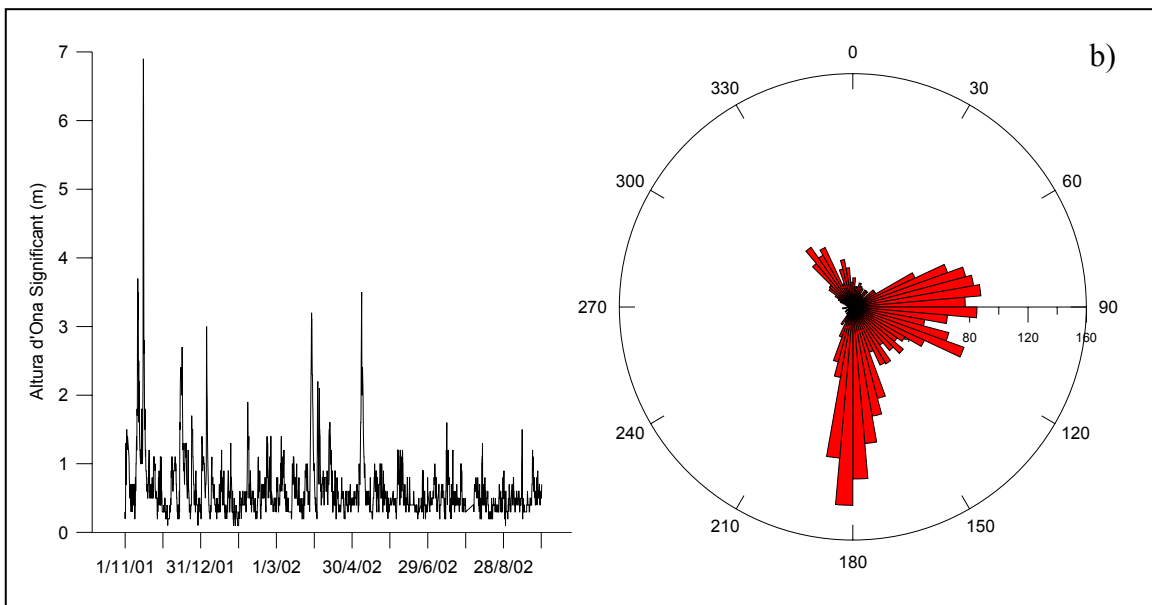


### **3. HIDRODINÀMICA, SEDIMENT I COMUNITATS**

### 3.1. HIDRODINÀMICA I HIDROGAFIA

#### 3.1.1 CONDICIONS D'ONATGE

Les característiques de l'onatge durant el període d'estudi són representatives dels períodes d'alta i baixa energia característics de l'onatge a la Mediterrània. L'altura d'ona significant va variar entre 0,1 i 6,9 m, amb una mitjana de 0,6 m ( $\pm 0,5$ ) al període comprès entre 1/11/2001 i el 30/09/2002 de 0,6 m (**Figura 3.1a**). El període de l'onatge per a la mateixa època oscil·là entre 1,5 i 14,9 s, amb una mitjana de 5,0 s. ( $\pm 2,2$ ). S'han detectat 7 events en els quals l'altura d'ona significant ha superat els 2 m, que poden considerar-se com condicions de temporal. Quatre temporals varen tenir lloc entre els mesos de novembre i febrer, i els altres 3 entre març i abril. El període de calma s'extèn del mes de maig fins setembre. La orientació de l'onatge és bàsicament del sud i de l'est, però els temporals s'associen al onatge de component est (**Figura 3.1b**).

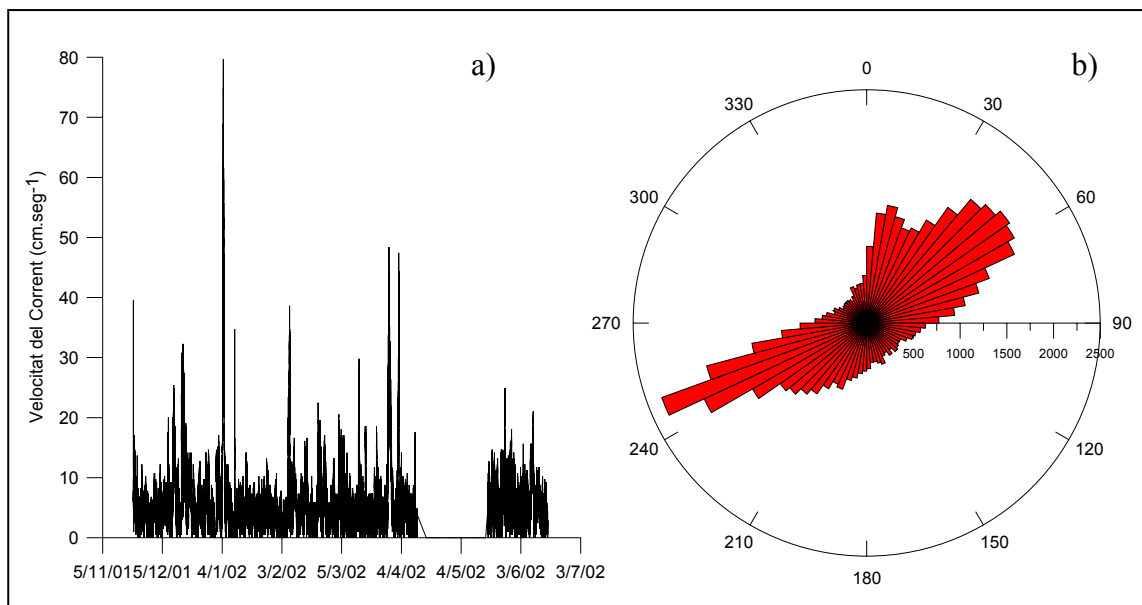


**Figura 3.1.** Altura d'ona significant (en metres) (**3.1a**) i orientació de l'onatge (**3.1b**) a la zona d'estudi entre novembre del 2001 i el setembre del 2002.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.1.2. CORRENTS

La velocitat del corrent presenta un rang d'entre 0,5 i 79,7  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  per al període comprès entre el 20/11/01 i 16/06/02 amb una mitjana de 5,7  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $\pm 5,3$ ). Entre els mesos d'abril i maig hi va haver un període sense enregistrament de dades de qualitat, donat que el trípod es va volcar (**Figura 3.2a**). A més, ens apareixen pics de velocitats màximes cada 3-5 setmanes al llarg de tot el període, destacant el màxim que es dona a principis de l'any 2002. L'orientació del corrent es mostra a la **Figura 3.2b** i, en aquesta, s'observa que prové del nord-est i del sud-est.



