



Universitat de les  
Illes Balears

Sedimentació recent i dinàmica litoral  
a la badia de Palma  
(Mallorca, Mediterrània occidental):

Efectes de la contaminació sòlida procedent d'una antiga  
central elèctrica

**Laura del Valle Villalonga**

Màster d'Anàlisi, Planificació i Gestió  
d'Àrees Litorals

Departament de Ciències de la Terra  
Universitat de les Illes Balears

Treball fi de màster

Data: Febrer 2011

Directors: Dr. Joan J. Fornós Astó  
Dr. Lluís Gómez-Pujol

El present treball de màster està preparat per a la seva traducció a l'anglès i ha estat maquetat seguint les normes de publicació de la revista científica *Marine Pollution Bulletin* indexada a ISI-Thompson Reuters. Altrament, ha estat acceptat com a comunicació en format pòster a les *XII Reunión Nacional de Geomorfología* de la Societat Espanyola de Geomorfologia (SEG), organitzada per la Universitat de Cantabria entre els propers 17 a 21 de setembre de 2012 a Santander

<b>1. Introducció</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Zona d'estudi</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Materials i mètode</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Resultats</b> .....	<b>13</b>
4.1 Dades texturals del sediment el 2010 .....	13
4.2 Paràmetres granulomètrics i composició 2010.....	13
4.3 Dades texturals del sediments el 1980. ....	15
4. 4 Paràmetres granulomètrics i composició 1980.....	16
4.5 Comparació de les característiques texturals del 1980-2010. ....	17
4.6 Comparació de la composició del 1980-2010.....	18
<b>5. Discussió</b> .....	<b>18</b>
<b>6. Conclusions</b> .....	<b>19</b>
<b>REFERÈNCIES</b> .....	<b>23</b>
<b>ANNEXS</b> .....	<b>25</b>

## **Llistat de figures i taules**

<b>Figura 1.</b> Àrea d'estudi i localització de les mostres estudiades .....	<b>9</b>
<b>Figura 2.</b> Caracterització del clima marítim de la zona d'estudi. Espectre direccional de l'onatge (panell superior) i rosa d'onatge (panell inferior) per a la sèrie de 44 anys (1958-2001) del punt SIMAR 2069036 al bell mig de la badia de Palma .....	<b>10</b>
<b>Figura 3.</b> Aproximació a l'estudi de la sedimentació recent i la contaminació per abocament de carbó a la badia de Palma .....	<b>12</b>
<b>Figura 4.</b> Variació espacial de la textura del sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010. ....	<b>14</b>
<b>Figura 5.</b> Distribució espacial del contingut en fragments de carbó al sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010.....	<b>15</b>
<b>Figura 6.</b> Variació espacial de la textura del sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 1980. ....	<b>16</b>
<b>Figura 7.</b> Distribució espacial del contingut en fragments de carbó al sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010.....	<b>17</b>
<b>Figura 8.</b> Canvis texturals en el sediment recent de la zona d'estudi, 1980 - 2010. ....	<b>18</b>
<b>Figura 9.</b> Canvis en la mida dels fragments de carbó presents a les diferents classes texturals. ....	<b>17</b>
<b>Taules</b>	
<b>Taula 1.</b> Anàlisi normalitzat de la variància del contingut en carbó de les mostres estudiades per al període de 1980 – 2010.....	<b>19</b>

## Resum

El present treball avalua per al període 1980 – 2010 la permanència i la dinàmica d'un abocament de fragments de carbó en el sediment litoral de la badia de Palma (Illes Balears, Mediterrània occidental). Els abocaments de carbó estan associats als punts d'abastament de les centrals elèctriques i de producció de gas que fins la primera meitat del S.XX estaren operatives a la badia de Palma. S'ha caracteritzat la textura i la composició del sediment d'un sector de costa de 5 km entre la platja de Can Pere Antoni i Cala Estància. En conjunt el sediment de la zona està constituït per arenes mitjanes a fines ben classificades amb una composició dominant (70%) de bioclasts. Atès que no es coneixen afloraments naturals de carbó a la zona, el 3.6% de grans de carbó present en el sediment es consideren d'origen antròpic. Per al període de trenta anys la presència relativa de fragments de carbó d'origen en el sediment del sector estudiat s'ha incrementat (1.3 punts) arran de la fragmentació dels grans de carbó i la seva incorporació a fraccions del sediment de menor calibre. Igualment la presència relativa del carbó, indica un transport dels fragments de carbó cap al SE, seguint la direcció del flux mitjà de l'energia de l'onatge de la zona.

**Paraules clau:** Carbó, contaminació sòlida, composició del sediment, dinàmica litoral, impacte antròpic.

## Abstract

This study deals with permanence and the dynamics of coal spill in coastal sediments for the period 1980 – 2010 at Palma Bay (Balearic Island, Western Mediterranean). Coal spill is related to the local coal discharge harbours from former power and gas stations, which were working until the first half of the century in Palma Bay. Nearshore sediment texture and composition have been characterized along a 5 km coastal segment between Can Pere Antoni beach and Cala Estància. Sediments consist of bioclastic classified medium sands to classified fine sands with (70% of the bulk sediment). Since there is a lack of natural coal outcrops in the basins draining to the Palma bay, the 3.6% of coal grains in the sediment are considered to be of anthropogenic origin. For the period 1980 – 2010 the presence of coal in the beach sediment has been increased (1.3 points) due to the fragmentation of the original coal spill grains. Additionally the relative presence volume of coal in sediment can be used as a sediment tracer and indicates a sediment transport to the SE following the direction of the mean wave energy flow.

**Keywords:** Coal, solid pollution, sediment composition, coastal dynamics, human impact.



## 1. Introducció.

El paper de l'home o l'impacte de les seves activitats en la dinàmica i els processos litorals és un camp ple de contribucions en el si de la geomorfologia litoral (Paskoff, 1998). Des de fa temps i en el marc de la segona meitat del segle XX, hom coincideix a destacar la creixent influència de l'home com un factor o condicionant més dels processos i formes litorals, bé accelerant les dinàmiques d'erosió-acumulació; bé alterant els balanços sedimentaris o intervenint amb diferents infraestructures i obres civils com dics, esculleres, ports, etc. Per tal d'assegurar o estabilitzar platges, penya-segats, dessecació i/o bonificació d'albuferes, entre molts d'altres (Woodroffe, 2002; Finkl, 2004).

Les intervencions de l'home en la dinàmica litoral se separen en dos grans tipus: les directes i les indirectes, atenent als efectes sobre el balanç sedimentari o la intervenció directe sobre un espai costaner (Woodroffe, 2002; Masselink i Hughes, 2003). També es poden separar les accions com a blanques o dures des d'una perspectiva de gestió litoral o d'intervenció d'obra pública (Bird, 2000; Roig *et al.*, 2009). Ara bé, hi ha alguns tipus d'intervencions antròpiques, com els abocaments, que poden entendre's com a una acció directa en consideració al volum de sediment que s'aporta al sistema, o bé indirecta en funció de la naturalesa i composició química dels materials abocats (Haynes *et al.*, 1996; Owens *et al.*, 2008; Carson *et al.*, 2011).

En aquest sentit, la presència de fragments o pols de carbó als sediments dels sistemes litorals (i.e. platges, estuaris, deltes) procedent d'abocaments antròpics relacionats amb les extraccions mineres o bé amb el transport de combustible per l'activitat industrial, entre molts d'altres elements contaminants, és un tret característic dels sediments litorals de les zones urbanes i industrialitzades (Allen, 1987; Iribaren, 1997). No obstant això, encara no hi ha un coneixement sòlid a propòsit de l'impacte d'aquests tipus d'abocaments, així com del temps de permanència, els mecanismes de dissipació i difusió o esmortiment natural d'aquests tipus d'impactes antròpics. (Bernabeu *et al.*, 2006; González *et al.*, 2009; Borzone *et al.*, 2009).

A la badia de Palma (Mallorca, Mediterrània Occidental), l'estudi preliminar al projecte de regeneració de la platja de Can Pere Antoni posà de manifest i caracteritzà la presència d'abundants fragments de carbó com a components del sediment superficial de la zona (Fornós, 1980). Segons Jaume i Fornós (1992), la composició dels sediments arenosos de les platges de Mallorca és quasi bé en la seva totalitat carbonatada i bioclàstica (70%). De més a més que no existeixen afloraments amb continguts de carbó a la conca que drena a la badia de Palma, Fornós (1980) considerà el carbó particulat present en els sediments de la zona com un element exògen i l'atribuí als abocaments procedents de les tres centrals elèctriques que històricament s'ubicaren en aquest sector de costa. Les tres instal·lacions comptaren amb molls de descàrrega a la zona i empraren carbó (hulles i lignits) per a la generació d'energia elèctrica i gas per a l'enllumenat públic. (Gesa, 1985, 1986, 1987).

L'objectiu del present treball és avaluar la permanència i la dinàmica sedimentària de les restes contaminants sòlides (carbó) procedents de les tres centrals elèctriques en el sediment litoral del sector central de la badia de Palma per al període 1980-2010 i contribuir al coneixement de l'impacte i esmortiment d'aquest tipus d'intervencions antròpiques en els sistemes costaners.

## **2. Zona d'estudi**

La zona d'estudi es troba al sector SW de la badia de Palma, a l'illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occidental). Es tracta d'un sector de 5 km de línia de costa, molt antropitzat degut a l'ús turístic i residencial, entre la platja de Can Pere Antoni i Can Pastilla. (Fig.1).

