 1984. *An introduction to coastal geomorphology*. Arnold. London. 259pp.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. & Siever, R. 1987. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag. New York. 321pp.
- Pyökäri, M. 1997. The provenance of beach sediments on Rhodes, southeastern Greece, indicated by sediment textures, composition and roundness. *Geomorphology*, 18: 315-332.
- Pyökäri, M. 1999. Beach sediments of Crete: texture, composition, roundness source and transport. *Journal of Coastal Research*, 15: 537-553.
- Pyökäri, M. & Lehtovaara, J.J. 1993. Beach material and its transport in accordance with the predominant and prevailing wave direction on some shores in Northern Greece. *Journal of Coastal Research*, 9: 609-627.
- Rodríguez-Perea, A., Servera, J. & Martín, J.A. 2000. *Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: Informe Metadona*. Universitat de les Illes Balears, Ajuntament de Calvià. Palma. 108 pp.
- Rosselló, V.M. 1975. *Les illes Balears, resum geogràfic*. Editorial Barcino. Barcelona. 198 pp.
- Rosselló, V.M., Fornós, J.J., Fumanal, M.P., Pardo, J.E., & Rodríguez-Perea, A. 1997. Elementos morfogénicos de calas y barrancos del sur de Menorca. *Dinámica Litoral-Interior. Actas del XV Congreso de Geógrafos Españoles*. Santiago, 15-19 setembre 1997. Vol 1: 245-256.

Sanjaume, E. 1985. *Las costas valencianas: sedimentología y morfología*. Sección Geografía, Universidad de Valencia. València. 505 pp.

Sastre, A. 1995. *Mercat turístic balear*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma. 144 pp.

Segura, F., Pardo, J.E. & Servera, J. 1999. Tectònica i carst al migjorn de Menorca: el Prat de Son Bou. In *Geoarqueologia i Quaternari litoral, Menorial M.P. Fumanal*: 435-446. Universitat de València, Departament de Geografia. València.

Servera, 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral inèdita. Universitat de les Illes Balears. 998 pp. + 1 atlas 138 pp.

Siesser, W.G. & Rogers, S. 1971. An investigation of the suitability of four methods used in routine carbonate analysis of marine sediments. *Deep Research*, 18: 135-139.

SPSS. 1997. *SPSS® Base 7.5 Applications guide*. SPSS Inc. Chicago. 339 pp.

Walter-Levy, L., Frécaut, R. & Strauss, R. 1958. Contribution à l'étude de la zone littorale des îles Baléares. Biologie et chimie des algues calcaires. Formes dur relief que leur sont liées. *Revue algologique*, 3: 202-228.