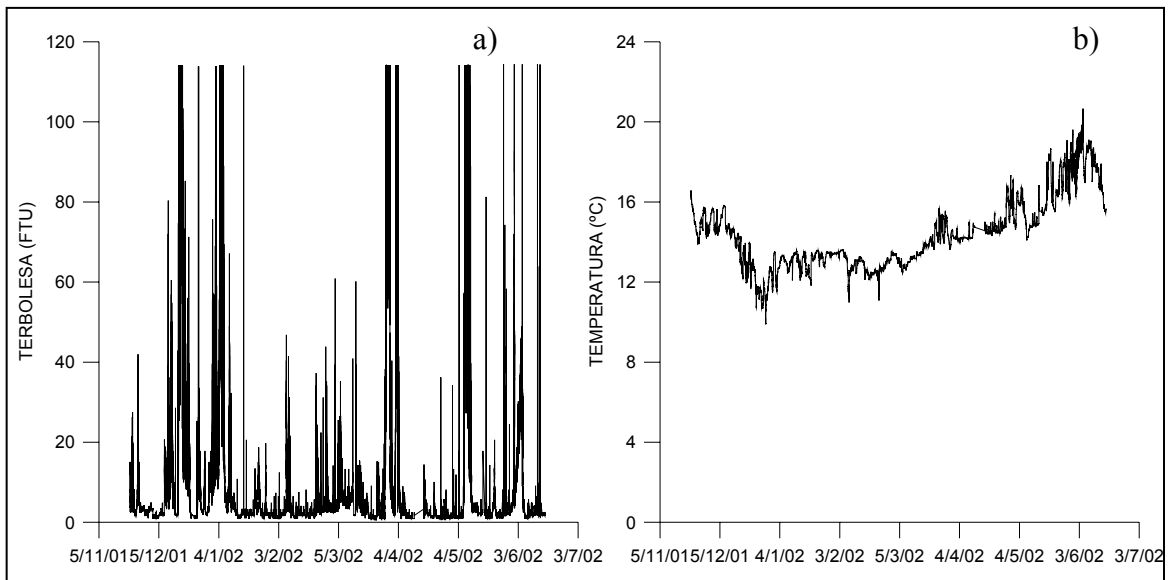
**Figura 3.2.** Velocitat del corrent (en  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (**3.2a**) i direcció del corrent (**3.2b**) a la zona d'estudi entre novembre del 2001 i el juny del 2002.

#### 3.1.3. TERBOLESA I TEMPERATURA DEL AIGUA

Les dades de terbolesa de l'aigua presenten un rang de valors entre 0,5 i 114,4 FTU, que es el valor màxim de sensibilitat del sensor, sent la mitjana de 9,3 FTU ( $\pm 20,6$ ). Almenys hi ha 5 events en els quals s'ha aconseguit arribar a aquesta màxim, i corresponen a events entre desembre i gener, i entre març i maig (**Figura 3.3a**), bàsicament influenciats per l'onatge.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

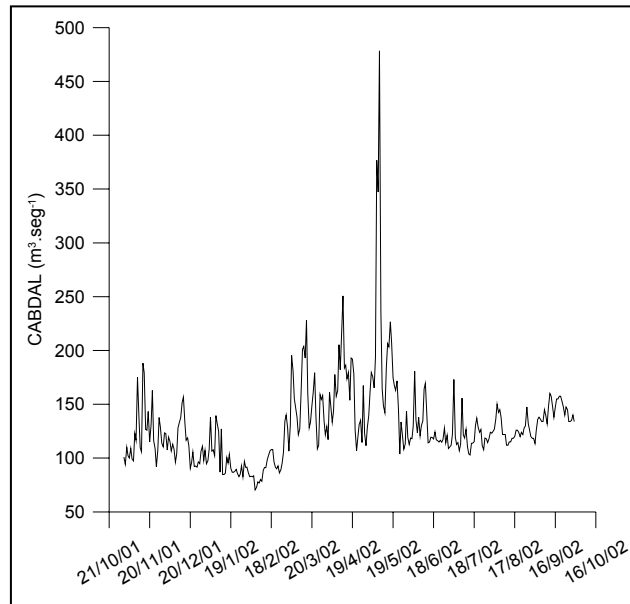
La sèrie temporal de temperatura mostra una mitjana de 14,3 °C ( $\pm 1,8$ ) al llarg del període d'estudi, amb un rang entre 9,9 i 20,7 °C. A la **Figura 3.3b** s'observa com hi ha un descens al primer més, un increment i estabilització des del gener fins març i un posterior increment amb major pendent entre març i juny.



**Figura 3.3.** Turbidesa (en FTU, **3.3a**) i Temperatura (en °C; **3.3b**) a la zona d'estudi entre novembre del 2001 i juny del 2002.

El cabal del riu Ebre a l'època compresa entre el novembre del 2001 i setembre del 2002 oscil·là entre 70,4 i 478,3  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  obtenint com a mitjana 130,6  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $\pm 40,5$ ). L'evolució temporal en detall de la descàrrega del riu es mostra a la **Figura 3.4**, en aquesta s'observa que els mesos de major cabdal són entre març i maig i el mínim es donà als mesos de gener i febrer.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.4.** Cabal de descàrrega del riu Ebre (en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a la zona d'estudi entre novembre del 2001 i el setembre del 2002.

## 3.2 SEDIMENT

### 3.2.1. GRANULOMETRIA

#### 3.2.1.1. 9 m

El paràmetre  $D_{50}$  (mediana de la mida de gra) de pràcticament totes les mostres de 9 m per a totes les campanyes es situa en un rang d'entre 100 i 128  $\mu\text{m}$  – no estant dintre d'aquest rang algunes mostres a la campanya A i a la campanya G-. S'obté un valor de la mitjana del  $D_{50}$  de 110,4  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 9,9$ ). El sediment està constituït per dos o tres poblacions granulomètriques les modes de les quals estan al voltant de 4, 10 i 1000  $\mu\text{m}$  (**Figura 3.5**).