L'àrea d'estudi presenta una franja costanera formada per un penya-segat baix i esglaonat, conseqüència de l'alternança de sòls, dunes i platges quaternàries. (Gomez-Pujol *et al.*, 2007). La presència de múltiples platges trenca la continuïtat lateral d'aquesta formació, dues de les quals Can Pere Antoni i Ciutat Jardí són les de major

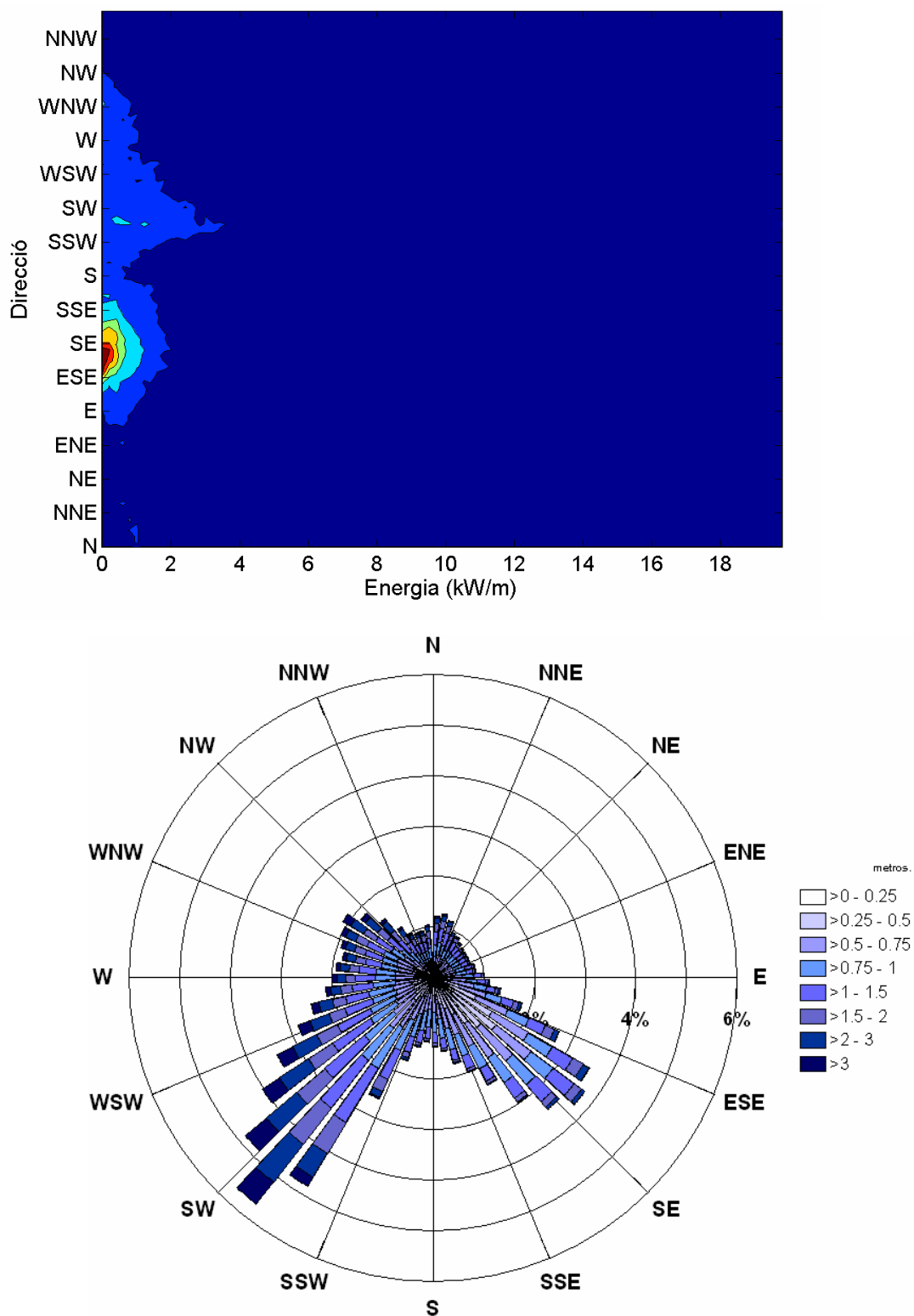




**Figura 1.** Àrea d'estudi i localització de les mostres estudiades

desenvolupament, al voltant d'un quilòmetre de longitud. Un altre tret característic d'aquest sector de costa, és l'elevat nombre d'elements d'obra civil: ports esportius, dics, dics exents i esculleres que modifiquen l'onatge. Els fons de l'àrea d'estudi són majoritàriament arenosos amb alguns afloraments rocosos fins a la isòbata de -5 metres de profunditat. Des d'aquesta cota batimètrica fins als 30 metres de profunditat el fons està cobert per un 35 % de *Posidonia oceanica*, un 35 % d'algues fotòfiles i un 11 % de rizomes de *Posidonia oceanica* morta (Gamundí, 2005).

La badia de Palma experimenta un ambient micromareal amb una oscil·lació que no passa els 0.25 m, tot i que en funció de la pressió atmosfèrica pot superar el metre puntualment. D'altra banda, la configuració fisiogràfica de la badia de Palma, oberta al SW, amb dos caps que la limiten, el cap de Cala Figuera a la part occidental i el cap Blanc a la part oriental, la protegeixen dels vents i l'onatge de més intensitat, els de Tramuntana. Per tant, deixa el sector de costa de l'estudi exposada als onatges que es



**Figura 2.** Caracterització del clima marítim de la zona d'estudi. Espectre direccional de l'onatge (panell superior) i rosa d'onatge (panell inferior) per a la sèrie de 44 anys (1958-2001) del punt SIMAR 2069036 al bell mig de la badia de Palma.

propaguen amb components entre l'WSW i el S (Fig. 2). El règim anual mitjà es caracteritza per onatges amb altura d'ona al voltant d'1m i períodes entre 4 i 6 segons. Els onatges dominants són del SW i de SE, essent els més energètics, del SW de major altura i intensitat durant l'hivern (Gómez-Pujol *et al.*, 2011a).

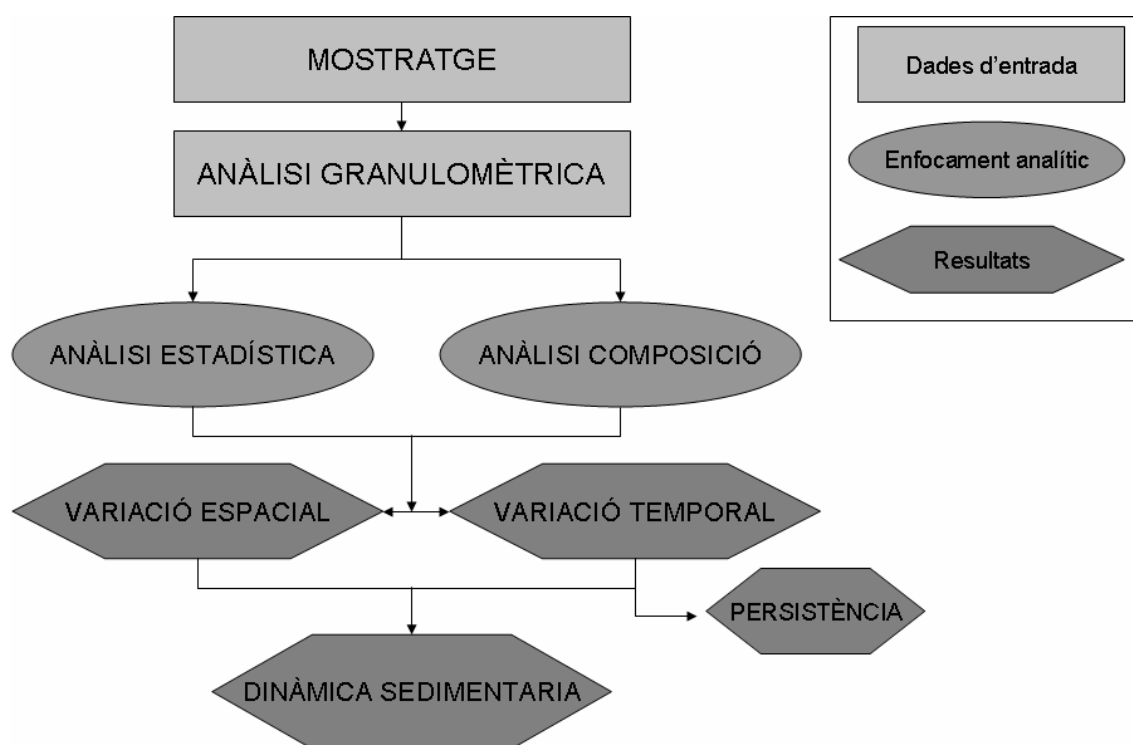
### 3. Materials i mètode

L'aproximació a l'objecte d'estudi combina tècniques clàssiques de caracterització de la sedimentació recent, així com l'explotació de la cartografia i els resultats d'estudis previs per tal d'avaluar la persistència espacial i temporal de l'abocament relacionats amb les activitats de la indústria energètica en el sector de la badia de Palma estudiat. Així doncs el procediment desenvolupat queda descrit a la Fig. 3 i es detalla tot seguit:

Per a la caracterització del sediment superficial de la zona d'estudi s'ha mostrejat el sediment d'una franja que abraça des de la zona de batuda de la platja fins a profunditats de -10 m. En total s'han prospectat 39 mostres de sediment (Fig. 1) ubicades en les mateixes coordenades que les mostres recollides per Fornós (1980). El volum de la mostra ha estat de 2 kg com recomana Komar (1998). La recollida de les mostres s'ha realitzat en 15 perfils perpendiculars a la costa separats entre ells 500 m i en els que s'han obtingut, sempre que ha estat possible, 3 mostres de sediment de zero a - 10 metres. De les 39 mostres recollides, 13 mostres s'obtingueren per prospecció directa (Sanjaume, 1985) i altres 26 mitjançant una draga Eckman.

Un cop al laboratori les mostres han estat rentades amb aigua destil·lada per tal d'eliminar la sal i s'han atacat les mostres amb H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> rebaixat al 10 % per tal de dispersar els grans i oxidar la matèria orgànica. Amb posterioritat les mostres s'han deixat assecar a temperatura ambient, per passar finalment un cicle de 24 hores dins l'estufa a 105°C.

Per a la caracterització textural i el càlcul dels paràmetres granulomètrics s'ha procedit a la classificació del sediment en sec en intervals de 0.5 phi a partir d'una submostra representativa de 100g mitjançant una garbelladora elèctrica de vibració, tot



**Figura 3.** Aproximació a l'estudi de la sedimentació recent i la contaminació per abocament de carbó a la badia de Palma

seguint McManus (1988). Les fraccions obtingudes en el garbellat es pesaren fins a la centèsima de gram i se conservaren posteriorment en bosses de plàstic enumerades per a una posterior anàlisi de la seva composició.