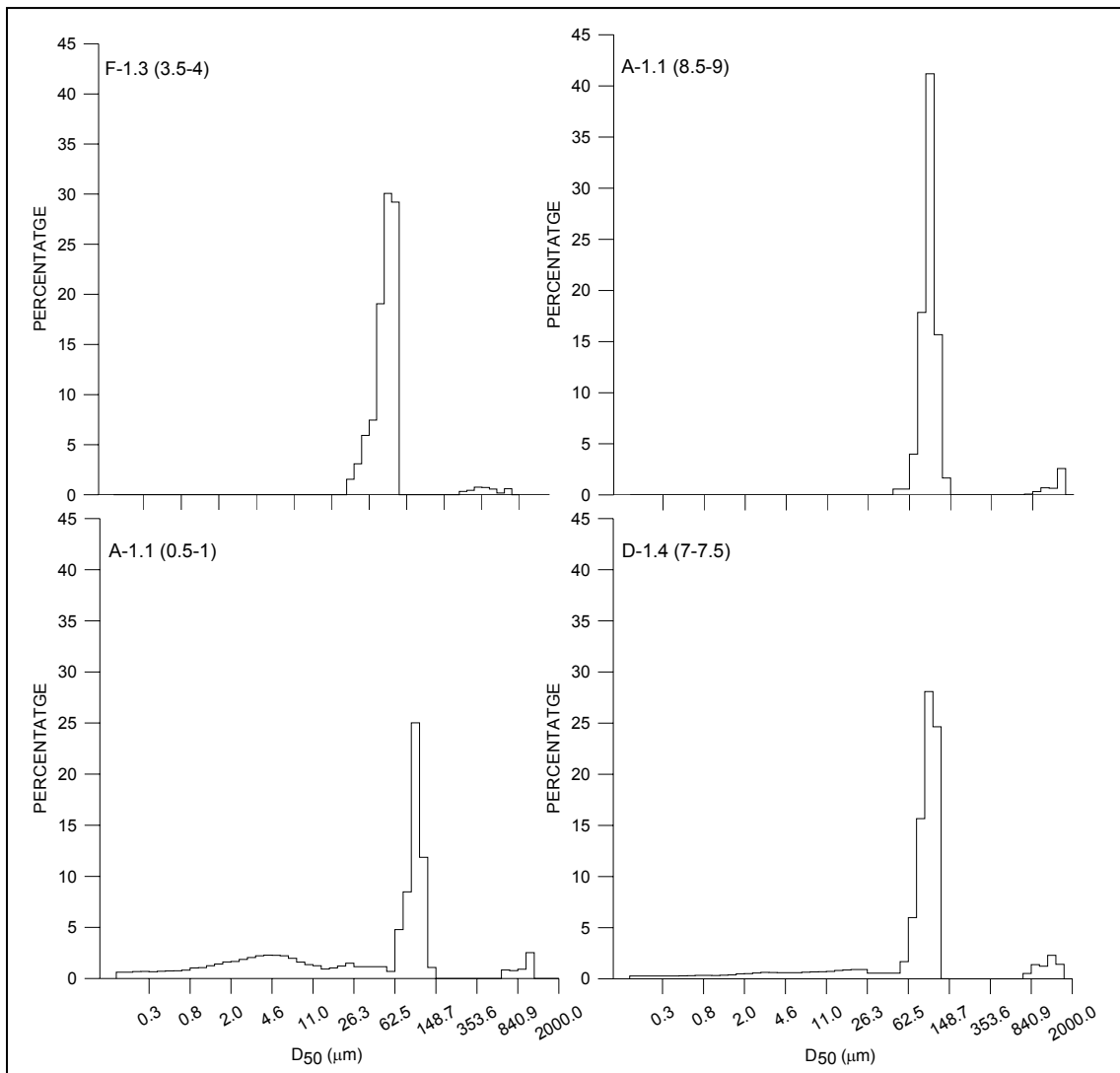
El sediment corresponent a la campanya A presenta una mitjana del  $D_{50}$  de 105  $\mu\text{m}$ , amb una desviació estàndard de 21,4 considerant totes les mostres a llarg del testimoni (**Figura 3.6a**). Aquesta desviació estàndard es deguda a un major contingut de sediment fi a las mostres superficials situades a 0-0,5 i 0,5-1 cm (que tenen un valor de  $D_{50}$  de 5 i 91  $\mu\text{m}$ , respectivament). Si no tinguéssim en compte aquestes dues mostres la variabilitat seria menor, sent el valor mitjà de 110,3  $\mu\text{m}$ , amb una desviació estàndard inferior a 3  $\mu\text{m}$ . La resta de mostres del testimoni presenten un rang d'oscil·lació del  $D_{50}$  d'entre 100 i 120  $\mu\text{m}$ , detectant-se en els primers 7 cm les majors variacions.

Als testimonis de campanyes B i C el  $D_{50}$  presenta rangs d'entre 100 i 128  $\mu\text{m}$ , amb mitjanes de 115,1  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 4,6$ ) i 115,6  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 7,5$ ), respectivament (**Figura 3.6b i 3.6c**). A tots dos testimonis s'observen variacions en el  $D_{50}$  de al voltant del 10 % entre mostres contigües.

La mitjana granulomètrica del sediment dels testimonis de les campanyes D, E i F és de 110,1  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 2,9$ ), 110,6  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 4,5$ ) i 111,5  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 3,9$ ), respectivament (**Figura 3.6d, 3.6e i 3.6f**). La tendència del  $D_{50}$  en fondària en tots tres testimonis segueix un patró granodecreixent des de la superfície del testimoni fins els centímetres 5-7, i un posterior augment en la mida de gra als darrers centímetres.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

Els testimonis de la campanya G (setembre del 2002) presenten mitjanes del  $D_{50}$  de  $105,0 \mu\text{m}$  ( $\sigma = 5,3$ )  $109,9 \mu\text{m}$  ( $\sigma = 3,5$ ) i  $110,4 \mu\text{m}$  ( $\sigma = 3,0$ ), respectivament (**Figura 3.6g**). Els rang per als testimonis G-1.5 i G-1.6 està entre  $101$  i  $117 \mu\text{m}$ , mentre que les variacions en el testimoni G-1.4 oscil·len entre  $87$  i  $111 \mu\text{m}$ . Als tres testimonis s'observa una certa homogeneïtat als primers dos centímetres i una heterogeneïtat entre mostres adjacents (de fins al 20 %) a partir del segon centímetre.