Els valors obtinguts s'expressen en percentatges respecte del pes total de la mostra per a cada fracció. De cada una de les mostres s'han calculat els respectius paràmetres granulomètrics. El càlcul dels paràmetres de la mida de gra s'obtingué tot seguint el mètode Folk and Ward (1957) amb el suport del programari GRADISTAT© (Blott and Pye, 2001).

Per a cada una de les mostres i per a cada una de les fraccions, s'ha realitzat la identificació de 250 a 500 grans atenent al sediment retingut en cada fracció. Cada gra de sediment s'ha atribuït a una categoria, grans consistents en fragments de carbó o bé a la categoria altres grans que inclou litoclasts i bioclasts indiferenciats (vid. Fornós 1980). La contribució final dels carbons en la composició de la mostra s'ha obtingut

mitjançant la ponderació del percentatge dels grans de carbo respecte del percentatge que la fracció suposa per al conjunt de la mostra i el seu pes total, de manera que:

$$\sum C_i = (a_i \cdot f_i) / P_t \quad (\text{Eq.1})$$

on  $C_i$  és el percentatge de grans de carbó per a la fracció  $i$  del sediment,  $f_i$  és el percentatge de la mostra corresponent a la fracció  $i$  del sediment i  $P_t$  és el pes total de la mostra. El sumatori de la ponderació de la presència relativa de carbons a les distintes fraccions acaba abocant el contingut en carbons de la mostra.

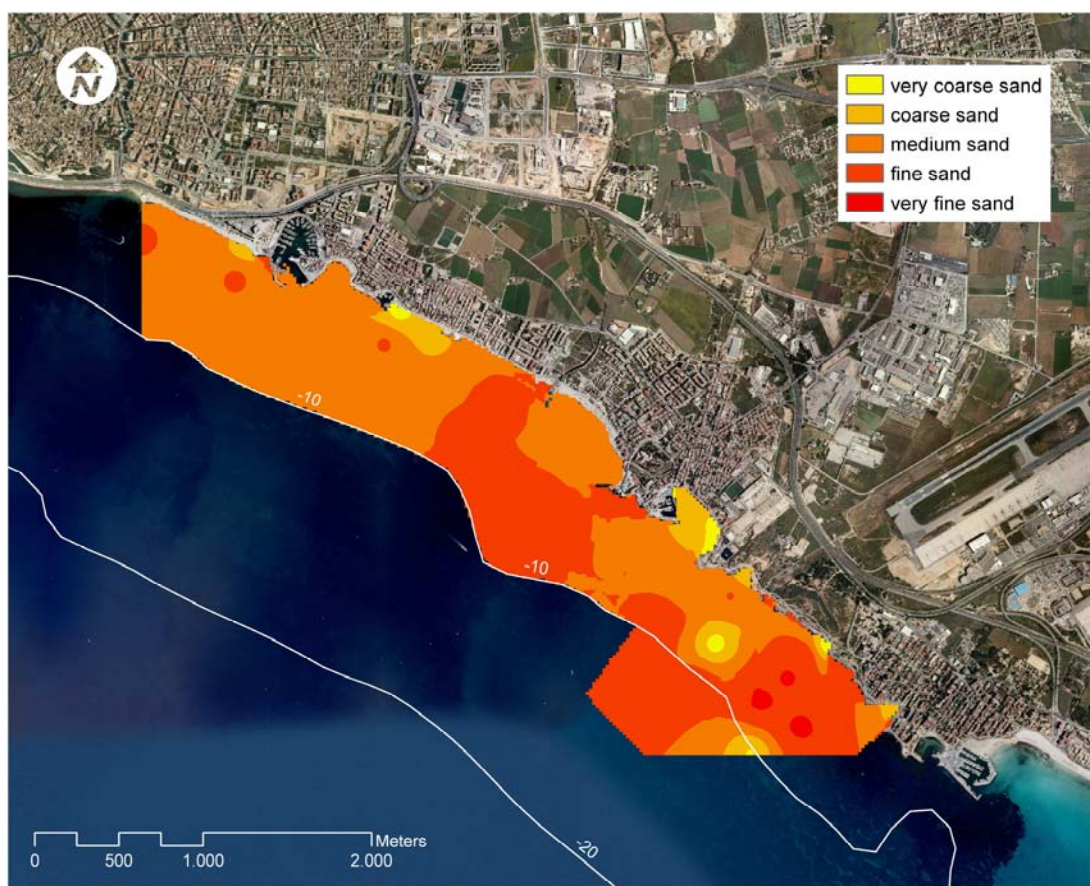
## 4. Resultats

### 4.1 Dades texturals del sediment el 2010

Els sediments que cobreixen la zona d'estudi són arenes mitjanes (2 – 1 phi). La classe textural de les arenes (0 – 4 phi) suposa el 92% del volum del sediments, per bé que dins d'aquesta categoria, el rang de les observacions fluctua entre un 59% i el 100% del sediment. D'altra banda el contingut mitjà de graves és del 7.3% amb màxims del 42% i els fins, poques vegades superen el 0.01% del volum de les mostres de sediment. De fet, la cartografia de les classes texturals posa de manifest una reducció de la mida de gra de terra a mar i cap a Llevant (Fig. 4). A les zones riberenques es troba una textura d'arenes gruixades, mentre que mar endins apareixen homogèniament unes arenes mitjanes que evolucionen a unes arenes fines de Ciutat Jardí cap a Can Pastilla (Annex 1).

### 4.2 Paràmetres granulomètrics i composició 2010

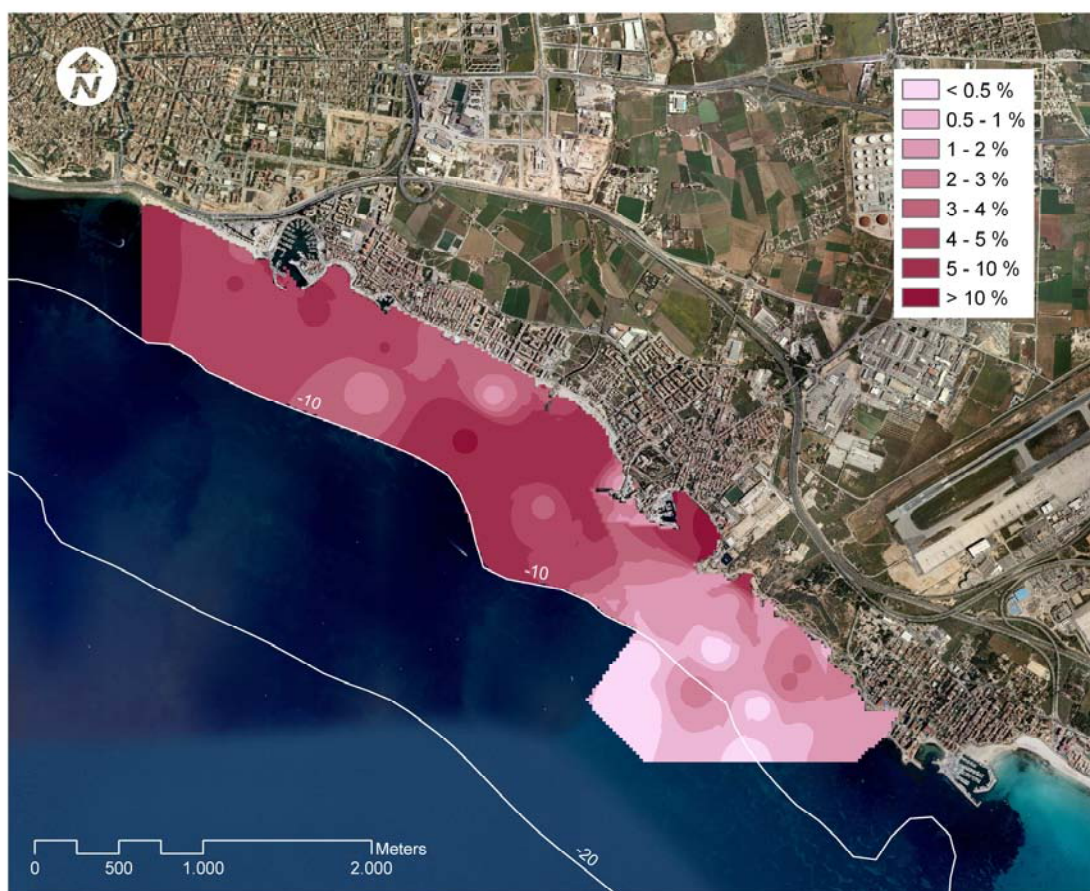
El calibre mitjà del sediment (1.55 phi) juntament amb la classificació (0.87) indica que ens trobam amb unes arenes mitjanes ben classificades. 23 de les mostres presenten una classificació del sediment de moderada a bona al voltant de 0.8 - 1. Segons el paràmetre



**Figura 4.** Variació espacial de la textura del sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010.

d'assimetria ( $S_k$ ) la corba granulomètrica escora cap a una tendència d'arenes mitjanes, 12 de les mostres presenten una corba simètrica, mostrant una clara tendència cap a les arenos fines, ara bé, 18 de les mostres presenten una corba esbiaixada cap a arenos mitjanes o gruixades. Pel que fa a la curtosi, la majoria de les mostres presenten una corba platicúrtica (38.2 %) o bé mesocúrtica (38.5 %), només un 23.5 % de les mostres presenten una corba leptocúrtica. Així doncs les corbes tendeixen a presentar poca angulositat, la qual cosa confirma que es tracta d'arenos mitjanes ben classificades (Annex 2).

La presència de fragments de carbó per al conjunt de les mostres és de 3.6 %, els valors màxims obtinguts donen uns continguts de 12.5 % i hi ha algunes poques mostres sense fragments de carbó. Pel que fa a la categoria de resta de grans (litoclasts i bioclasts), aquesta és la fracció més representativa en totes les mostres analitzades. La



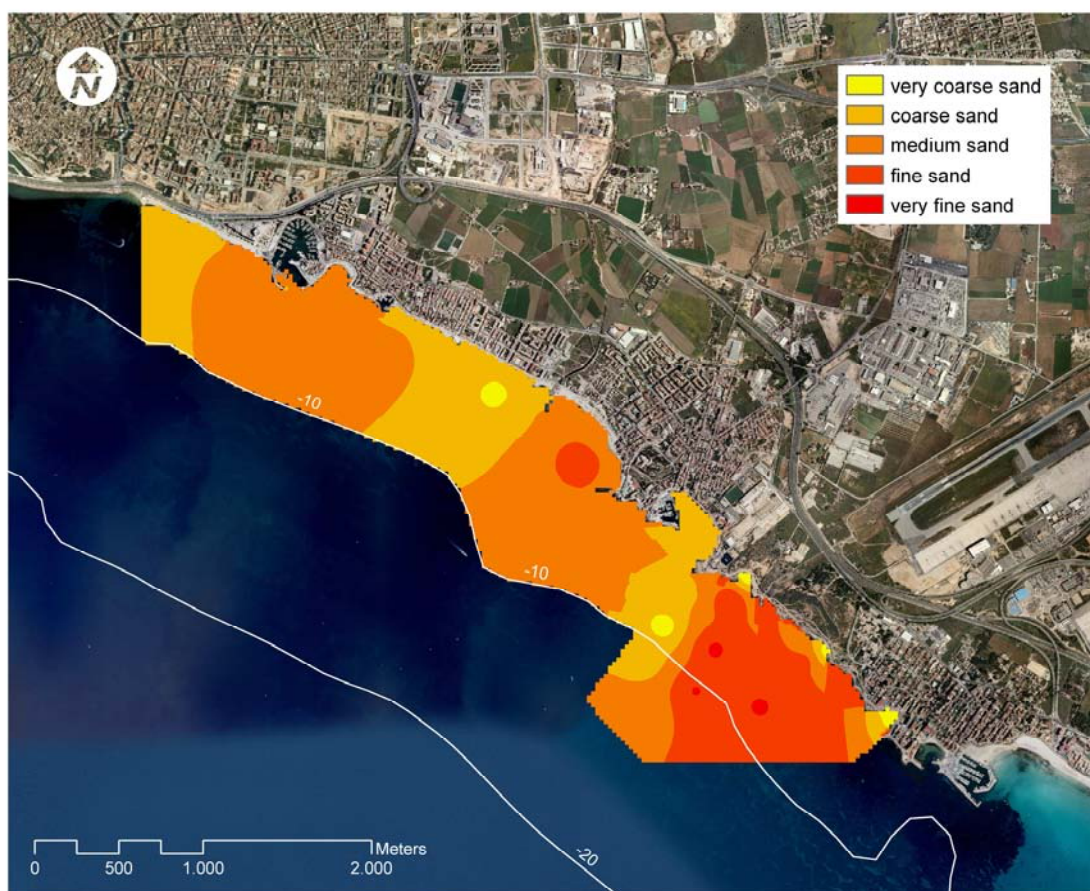
**Figura 5.** Distribució espacial del contingut en fragments de carbó al sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010.

fracció grava presenta un contingut mínim en carbó ( $< 1\%$ ), dominant les arenes mitjanes amb valors màxims en continguts de carbó del  $7\%$  (Annex 3).

La cartografia de les restes de carbó indica una distribució més homogènia a tota l'àrea d'estudi, sobretot des de Can Pere Antoni fins Ciutat Jardí; així i tot s'observa un gradient de mar cap a terra, acumulant-se a les zones més arrecerades com Cala Gamba, Cala Pudent; Es Clot den Bernadet. D'altra banda destaca l'elevada concentració de fragments de carbó al voltant dels dos punts històrics de descàrrega ubicats a Can Pere Antoni i Ciutat Jardí (Fig. 5).

#### 4.3 Dades texturals del sediments el 1980.

Segons Fornós *et al* (1980) els sediments que recobrien el fons de la zona d'estudi eren arenes gruixades ( $-1\text{ phi} - 1\text{ phi}$ ). La classe textural de les arenes suposava el  $85\%$  del



**Figura 6.** Variació espacial de la textura del sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 1980.

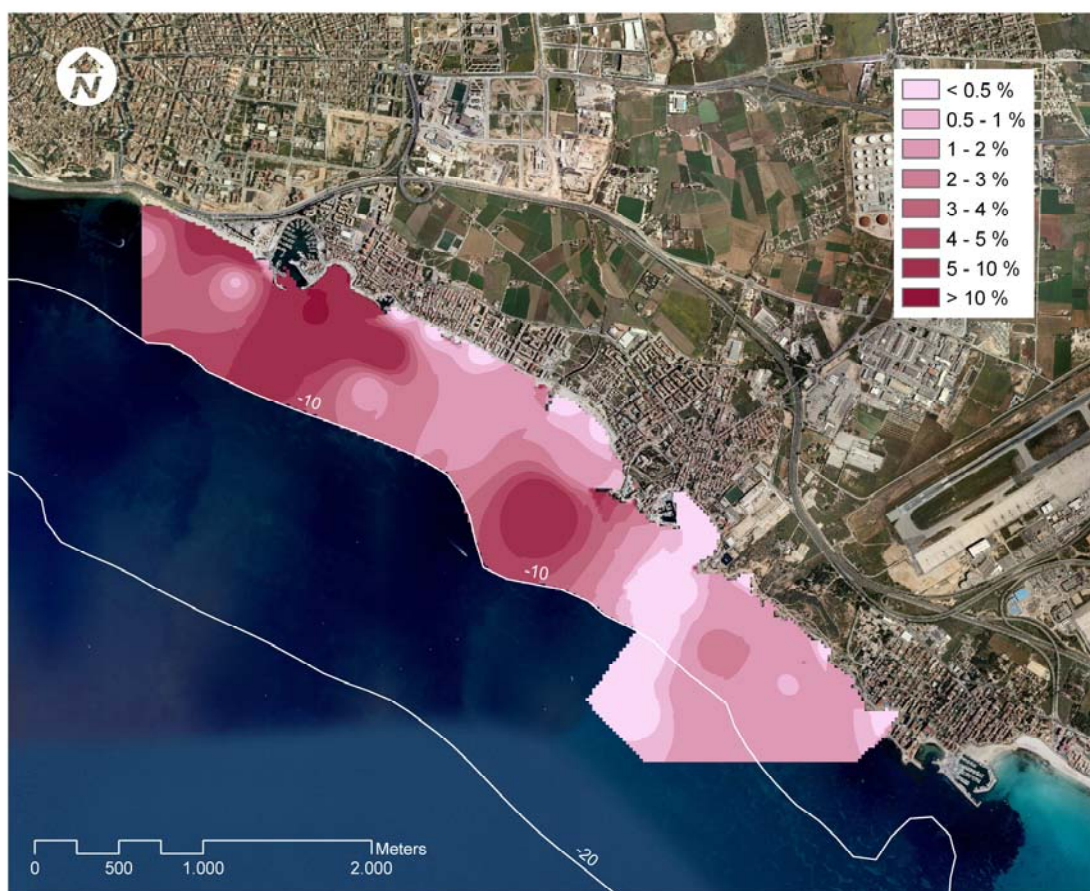
volum dels sediments, tot i que el rang de les observacions oscil·lava en aquesta categoria entre l'11.4 % i el 99.9 % del sediment. Altrament el contingut mitjà de grava era de l'11.3 % amb màxims del 88 %. D'altra banda el contingut mitjà de fins era quasi bé inexistent a totes les mostres de sediment (Annex 4).

A la figura 6 es pot observar una zonació de la mida del sediment, de manera que hi ha una zona que abraça des de Can Pere Antoni fins a Cala Gamba, amb una textura d'arena gruixada – mitja i per altra banda la zona des Carnatge, on es troba una textura d'arena fina – arena molt fina.

#### *4. 4 Paràmetres granulomètrics i composició 1980.*

En quant als valors corresponents als paràmetres granulomètrics obtinguts en les mostres de sediment recollides a la campanya del 1980 (Fornós, 1980), el grau de





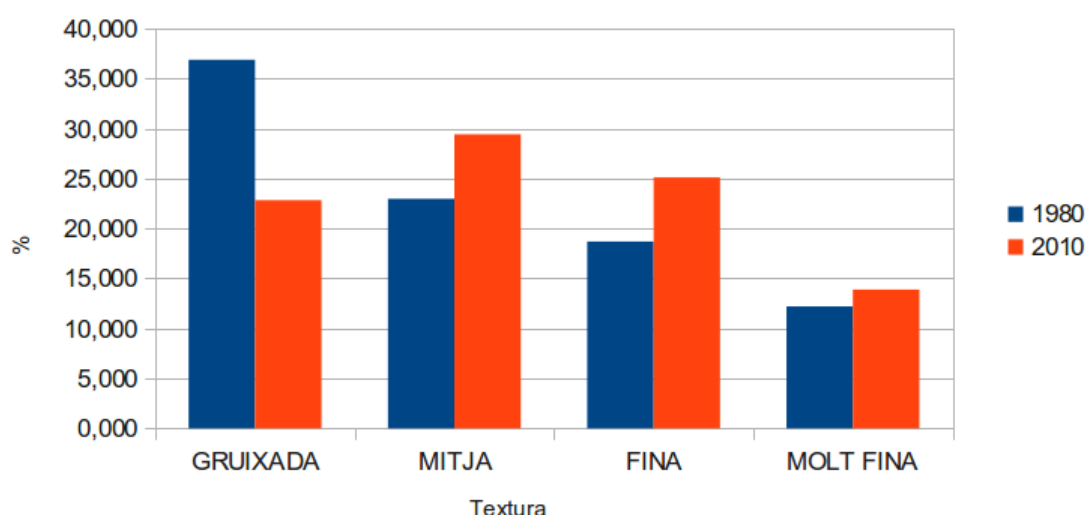
**Figura 7.** Distribució espacial del contingut en fragments de carbó al sediment recent a la zona d'estudi corresponent al mostratge de 2010.

classificació ( $S_o$ ) mitjà era de 0.89, valor característic dels sediments de platja; per altra banda el valor mitjà de *curtosis* era d'1, altrament el de la corba de simetria era de -0.03. De manera que les dades indiquen que en la majoria de les mostres la corba granulomètrica presenta una forma de normal a plana (platicúrtica). Només a unes poques mostres s'observa una corba molt angulosa, el que implica una mida de gra molt uniforme. (Veure annex 5).