**Figura 3.5.** Exemples d'histogrames de freqüències de mida de gra a 9 m. Els dos gràfics superiors representen dues mostres amb elevat contingut de sorra, mentre que els dos inferiors corresponen a mostres amb continguts de llims i argiles significativament majors. L'eix X representa el  $D_{50}$  en escala logarítmica. L'eix Y indica el percentatge.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

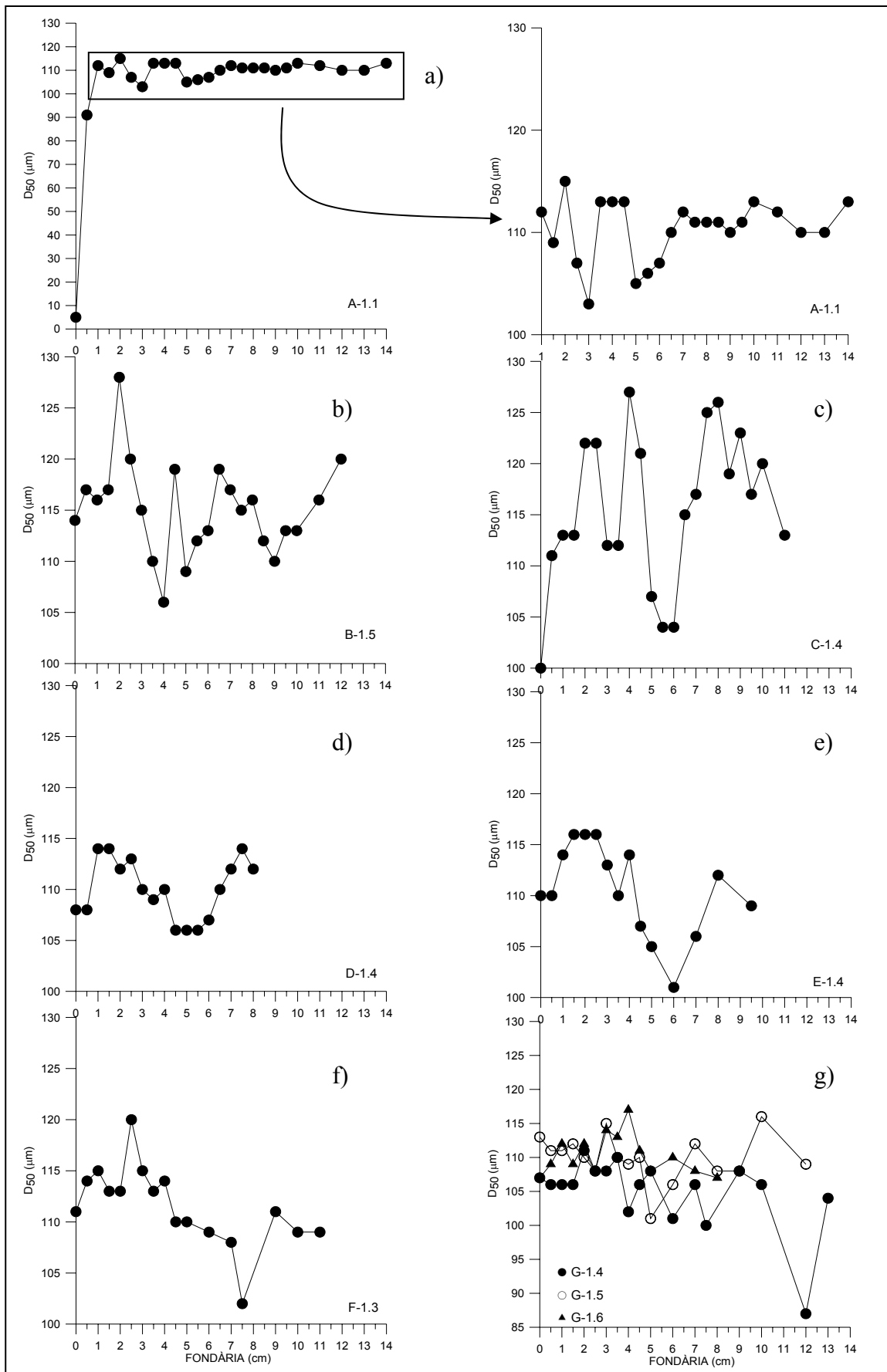


Figura 3.6. Variació de la mediana ( $D_{50}$ ) del sediment al llarg dels testimonis obtinguts a 9 m.



### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

Pel que fa a les poblacions granulomètriques que componen les mostres, les distribucions de mida de gra presenten 2 o 3 modes al llarg del perfil, i per a totes les campanyes s'observa que: les mostres del nivell més superficial i a les mostres més profundes corresponen a mostres amb 3 modes, mentre que a les mostres de nivells intermitjos hi apareixen 2 modes (**Figura 3.7**).

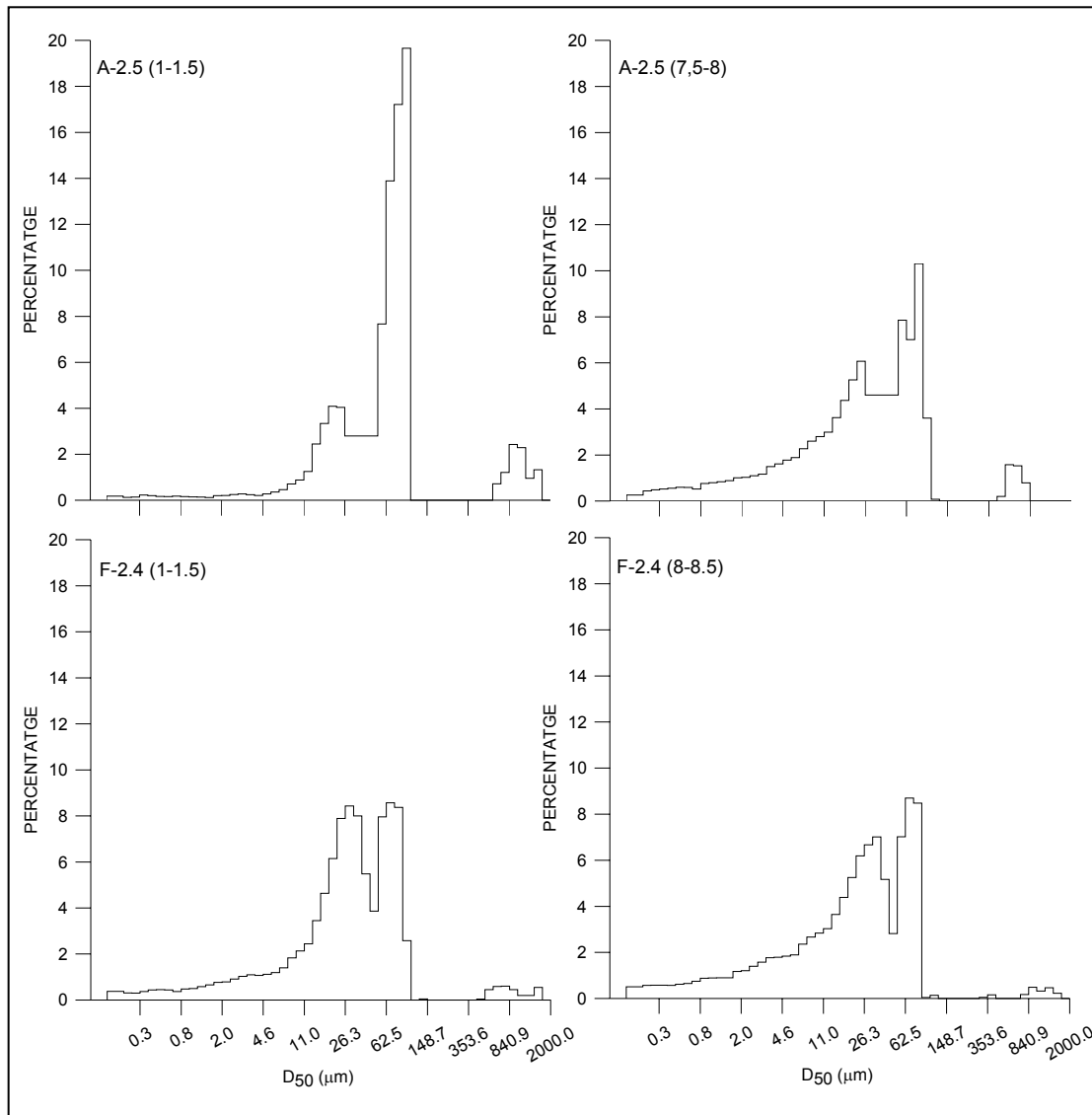
	A	B	C	D	E	F	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>
0-0,5	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Dark
0,5-1	Dark	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light
1-1,5	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light
1,5-2	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light
2-2,5	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light
2,5-3	Light	Light	Dark	Light	Light	Light	Light	Light	Light
3-3,5	Light	Light	Dark	Dark	Light	Light	Dark	Light	Light
3,5-4	Light	Light	Dark	Dark	Light	Light	Dark	Light	Light
4-4,5	Light	Dark	Dark	Dark	Light	Light	Light	Light	Light
4,5-5	Light	Dark	Light	Dark	Dark	Light	Dark	Light	Light
5-5,5	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Dark	Light
5,5-6	Light	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Light	Light
6-6,5	Light	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Light
6,5-7	Light	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Light	Light	Light
7-7,5	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Light	Light
7,5-8	Light	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Light	Light
8-8,5	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Dark	Light	Light	Dark
8,5-9	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Dark	Light	Light	Dark
9-9,5	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Dark	Light	Light	Light
9,5-10	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Dark	Light	Light	Light
10-11	Light	Dark	Dark	Light	Light	Dark	Light	Light	Light
11-12	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Dark	Light	Light	Light
12-13	Dark	Dark	Dark	Light	Dark	Light	Light	Light	Light
13-14	Dark	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light	Light

**Figura 3.7.** Distribució de mostres amb 3 modes (gris fosc) i amb 2 modes (gris clar) al llarg del perfil i per a les campanyes de la zona de 9 m.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.2.1.2. 18 m

La grandària mitjana de gra de sediment en la zona de 18 m presenta un valor de 32,9  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 11,3$ ), amb un rang entre les mostres que oscil·la entre 15 i 84  $\mu\text{m}$ . Les corbes de distribució granulomètrica presenten tres modes: entre 15 i 31  $\mu\text{m}$ , entre 62,5 i 125  $\mu\text{m}$ , i entre 500 i 2000  $\mu\text{m}$ , (**Figura 3.8**).



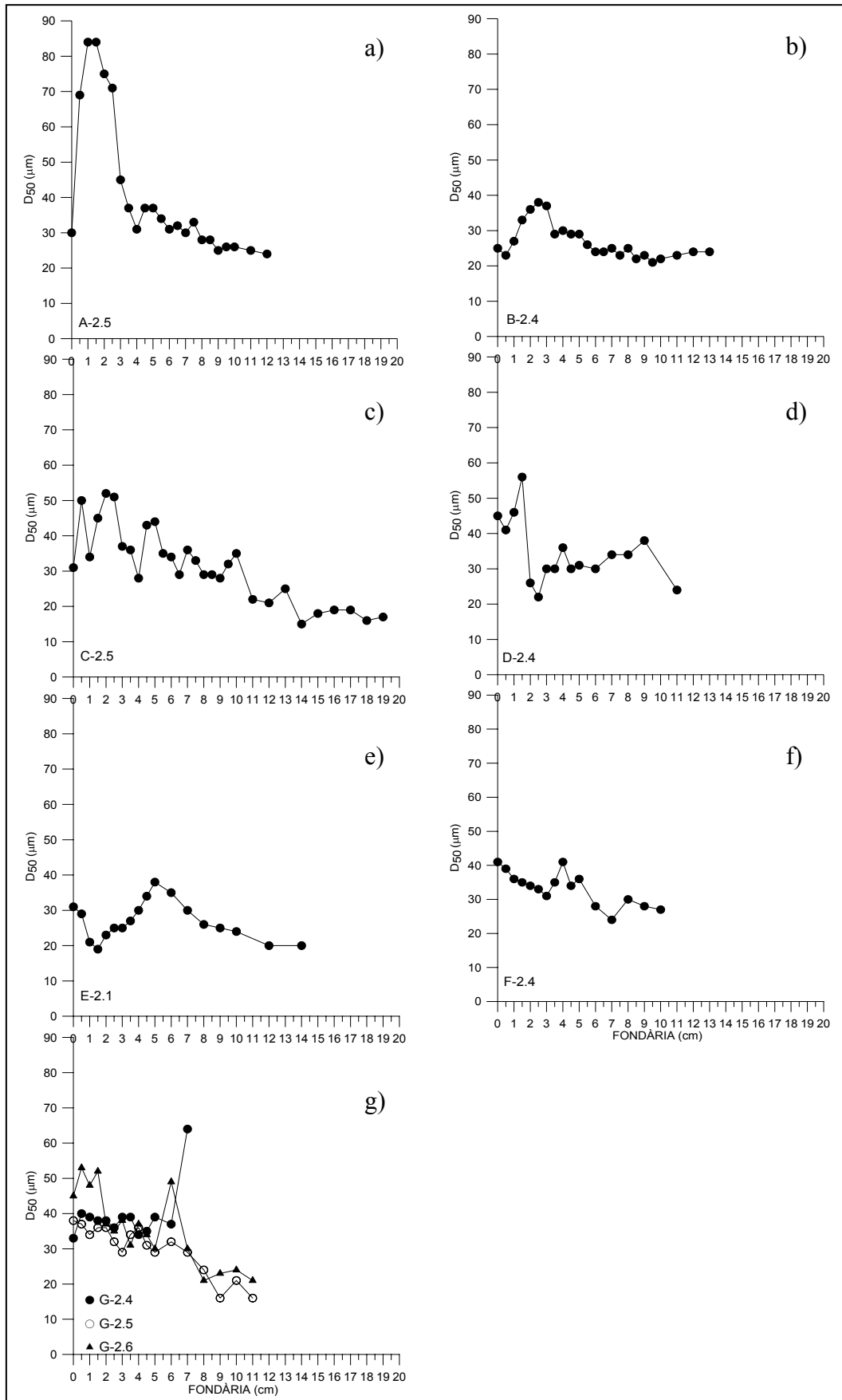
**Figura 3.8.** Exemples d'histogrames de freqüències de mida de gra a 18 m. L'eix X representa el  $D_{50}$  en escala logarítmica.