Pel que fa la composició del sediment al 1980, el valor mitjà del contingut en fragments de carbó era de 2.3 %. Els valors màxims de continguts en grans de carbó se situava a la fracció arena mitjana- fina.

#### 4.5 Comparació de les característiques texturals del 1980-2010.

Els trenta anys que separen els dos mostrejos realitzats a la zona permeten avaluar si hi ha diferències en les propietats texturals del sediment i la seva distribució. Així



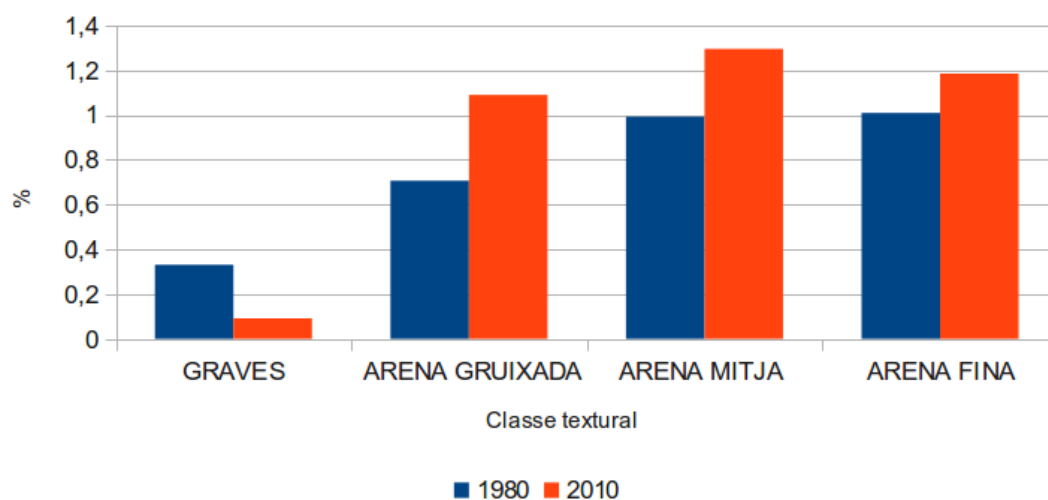
**Figura 8.** Canvis texturals en el sediment recent de la zona d'estudi, 1980–2010.

doncs, la comparativa de la contribució de les diferents classes texturals posa de manifest un augment general de les arenes i un descens de les graves al voltant del 3% respecte de les mitjanes per al conjunt de les mostres de 1980. De fet s'ha passat de registres màxims a la fracció grava del 88.5% de 1980 al 42% de 2010 (Annex 1 i 4). Si es posa esment a cada una de les subdivisions de la classe textural de les arenes, el 1980 predominava la fracció d'arena gruixada amb un 37 %, en canvi al 2010 és la fracció d'arena mitja-fina, amb un 60 % aproximadament del total de la fracció arena (Fig. 8). És a dir, s'observa una disminució del calibre del sediment.

En termes espacials es pot constatar de la comparativa de les figures 4 i 6 com el percentatge de l'arena mitja-fina ha augmentat a tota l'àrea d'estudi, ubicant-se el 1980 els màxims valors d'arena gruixada als voltants de Cala Gamba i, en canvi, al 2010 aquests màxims és localitzaven davant Cala Pudent, en el sector sud-oriental de l'àrea d'estudi.

#### 4.6 Comparació de la composició del 1980-2010

Segons Fornós (1980) el valor mitjà del contingut en fragments de carbó el 1980 era del 2.3 %, per la qual cosa el 3.6% quantificat el 2010 suposa un augment d'1.3 punts. La Fig. 9 presenta els valors obtinguts de la composició del sediment, els quals indiquen que tant el 1980 com el 2010 els valors màxims en continguts de grans de carbó, es troba a la fracció d'arena mitja-fina. No obstant això, cal destacar la



**Figura 9.** Canvis en la mida dels fragments de carbó presents a les diferents classes texturals

disminució de carbó a la fracció graves entre 1980 i 2010, així com l'augment significatiu de la quantitat de carbó de la fracció d'arena gruixada. És a dir que a l'interval caracteritzat es constata una disminució de la mida dels fragments de carbó. El 1980 els màxims valors en continguts de carbó, es localitzaven davant la zona de Can Pere Antoni i entre els 10-20 metres de distància a la costa, disminuint cap a la zona més oriental de l'àrea d'estudi. En canvi el 2010, els valors màxims s'apreciaven a la zona de Ciutat Jardí, seguit de Can Pere Antoni mostrant un gradient de mar cap a terra, que indica un desplaçament de les partícules en direcció sud-est. Les figures 5 i 7 representen la distribució de les restes de carbó antròpic el 1980 i el 2010. S'observa com el 1980 els màxims és localitzaven davant Can Pere Antoni i Ciutat Jardí, per contra, a Cala Gamba, Cala Pudent i es Clot den Bernadet, els continguts en restes carbó eren quasi inexistent. Si bé, el 2010 aquesta configuració ha variat i ha donant lloc a una distribució espacial de la contaminació més ample i difusa per tota l'àrea d'estudi. Així i tot es troben acumulacions a les zones més arrecerades, com es el cas de Cala Gamba, Cala Pudent, Es Clot den Bernadet i a les zones riberenques; així com les concentracions al voltant dels punts de descarrega de Can Pere Antoni i Ciutat Jardí.

## 5. Discussió

A partir de les anàlisis de les variacions texturals i de la presència de fragments de carbó d'origen antròpic s'ha posat de manifest un canvi tant en les característiques texturals, com en la presència dels fragments de carbó i la seva distribució a les diferents fraccions del sediment per al període 1980 – 2010. De manera que, el 2010 hi predominen a la zona d'estudi les arenes mitjanes ( $1.55 \pm 1.06 \phi$ ), el que indica que hi ha hagut un canvi en la tendència de la mida de gra 1980 ( $0.71 \pm 0.59 \phi$ ). Estudis recents per a platges molt semblants mostren la tendència a disminuir la mida del sediment durant les condicions de bonança arran del transport preferencial de les fraccions més fines del sediment en el sentit de mar cap a terra, mentre que les condicions més energètiques tendeixen a fer sortir del sistema les fraccions més fines i deixar en forma de *lag* el material més groller (Gómez-Pujol *et al.*, 2011b). De fet, els temporals més energètics amb períodes de recurrència entorn els 20 anys, no han tornat a actuar a la zona des de principis de la dècada dels vuitanta (Orfila *et al.*, 2011). No obstant això cal destacar que a la zona s'han duit a terme una sèrie de regeneracions –a Can Pere Antoni i Ciutat Jardí– a on es va emprar arena procedent de fonts de sediment al·lòctones, amb una mida de gra modal entre 50-60  $\mu\text{m}$  i que en diferents fases arribaren a aportar a la zona d'estudi al voltant de 106.796  $\text{m}^3$  de sediment (Balaguer, 2005; Satorre *com pers.*), fet que contribuiria al canvi de les distribucions granulomètriques entre ambdós períodes per les raons exposades. No obstant això i tot i que el percentatge de la fracció graves ha disminuït, queda encara palesa la seva presència a les zones més arrecerades de l'àrea d'estudi (Cala Gamba, Cala Pudent i es Clot den Bernadet).

Pel que fa al contingut en fragments de carbó, s'ha observat un canvi en la classe textural del gra, de manera que la mida de gra ha passat de la fracció d'arena gruixada a la fracció d'arena mitja-fina, el que indica que el carbó s'ha fragmentat i disminuït de mida pel remanegament per part de les onades i la dinàmica marina. Per tant la mida de gra del carbó ha disminuït en 30 anys. Aquest fet es verifica amb l'anàlisi de la variància (ANOVA), que apunta que el contingut en carbons de les mostres de 1980 i de 2010 és significativament diferent (Taula 1). Tot plegat posa de manifest que després de 30 anys

del primer estudi persisteix la presència de l'abocament antròpic en el sediment d'aquest sector de la badia de Palma. Així mateix cal destacar que juntament amb la persistència també s'observa un fenomen de dispersió dels fragments de carbó en direcció sud-est, tot coincidint amb la direcció del flux mitjà d'energia de l'onatge, així com dels vents dominants (SW). El 1980 els valors màxims es localitzaven davant Cala Gamba mentre que el 2010, els màxims d'aquesta fracció s'ubiquen a Cala Pudent. Una de les principals causes del perquè existeix una dispersió mitigada en el temps, pot atribuir-se a les corrents marines de la badia de Palma que, com apunta Jordi *et al.* (2011) són dèbils i circulen paral·lelament a la costa amb un sentit anticiclònic que genera un flux de sortida de les aigües cap a l'E. No obstant això val a dir que hi ha elements que matisen aquest patró, d'una banda l'acumulació per efecte trampa de fragments de carbó a les zones més arrecerades o bé arran de la presència de dics i esculleres. Així mateix, també cal esmentar el fet que els majors valors de presència de fragments de carbó continuen donant-se a les zones on històricament es duia a terme la descàrrega del combustible per a les centrals elèctriques.

**Taula 1.**

Anàlisi normalitzat de la variància del contingut en carbó de les mostres estudiades per al període de 1980 – 2010.