Al testimoni de la campanya A s'obté una mitjana de 41,0  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 20,0$ ), amb un rang entre 24 i 84  $\mu\text{m}$  (**Figura 3.9a**). Als primers 3 cm s'observen variacions en el  $D_{50}$  de

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

fins el 130 % entre mostres contigües - ex.: A-2.5 (0-0,5 cm) a A-2.5 (0,5-1 cm). A partir del tercer centímetre hi ha una menor variabilitat en el  $D_{50}$  i, a més, s'observa una tendència granodecreixent. Per altra banda, el testimoni B-2.4 presenta una mitjana del  $D_{50}$  de 26,8  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 4,9$ ) i un rang d'entre 21 i 38  $\mu\text{m}$  (**Figura 3.9b**). Als primers 4 cm. s'observa un increment del  $D_{50}$  i variacions entre mostres contigües més pronunciades que en la resta de mostres, sent aquestes més petites i segueixen una tendència granodecreixent. Pel que fa al testimoni C-2.5 mostra una tendència granodecreixent i variabilitats acusades (sobretot als 5 primers centímetres). Presenta una mitjana del  $D_{50}$  de 31,4  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 10,5$ ) i un rang d'entre 52 i 15  $\mu\text{m}$  (**Figura 3.9c**). El testimoni D-2.4 mostra una mitjana del  $D_{50}$  de 34,6  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 8,9$ ), amb un rang entre 56 i 22  $\mu\text{m}$  (**Figura 3.9d**). Als primers centímetres es detecten fortes variabilitats (de fins 115%). Mentre que els testimonis E-2.1 i F-2.4 (**Figura 3.9e i 3.9f**) mostren una mitjana dels valors de  $D_{50}$  de 26,8  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 5,5$ ) i 33,3  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 5,0$ ), respectivament. A tots dos testimonis s'observen tendències granodecreixents als primers 2-3 cm., un increment fins els centímetres 4,5-5 i un posterior descens del  $D_{50}$  amb la fondària del testimoni (amb algunes variacions). Finalment, els testimonis G-2.4, G-2.5 i G-2.6 presenten valors mitjans del  $D_{50}$  de 39,3  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 7,7$ ), 30,0  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 7,0$ ) i 35,8  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 10,6$ ), respectivament (**Figura 3.9g**). Els  $D_{50}$  del testimoni G-2.4 oscil·len entre 33 i 64  $\mu\text{m}$ . Si no es tingués en compte la mostra G-2.4 (7-7,5) tots els valors de  $D_{50}$  es situarien entre 33 i 40  $\mu\text{m}$ ; i s'obtindria un  $D_{50}$  mitjà de 37,3  $\mu\text{m}$  ( $\sigma = 2,3$ ) i, per tant, aquest testimoni seria bastant homogeni. Els valors de  $D_{50}$  al testimoni G-2.5 varien entre 16 i 38  $\mu\text{m}$ , mentre que al testimoni G-2.6 oscil·len entre 21 i 53  $\mu\text{m}$ . Tant al testimoni G-2.5 com al testimoni G-2.6 es presenta una tendència general granodecreixent amb la fondària, però al testimoni G-2.6 s'observen variacions més acusades (de fins el 70 %).

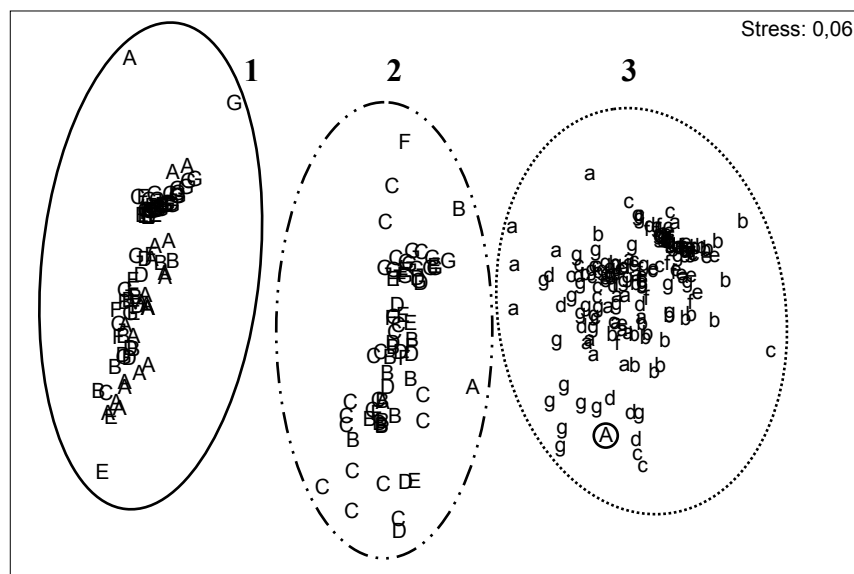
### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.9.** Perfils del  $D_{50}$  dels testimonis de la zona de 18 m. L'eix X representa la fondària a la que s'ha obtingut la mostra. L'eix Y indica la mediana de mida de gra expressada en  $\mu\text{m}$ .

#### 3.2.2. TIPUS DE SEDIMENT I SIMILITUD ENTRE MOSTRES

L'ordenació de les mostres de sediment segons el MDS, i atenent a la seva corba de distribució granulomètrica presenta un estrès de 0,06, és a dir, una bona ordenació (Clark & Warwick, 1994). Les mostres es disposen en tres grans grups denominats 1, 2 i 3 (**Figura 3.10**). Dos d'aquests grups de mostres (1 i 2) corresponen a les mostres obteses a 9 m i l'altre grup (3) correspon a mostres obteses a 18 m, excepte la mostra més superficial de la campanya de novembre, que és més semblant a les de la zona de 18 m.