Contingut carbons	SS	df	MS	F	Sig.
Entre grups	45.278	1	45.278	6.040	.016
Dins grups	524.772	70	7.497		
Total	570.050	71			

## 6. Conclusions

S'han estudiat un conjunt de 39 mostres superficials de sediment costaner d'un sector central de la badia de Palma per als períodes 1980 i 2010. A més a més s'han caracteritzat els canvis texturals i de composició, tot estudiant els fragments de carbó atribuïts a la contaminació sòlida procedent d'una antiga central elèctrica. Els resultats posen de manifest que el sediment de la zona d'estudi ha sofert una disminució de la mida de gra que s'atribueix a corrents poc energètiques i l'absència d'esdeveniments

energètics a la zona equiparables als de principis de la dècada dels vuitanta, així com a la important entrada de sediment fi a causa de les regeneracions dutes a terme entre 1980 i 1997 a la zona. Pel que fa a la presència de fragments de carbó cal destacar dos aspectes. Per una banda un increment del volum relatiu de fragments de carbó en el sediment, que arriba a valors del 3.6% del volum del sediment. Atès que els abocaments van acabar abans de 1980 i que no hi ha hagut noves entrades i atesa a la naturalesa al·logènica d'aquest component; juntament amb el fet que a les mostres del 1980 els fragments de carbó estaven concentrats a fraccions més grolleres respecte de les del 2010, es conclou que l'increment relatiu del carbó es deu a la fragmentació i posterior incorporació dels fragments a les diferents fraccions de la classe textural de les arenes. Aquest fet implica que passats trenta anys de la primera caracterització de la contaminació sòlida procedent de les antigues centrals elèctriques, aquesta encara és persistent i quasi bé no s'ha vist reduïda ni dissipada. No obstant això, també s'observa a partir de la cartografia del contingut de fragments de carbó en el sediment que es dona un procés de dispersió de la contaminació tot seguint els patrons de la dinàmica marina característica de la zona amb un transport cap al SE. Tot plegat és la causa de l'escàs esmorteïment d'aquesta intervenció antròpica en un medi tan poc energètic com el de la badia de Palma. Finalment és constata la possibilitat d'emprar la presència de fragments de carbó com a un bon indicador de la dinàmica litoral de l'àrea d'estudi.

## REFERÈNCIES

- ALLEN, J.R.L. (1987). Coal dust in the Severn Estuary, Southwestern UK. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 169-174.
- BALAGUER, P. (2005). *Tipus i evolució de les costes rocoses de Mallorca*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears. 374.
- BERNABEU, A.M., NUEZ DE LA FUENTE, M., REY, D., RUBIO, B., VILAS, F., MEDINA, R., GONZÁLEZ, M. (2006). Beach morphodynamics forcements in oiled shorelines: coupled physical and chemical processes during and after a fuel burial. *Marine Pollution Bulletin*, 53 : 1156-1168.
- BIRD, E. (2000). *Coastal Geomorphology, an Introduction*. John Wiley & Sons, Chichester. 322 pp.
- BLOTT, S.T., PYE, K. (2001). “Gradistat, a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments”. *Earth Surf. Process. Land*. 26: 1237-1248.
- BORZONE, C.A., ROSA, L. C. (2009). “Impact of oil spill and posterior clean-up activities on wrack-living talitrid amphipods on estuarine beaches”. *Brazilian journal of oceanography*, 57: 315-323.
- CARSON, H.S., COLBERT, S.L., KAYLOR, M.J., McDERMID, K.J. (2011). Small plastic debris changes water movement and heat transfer thorough beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1708-1713.
- FINKL, C.W. (2004). Coastal classification: Systematic approaches to consider in the development of a comprehensive scheme. *Journal of Coastal Research*, 20: 166-213.
- FORNÓS, J. J. (1980). “Estudi dels sediments litorals de la zona compresa entre Ca’n Pere Antoni i la Punta d’en Pau. (Badia de Palma)”. Palma. Treball inèdit.
- GAMUNDÍ-BOYERAS, I. (2006). “Relació entre la presència de l’alga *Caulerpa racemosa* var. *Cylindracea* (sonder) Verlaque, Huisman et Boudourque i la tipologia del substrat a la Badia de Palma (Mallorca).” *SHNB Bolletí de la Societat d’història natural de les Balears*. 49:109-114. ISSN: 0212-260X.
- GESA. (1985). *El gas canalizado en Baleares*. Ed: Gas y Electricidad, S.A. Grupo Endesa: 33. Palma de Mallorca.
- GESA. (1986). *La electrificación en Mallorca*. Hasta 1927. Volum 1. Ed: Gas y Electricidad S.A. Grupo Endesa: 55. Palma de Mallorca.
- GESA, (1987). *La electrificación en Mallorca*. Desde 1927. Volum 2. Ed: Gas y Electricidad S.A. Grupo Endesa: 62. Palma de Mallorca.
- GÓMEZ-PUJOL, L. (1999). “Sedimentologia i evolució geomorfològica quaternària del ventall al·luvial des Caló (Betlem, Artà, Mallorca).” *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 107-124. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.
- GÓMEZ-PUJOL, L.; BALAGUER, P.; FORNÓS, J.J. (2007). “El litoral de Mallorca: Síntesis Geomórfica”. In: FORNÓS, J.J., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L., (eds.), *Geomorfología Litoral: Migjorn y Llevant de Mallorca*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 15: 39-59. ISBN: 978-84-7632-995-5.
- GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A., ÁLVAREZ-ELLACURÍA, A., CAÑELLAS, B., TINTORÉ, J. (2011a.) “Evolució de la línia de costa en una playa urbana (s’Arenal, Mallorca): Intervenció

- antrópica y dinámica natural. In Montoya, I. (eds.). *Avances Recientes en Geomorfología Litoral*. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.
- GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A., ÁLVAREZ-ELLACURÍA, A., TINTORÉ, J. (2011). "Controls on sediment dynamics and medium-term morphological change in a barred microtidal beach (Cala Millor, Mallorca, Western Mediterranean)". *Geomorphology*, 132: 87-98.
- GONZÁLEZ, M. MEDINA, R., BERNABEU, A.M., NOVÓA, X. (2009). Influence of beach morphodynamic in the deep burial of fuek ib beaches. *Journal of Coastal Research*, 25: 799-818.
- HAYNES, D., RAYMENT, P., TOOHEYS, D. (1996). Long-term variability in pollutant concentrations in coastal sediments from the Ninety Mile beach, Bass Strait, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 32: 823-827.
- IRIBARREN, F. (1997). *Evaluación de impacto ambiental*. Capítol 1. Ediciones Universo: 1-4. de la pàgina web: fhcs.unp.edu.ar consultada el dia 19 /09/ 2011.
- 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.
- JORDI, A., BASTERRETXEA, G., DONG-PING, W. (2011). "Local versus remote wind effects on the coastal circulation of the microtidal bay in the Mediterranean Sea". *Journal of Marine Systems*, 88: 312-322.
- KOMAR, P.D. (1998). "Beach processes and sedimentation." *Prentice Hall*. New jersey. 544 pp.
- MASSELING, G.; HUGHES, M.G.; KNIGHT, J. (2003). *Coastal Proceses & Geormorfology*. London. ED Hodder education. 368 pp. ISBN-13: 978-0340764114.
- MCMANUS, J. (1988). "Gran size determination and interpretation." In Tucker, M. (ed). *Techniques in sedimentology* Blackwell Scientific Publications. Oxford: 63-85.
- ORFILA, A., GÓMEZ-PUJOL, L., MEDINA, R., TINTORÉ, J., ÁLVAREZ, A., CAÑELLAS, B., CASAS, B., SÁNCHEZ, M., GONZÁLEZ, M., FUSTER, M., CAÑAS. C. (2011). "Estudio de la morfodinámica de la Playa de Palma". IMEDEA (CSIC-UIN). Informe inèdit. 523 pp.
- OWENS, E.H., TAYLOR, E., HUMPHREY, B. (2008). The presistence and character of stranded oil on coarse-sediment beaches. *Marine Pollution bulletin*, 56: 14-26.
- PASKOFF, R. (1998). *Les littoraux. Impact des aménagement sur leur évolution*. Armand Colin. Paris. 260 pp.
- REY, J. Y DÍAZ DEL RÍO, V. (1985): Resultados preliminares de la campaña de Geología Marina. BAPAL-84 (Bahía de Palma, Baleares). *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 30, 77 pp.
- ROIG, F.X., RODRÍGUEZ-PEREA, A., MARTÍN-PRIETO, J.A., PONS, G.X., (2009). Soft management of beach-dune systems as a tool for their sustainability. *Journal of Coastal Research*, SI56: 1284-1288.
- SANJAUME SAUMELL, Eulalia. (1985). *Las costas valencianas, sedimentología y geomorfología*. Valencia: Universitat de València, Sección de Geografía.
- WOODROFFE, Colin. (2002a) Human impact on the coast. Capítol 1.6 *Coasts: from, process and evolution*. New York. Ed Cambridge University press: 33-34. ISBN: 0 521 812542.



## **ANNEXS**

**Annex 1** Volum de mostra (gr.) 2010.

**Annex 2** Paràmetres granulomètrica (phi) 2010.

**Annex 3** Dades composició per textura de gra (%) 2010.

**Annex 4** Volum de mostra (gr.) 1980.

**Annex 5** Paràmetres granulomètrics (phi) 1980.

**Annex 6** Dades composició per textura de gra del 1980.

**Annex 7** Dades del contingut en carbó d'origen antròpic per fracció 2010.

**Annex 8** Dades del contingut en carbó d'origen antròpic per fracció 1980.



## Annex 1. Volum de mostra (gr) 2010.

MOSTRA	MIDA DE GRA				ARENA			
	TOTAL	GRAVES	ARENES	FANG	GRUIXADA	MITJA	FINA	MOLT FINA
1	99,42	11,28	88,03	0,08	32,66	9,33	43,65	2,47
2	100,14	0,65	99,48	0,01	29,03	47,38	22,82	0,26
3	101,8	1,5	100,29	0,01	15,55	80,56	4,05	0,14
4	100,69	0,23	100,46	0	7,02	87,31	6,1	0,03
5	100,69	6,47	94,18	0,04	63,31	30,6	0,22	0,09
6	100,3	37,02	63,28	0	57,14	6,1	0,03	0,01
7	100,56	12,24	88,32	0	62,11	26	0,18	0,08
8	100,73	0,38	100,44	0,01	21,88	70,81	7,73	0,03
9	100,45	0,2	100,23	0,02	17,11	58,44	24,59	0,11
10	100,01	0,08	99,93	0	4,08	25,87	67,81	2,17
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	100,06	0	100,07	0	27,12	70	2,86	0,09
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	100,02	0,11	99,91	0	2,64	57,04	40,11	0,114
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	99,81	0,02	99,79	0	2,11	34,64	61,66	1,38
17	99,96	3,52	96,43	0	47,03	34,38	12,08	2,94
18	99,48	0,38	99,12	0	5,43	22,17	60,64	10,88
19	99,68	0,06	99,62	0	5,98	27,94	50,97	14,73
20	99,22	0,6	98,62	0	22,64	44,48	28,66	2,84
21	98,92	0,1	98,83	0	2,67	10,51	49,53	36,12
22	100,44	14,43	86	0,01	82,88	3,05	0,06	0,02
23	101,9	34,64	66,35	0,1	32,31	22,83	9,58	1,73
24	100,74	42,2	58,5	0,04	52,47	4,12	1,8	0,15
25	100,2	22,96	77,14	0,1	20,76	26,36	29,84	0,28
26	0	0	0	0	0	0	0	0
27	99,94	0,16	99,79	0	11,84	70,17	15,1	2,68
28	90,32	0,23	90,09	0	4,66	10,46	23,32	51,65
29	97,28	0,63	96,65	0	8,01	26,35	37,3	24,99
30	95,81	0,07	95,74	0	2,97	20,41	36,87	35,48
31	92,43	0,38	92,05	0	6	11,55	30,18	44,32
32	99,58	30,3	69,29	0	59,42	7,96	1,43	0,48
33	98,8	2,14	96,65	0	10,51	25,87	46,55	13,72
34	96,1	0,03	96,08	0	0,87	10,3	52	32,91
35	94,22	0	94,22	0	0,14	1,95	31,44	60,69
36	91,67	0,11	91,56	0	0,33	1,98	26,41	62,84
37	99,43	25,41	74,01	0	58,02	11,81	2,91	1,27
38	92,28	0	92,28	0	0,12	1,8	25,81	64,55

**Annex 2. Paràmetres granulomètrics (phi) 2010.**

VARIABLES ESTADÍSTIQUES I COMPOSICIÓ					
MOSTRA	MEAN	So	Sk	K	CARBÓ %
1	1,199	1,533	-0,389	0,699	1,64
2	1,397	0,885	-0,037	0,995	7,1
3	1,405	0,505	-0,216	1,194	4,31
4	1,494	0,429	-0,054	1,094	3,72
5	0,611	0,902	-0,1	1,169	3,51
6	-0,329	1,043	-0,148	0,671	5
7	0,469	0,997	-0,195	1,46	3,45
8	1,331	0,621	-0,147	1,25	4,24
9	1,612	0,745	0,035	1,221	5,68
10	2,183	0,626	-0,281	0,92	6,2
11	0	0	0	0	0
12	1,243	0,577	-0,243	0,961	5,09
13	0	0	0	0	0
14	1,888	0,621	0,136	0,762	5,12
15	0	0	0	0	0
16	2,125	0,623	-0,205	0,794	5,07
17	1,025	1,016	0,038	1,095	2,02
18	2,244	0,781	-0,189	1,237	1,45
19	2,214	0,837	-0,119	1,038	10,91
20	1,584	0,921	-0,045	0,987	8,7
21	2,779	0,777	-0,027	1,004	3,67
22	-0,095	0,813	-0,162	0,869	12,54
23	0,112	1,513	0,085	0,695	8,21
24	-0,527	1,029	0,209	0,78	0,65
25	0,804	1,644	-0,328	0,651	1,62
26	0	0	0	0	0
27	1,572	0,64	0,071	1,424	1,46
28	2,917	0,903	-0,413	0,985	1,21
29	2,334	1,034	-0,095	0,958	0,07
30	2,609	0,909	-0,11	0,868	0
31	2,775	0,971	-0,332	1,014	2,75
32	-0,379	1,082	0,122	0,89	0,06
33	2,103	1,019	-0,228	1,167	1,49
34	2,772	0,735	0,026	0,99	3,37
35	3,126	0,61	-0,23	0,813	3,26
36	3,163	0,602	-0,267	0,883	0,07
37	-0,138	1,162	-0,028	0,876	0
38	3,181	0,591	-0,269	0,911	0,87

**Annex 3. Dades composició per textura de gra (%) 2010.**

PERCENTATGE DE CARBÓ PER MIDA DE GRA

MOSTRA	GRAVA	ARENA	
		GRUIXADA	MITJA
1	0	0,5	1,14
2	0,1	2,89	2,56
3	0	0,43	3,87
4	0	0,26	3,14
5	0,03	2,1	1,35
6	0,67	4,14	0,2
7	0,63	1,85	0,94
8	0	0,61	2,89
9	0	0,7	2,56
10	0	0,18	0,74
11	0	0	0
12	0	0,35	4,58
13	0	0	0
14	0	0,1	3,23
15	0	0	0
16	0	0,11	1,54
17	0	0,86	0,83
18	0	0,11	0,49
19	0	0,35	2,96
20	0	4,76	3,02
21	0	0,08	0,61
22	0,51	11,97	0,06
23	1,18	3,69	2,33
24	0	0,25	0,21
25	0	0,41	0,74
26	0	0	0
27	0	0,2	1,26
28	0	0	0,08
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0	0,39
32	0	0	0,06
33	0	0,14	1,17
34	0	0	0,72
35	0	0	0,11
36	0	0	0,01
37	0	0	0
38	0	0,01	0,25

**Annex 4. Volum de mostra (gr) 1980**

MOSTRA	MIDA DE GRA			ARENA			
	GRAVES	ARENES	FANG	GRUIXADA	MITJA	FINA	MOLT FINA
1	0	100	0	14,74	40,87	39,94	4,42
2	0	99,38	0	21,36	52,15	23,77	2,72
3	0	93,8	0,62	38,58	29,68	28,93	2,8
4	6,2	98,8	0	91,71	2,05	0,03	0,06
5	1,2	97,4	0	89,05	9,54	0,08	0,1
6	2,6	99,3	0	81,3	15,7	0,2	0,2
7	0,7	91,6	0	36,85	60,03	2,39	0,02
8	8,4	93,4	0	47,29	41,72	2,38	0,26
9	6,6	70,4	0	55,65	37,23	0,5	0,02
10	29,6	84	0	16,79	37	14,53	2,06
11	15,24	97,6	0,64	41,27	26,01	11,1	5,74
12	2,4	83	0	27,45	58,41	11,56	0,23
13	16,3	99,6	0,7	52,97	22,74	5,62	1,82
14	0,4	96,2	0	20,7	71,5	7,1	0,3
15	3,8	99,8	0	47,6	36,3	10,4	1,94
16	0,2	86,9	0	8,11	54,76	33,28	3,66
17	10,7	90,4	2,4	38,9	27,8	11,6	11
18	9,6	83,1	0	87,4	1,6	0,8	0,6
19	16,92	98,6	0,57	39,25	24,39	11,94	7,63
20	1,4	99	0	11,8	10,9	70,3	15,6
21	1	90,8	0	14	36,39	38,64	10,01
22	9,2	72,9	0	69,04	21,5	0,22	0,02
23	27,1	81,8	0	71,95	0,95	0	0
24	18,2	59,4	0	81,26	0,44	0,08	0,02
25	40,6	90,6	0	49,26	9,85	0,2	0,2
27	9,4	54,3	0	42,52	41,18	5,84	1,08
28	45,05	93,5	0,65	36,8	13,53	2,02	2,27
29	6,5	94,76	0	73,1	18,8	0,36	1,34
30	3,4	97,5	0,84	45,12	21,83	19,06	10,63
31	0,2	95,35	7,3	27,2	3,45	30,82	62,86
32	0,1	97,6	4,55	0,4	1,14	27,22	71,16
33	0,1	98,4	2,3	0,9	4,2	61,3	33,5
34	1,6	99,8	0	9,18	15,88	63,34	10,05
35	0,2	96,7	3,18	1,72	10,82	62,39	24,89
36	0	94,08	5,92	0,76	2,04	31,59	65,61
37	0	100	0	1,16	3,47	32,04	63,28
38	0,1	96,7	3,21	0,26	5,49	48,78	45,34

## Annex 5. Paràmetres granulomètrics (phi) 1980.

VARIABLES ESTADÍSTIQUES

MOSTRA	MEAN	SO	SK	K	% Carbó
1	1,86	0,82	-0,07	0,88	0,79
2	1,57	0,82	0,03	1,11	0,75
3	1,43	0,97	0,07	0,72	0,69
4	0,126	0,68	-0,29	0,9	0,35
5	0,5	0,51	-0,006	1,33	0,098
6	0,54	0,58	-0,006	1,43	0,31
7	1,12	0,62	-0,18	0,78	5,57
8	0,87	0,9	-0,17	1,16	6,12
9	0,69	0,92	-0,149	1,06	5,23
10	0,55	1,57	-0,36	0,64	2,5
11	0,6	1,47	-0,107	1,16	1,505
12	1,22	0,8	-0,18	1,19	3,15
13	0,32	1,27	-0,08	0,93	0,186
14	1,34	0,6	-0,15	1,25	12,37
15	0,96	1	-0,01	1,07	0,48
16	1,84	0,73	0,08	0,92	11,67
17	1,01	1,43	0,01	1,23	0,945
18	-0,19	0,73	0,08	0,96	4,015
19	0,64	1,58	-0,03	0,92	1,68
20	2,5	0,62	-0,03	1,44	3,33
21	1,94	0,96	-0,05	1,025	8,69
22	0,18	1,01	0,07	0,9	0,172
23	-0,51	0,85	0,01	0,98	0
24	-0,411	0,74	0,03	1,2	0,17
25	-0,33	1,12	-0,04	0,7	0,487
27	0,689	1,17	-0,27	0,91	0,571
28	-0,45	1,26	0,41	0,83	0,103
29	0,34	0,89	-0,1	1,15	0,207
30	1,25	1,27	0,9	0,95	0,29
31	3,05	0,72	-0,3	0,95	1,53
32	3,18	0,58	-0,26	0,904	2,37
33	2,79	0,62	0,17	0,86	2,87
34	2,2	0,93	-0,34	1,67	2,55
35	2,6	0,7	0,05	1,28	0,93
36	3,12	0,61	-0,23	0,81	1,97
37	2,9	0,92	-0,039	11,91	1,51
38	2,8	0,67	0,01	0,8	1,76
39	-1,43	0,54	0,28	1,71	0,028