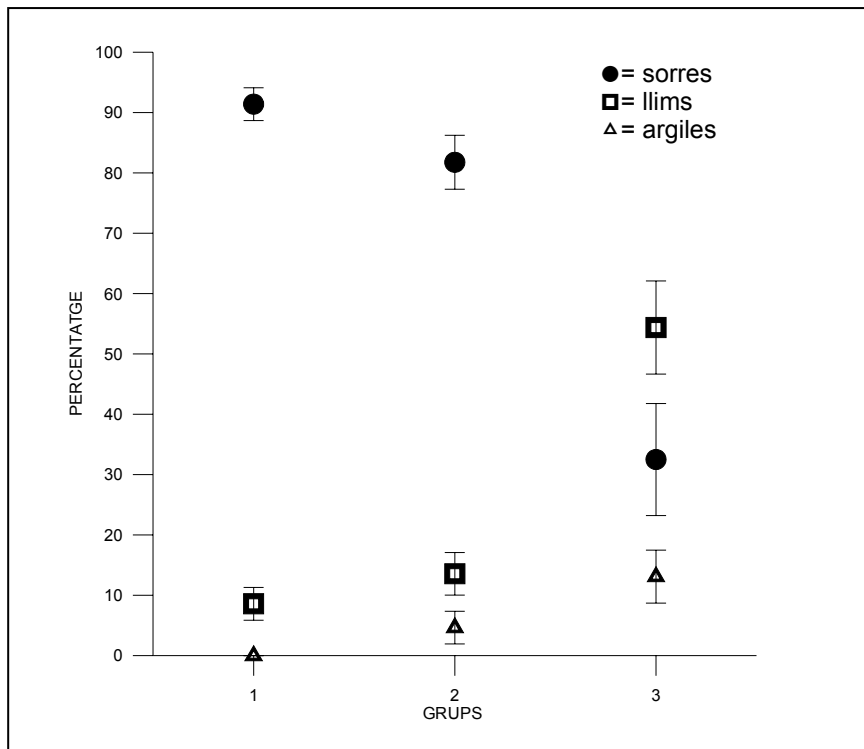


**Figura 3.10.** Gràfic bidimensional MDS de distribucions de freqüències de mida de gra. Per a l'etiquetatge s'han emprat majúscules per designar la zona de 9 m i minúscula per a 18 m; les lletres corresponen a les campanyes.

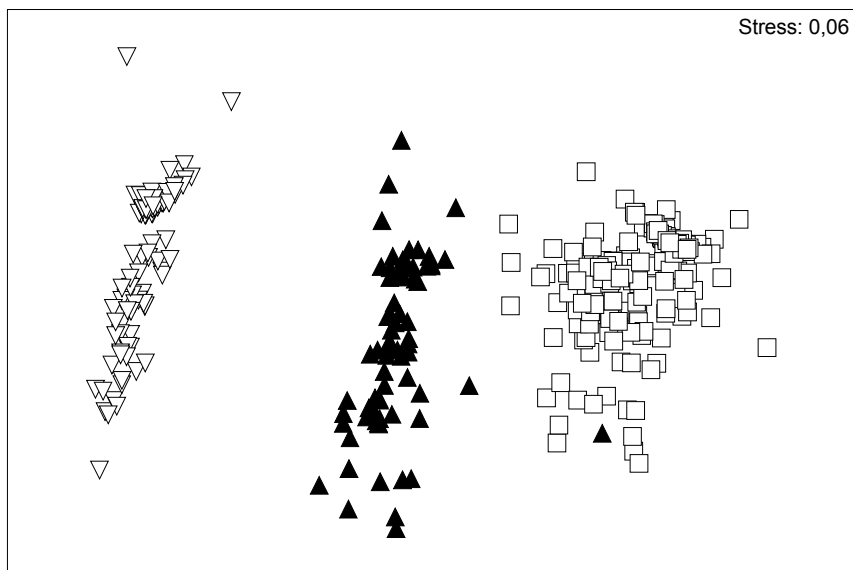
Al grup 1 les sorres són la població granulomètrica més important (mitjana,  $\mu = 91,4 \%$ ; desviació estàndard,  $\sigma = 2,73$ ), els llims minoritaris ( $\mu = 8,5 \%$ ;  $\sigma = 2,73$ ) i les argiles inexistents ( $\mu = 0 \%$ ). Al grup 2 les sorres són majoritàries ( $\mu = 81,77 \%$ ;  $\sigma = 4,47$ ), però amb percentatge menor respecte al grup 1, els llims incrementen la seva abundància ( $\mu = 13,58 \%$ ;  $\sigma = 3,52$ ) i es detecta la presència d'argiles ( $\mu = 4,65 \%$ ;  $\sigma = 2,71$ ). Al grup 3 el llims són la fracció de partícules més abundants ( $\mu = 54,39 \%$ ;  $\sigma = 7,73$ ), seguits de les sorres ( $\mu = 32,51 \%$ ;  $\sigma = 9,28$ ), i les argiles quasi tripliquen el seu percentatge respecte al grup 2 ( $\mu = 13,10 \%$ ;  $\sigma = 4,40$ ) (**Figura 3.11**). La presència

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

d'argiles sembla ser el factor més destacat en la separació dels grups 1 i 2 a l'anàlisi estadístic (**Figura 3.12**).



**Figura 3.11.** Percentatge de sorres, llims i argiles per a cadascun dels grups discriminats mitjançant l'ordenació multivariant.



**Figura 3.12.** MDS on l'etiquetatge s'ha realitzat segons el percentatge de sorres, llims i argiles. ▽ 0 % d'argiles, ▲ argiles superiors al 0% i □ mostres de 18 m

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

L'anàlisi de similaritat (ANOSIM) indica que la distribució granulomètrica del sediment presenta diferències significatives entre zones, al donar una  $R_{\text{global}} = 0,890$ , amb un nivell de significació de 0,1%. En canvi, la evolució temporal de la distribució granulomètrica al llarg de totes las campanyes no mostra diferències tant significatives, al ser la  $R_{\text{global}} = 0,203$  amb un nivell de significació del 0,1 %. Si s'analitzen les diferències entre parells de campanyes el test indica que a pràcticament totes les parelles de campanyes (excepte F-G) s'obté un nivell de significació inferior al 5% marcat (i per tant, es permet acceptar el valor de l'estadístic R). Els valors de l'estadístic R oscil·len entre 0,077 (parell E-F i E-G) i 0,353 (parell B-G) (**Taula 3.1**).