**Annex 6. Dades composició per textura de gra del 1980.**

PERCENTATGE DE CARBÓ PER MIDA DE GRA

MOSTRA	GRAVA	ARENA		
		GRUIXADA	MITJA	FINA
1	0	0	0,25	0,504
2	0,15	0,041	0,2	0,91
3	0	0,952	0,184	0,086
4	0	0,59	0,0086	0
5	0	0,19	0	0,006
6	0	0,57	0,02	0
7	0,47	0,976	2,42	0,19
8	1,07	0,994	3,09	0,12
9	1,5	2,12	1,56	0,0246
10	0	2,27	1,18	0,72
11	0,56	1,91	0,72	0,37
12	4,44	0,5	0,46	0,0106
13	0,1025	0	0,1025	0,1913
14	0	4,25	8,93	0,929
15	0	0,15	0,06	0,68
16	0	2,796	9,09	2,73
17	0	0,06	0,17	0,55
18	0,37	5,75	0,12	0,01
19	0	0,04	0,8	0,973
20	0	0,14	1,16	4,28
21	0	1,25	4,61	9,06
22	0,188	0	0,086	0,0018
23	0	0	0,001	0
24	0	0,26	0,04	0,03
25	0,32	0,51	0,059	0,00064
27	0	0,136	0,609	0,217
28	0	0,051	0	0,0461
29	0	0,24	0,11	0,014
30	0	0	0,04	0,39
31	0	0,012	0,07	1,22
32	0	0,0101	0,0045	1,93
33	0	0,004	0,16	3,66
34	0	0,016	0,59	2,47
35	0	0,028	0,35	0,721
36	3	0,005	0,03	2,28
37	0,4	0,03	0,33	1,25
38	0	0,001	0,11	1,768
39	0	0	0,0022	0,014





## Annex 8. Dades del contingut en carbó d'origen antròpic per fracció al 1980.

Mostra	Pes de la mostra									Carbons per fraccions									Altres components per fraccions									Total grans comptats per fracció								
	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	>0,063	Total	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	>0,063	Total	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	>0,063	Total	Nº Grans	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	>0,063	Carbó			
1	0,03	0,31	14,43	40,87	39,94	4,32	0,1	100	0	0	0	3	5	12	21	41	3	102	500	497	495	488	479	2564	2605	3	102	500	500	500	500	500	0	0,79		
2	0	0,1	21,26	52,15	23,77	2,1	0,62	100	3	2	1	2	14	45	0	67	1	87	499	498	486	455	0	2026	2093	4	89	500	500	500	500	0	0,75			
3	0,01	1,93	36,65	29,68	28,93	2,79	0,01	100	0	0	13	3	1	5	0	22	5	500	487	497	499	495	0	2483	2505	5	500	500	500	500	500	0	0,69			
4	6,15	28,12	63,59	2,05	0,03	0,03	0,03	100	0	4	3	2	0	0	0	9	352	496	497	498	500	0	0	2343	2352	352	500	500	500	500	0	0,35				
5	1,23	7,65	81,4	9,54	0,08	0,09	0,01	100	0	2	1	0	18	21	0	42	48	498	499	500	482	479	0	2506	2548	48	500	500	500	500	500	0	0,098			
6	2,6	6,5	74,8	15,7	0,2	0,1	0,1	100	0	4	4	1	0	0	0	9	118	507	576	599	0	0	0	1800	1809	118	511	580	600	0	0	0,31				
7	0,71	0,81	36,04	60,03	2,39	0,02	0	100	3	32	14	19	50	0	0	118	15	200	486	481	450	0	0	1632	1750	18	232	500	500	500	0	0	5,57			
8	8,35	4,59	42,7	41,72	2,38	0,02	0,24	100	15	90	12	42	25	0	0	184	87	487	555	558	575	0	0	2262	2446	102	577	567	600	600	0	0	6,12			
9	6,6	12,05	43,6	37,23	0,5	0,02	0	100	34	61	17	21	23	25	15	196	114	439	483	479	477	475	485	2952	3148	148	500	500	500	500	500	500	0	5,23		
10	29,62	4,95	11,84	37	14,53	2,01	0,05	100	0	31	32	18	19	35	0	135	94	469	468	482	481	465	0	2459	2594	94	500	500	500	500	500	0	2,5			
11	15,88	8,47	32,8	26,01	11,1	5,1	0,64	100	2	7	13	20	15	18	0	75	108	493	487	480	485	482	0	2535	2610	110	500	500	500	500	500	0	1,505			
12	2,35	3,65	23,8	58,41	11,56	0,1	0,13	100	4	33	8	4	1	9	0	59	86	467	492	496	499	491	0	2531	2590	90	500	500	500	500	500	0	3,15			
13	16,85	18,19	34,78	22,74	5,62	1,1	0,72	100	1	0	0	3	15	18	24	61	241	500	500	497	485	482	-24	2681	2742	242	500	500	500	500	500	0	0,186			
14	0,4	0,9	19,8	71,5	7,1	0,24	0,06	100	0	37	114	62	50	33	0	296	0	120	386	438	450	467	0	1861	2157	0	157	500	500	500	500	0	12,37			
15	3,76	10,5	37,1	36,3	10,4	1,7	0,24	100	0	0	2	1	27	41	0	71	0	500	498	499	473	459	0	2429	2500	0	500	500	500	500	500	0	0,48			
16	0,19	0,35	7,76	54,76	33,28	3,62	0,04	100	0	18	160	83	38	29	0	328	8	37	340	417	462	471	0	1735	2063	8	55	500	500	500	500	0	11,67			
17	10,7	7,2	31,7	27,8	11,6	8,6	2,4	100	0	0	1	3	12	9	18	43	57	500	499	497	488	491	482	3014	3057	57	500	500	500	500	500	500	0,945			
18	9,6	55,7	31,7	1,6	0,8	0,4	0,2	100	23	36	26	44	15	21	0	165	477	464	474	456	485	479	0	2835	3000	500	500	500	500	500	500	0	4,015			
19	16,79	14,85	24,4	24,39	11,94	7,06	0,57	100	0	0	1	17	20	27	40	105	500	500	499	483	480	473	460	3395	3500	500	500	500	500	500	500	0	1,68			
20	1,4	0,8	1	10,9	70,3	15,2	0,4	100	0	0	70	50	22	35	83	260	0	0	430	450	478	465	417	2240	2500	0	0	500	500	500	500	500	0	3,33		
21	0,96	2,25	11,75	36,39	38,64	9,98	0,03	100	0	26	55	66	25	48	0	220	0	439	445	434	475	452	0	2245	2465	0	465	500	500	500	500	0	8,69			
22	9,22	37,29	31,75	21,5	0,22	0	0,02	100	5	0	0	2	4	0	0	11	240	500	500	498	496	0	0	2234	2245	245	500	500	500	500	0	0	0,172			
23	27,1	47,19	24,76	0,95	0	0	0	100	0	0	0	1	0	0	0	1	358	500	500	499	0	0	0	1857	1858	358	500	500	500	0	0	0	0			
24	18,2	57,87	23,39	0,44	0,08	0	0,02	100	0	2	0	21	23	0	0	46	253	498	500	479	477	0	0	2207	2253	253	500	500	500	500	0	0	0,17			
25	40,49	12,42	36,84	9,85	0,2	0,05	0,15	100	4	3	6	3	16	0	0	32	496	497	494	497	484	0	0	2468	2500	500	500	500	500	500	0	0	0,487			
27	9,38	17,87	24,65	41,18	5,84	0,97	0,11	100	0	0	2	6	17	24	0	49	325	500	498	494	483	476	0	2776	2825	325	500	500	500	500	500	0	0,571			
28	45,38	23,96	12,84	13,53	2,02	1,62	0,65	100	0	0	2	0	3	9	5	19	500	500	498	500	497	491	495	3481	3500	500	500	500	500	500	500	0	0,103			
29	6,4	22,1	51	18,8	0,36	0,12	1,22	100	0	1	2	3	12	26	0	44	500	499	498	497	488	474	0	2956	3000	500	500	500	500	500	500	0	0,207			
30	3,36	8,41	36,71	21,83	19,06	8,79	1,84	100	0	0	0	1	7	14	0	22	38	500	500	499	493	486	0	2516	2538	38	500	500	500	500	500	0	0,29			
31	0,15	0,43	2,29	3,45	30,82	55,56	7,3	100	0	1	2	10	10	3	19	45	14	142	498	490	490	497	481	2612	2657	14	143	500	500	500	500	500	0	1,53		
32	0,08	0,09	0,31	1,14	27,22	66,61	4,55	100	0	2	5	2	8	10	16	43	0	38	495	498	492	490	-16	1997	2040	0	40	500	500	500	500	0	2,37			
33	0,1	0,2	0,7	4,2	61,3	31,2	2,3	100	0	0	3	19	18	21	32	93	4	60	497	481	482	479	468	2471	2564	4	60	500	500	500	500	500	0	2,87		
34	1,55	3,65	5,53	15,88	63,34	9,78	0,27	100	0	0	2	15	18	10	0	45	80	500	498	485	482	490	0	2535	2580	80	500	500	500	500	500	0	2,55			
35	0,18	0,21	1,51	10,82	62,39	24,62	0,27	100	0	0	13	19	4	4	14	54	3	43	487	481	496	496	486	2492	2546	3	43	500	500	500	500	500	0,93			
36	0	0,08	0,68	2,04	31,59	62,43	3,18	100	0	0	4	7	9	13	15	48	0	0	496	493	491	487	485	2452	2500	0	0	500	500	500	500	500	0	1,97		
37	0,05	0,08	1,08	3,47	32,04	57,36	5,92	100	0	0	15	48	12	4	2	81	11	42	485	452	488	496	498	2472	2553	11	42	500	500	500	500	500	0	1,51		
38	0,13	0,13	0,13	5,49	48,78	42,14	3,2	100	0	0	4	8	10	3	3	28	9	150	496	492	490	497	497	2631	2659	9	150	500	500	500	500	500	0	1,76		
39	88,42	4,8	4,12	2,11	0,22	0,19	0,14	100	0	0	0	1	42	11	0	54	440	487	500	499	458	489	0	2873	2927	440	487	500	500	500	500	0	0,028			