	R	Significació (%)
A B	0.23	0.1
A C	0.324	0.1
A D	0.2	0.1
A E	0.266	0.1
A F	0.211	0.1
A G	0.19	0.1
B C	0.234	1.3
B D	0.263	0.6
B E	0.26	0.1
B F	0.234	0.1
B G	0.353	0.1
C D	0.097	1.7
C E	0.232	0.1
C F	0.178	0.1
C G	0.286	0.1
D E	0.155	0.3
D F	0.103	1.5
D G	0.162	0.2
E F	0.077	2.1
E G	0.077	4.6
F G*	0.051	12.9

**Taula 3.1.** Valor de l'estadístic R per a cadascun dels parells de campanyes. S'indica el nivell de significació (%). L'asterisc indica que el nivell de significació es superior al 5 % fixat.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.2.3. CONTINGUT DE CARBONATS

El percentatge de carbonats ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) oscil·la entre 35,7 i 41,6 % a 9 m i entre 36,2 i 41,6 % a 18 m. Per tant, las variacions en el contingut en carbonat son de petita magnitud en el àrea d'estudi.

Les variacions en el percentatge de carbonats a les mostres dintre d'un testimoni varien com a màxim en un 3,0 % a 9 m, i en un 3,6 % a 18 m. La mitjana del percentatge de carbonats és de 38,4 ( $\pm 1,2$ ) a 9 m i de 38,7 ( $\pm 1,1$ ) a 18 m (**Taula 3.2**).

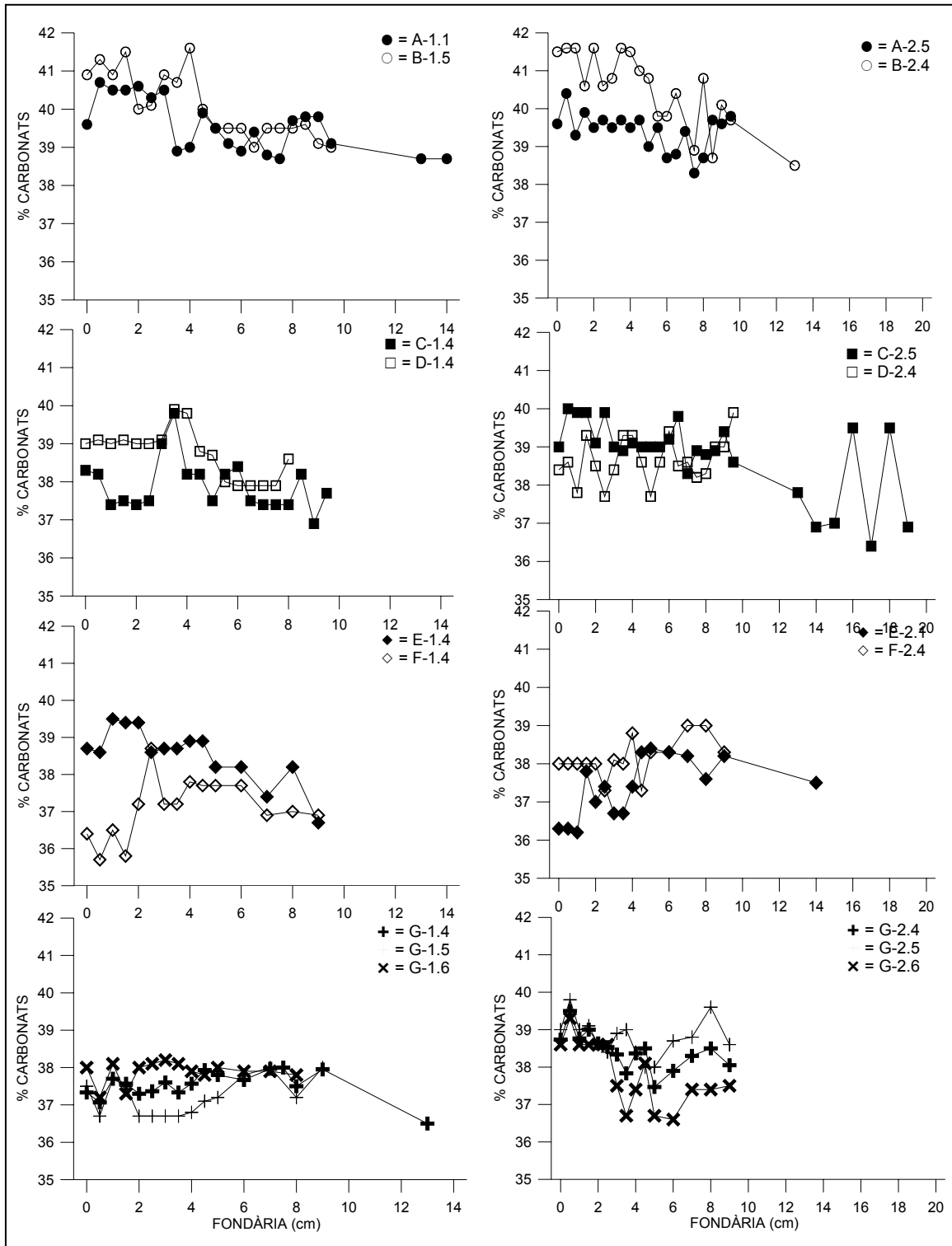
CODI	MAX	MIN	MITJANA		CODI	MAX	MIN	MITJANA
A-1.1	40,7	38,7	39,5 $\pm$ 0,7		A-2.5	40,4	38,3	39,4 $\pm$ 0,5
B-1.5	41,6	39	40,0 $\pm$ 0,9		B-2.4	41,6	38,5	40,4 $\pm$ 1,0
C-1.4	39,8	36,9	37,9 $\pm$ 0,7		C-2.5	40	36,4	38,7 $\pm$ 1,0
D-1.4	39,9	37,9	38,7 $\pm$ 0,6		D-2.4	39,9	37,7	38,7 $\pm$ 0,6
E-1.4	39,5	36,7	38,5 $\pm$ 0,7		E-2.1	38,9	36,2	37,5 $\pm$ 0,8
F-1.3	38,7	35,7	37,0 $\pm$ 0,8		F-2,4	39	37,3	38,2 $\pm$ 0,5
G-1.4	38,9	36,5	37,6 $\pm$ 0,6		G-2.4	39,4	37,7	38,7 $\pm$ 0,5
G-1.5	38	36,7	37,3 $\pm$ 0,5		G-2.5	39,8	37,9	38,7 $\pm$ 0,5
A-1.1	38,2	37,2	37,9 $\pm$ 0,3		G-2.6	39,3	36,6	37,8 $\pm$ 0,8

**Taula 3.2.** Percentatge màxim (MAX), mínim (MIN) i mitjana ( $\pm$  desviació estàndard) del percentatge de carbonats (MITJANA) per a cada testimoni (CODI) a 9 m i a 18 m.

El percentatge de carbonats de totes les mostres s'indica a la **Figura 3.13**. La variabilitat és baixa al llarg dels testimonis i no s'observen patrons clars, encara que s'intueix una lleugera tendència a disminuir el percentatge de carbonats en fondària en pràcticament quasi tots els testimonis.



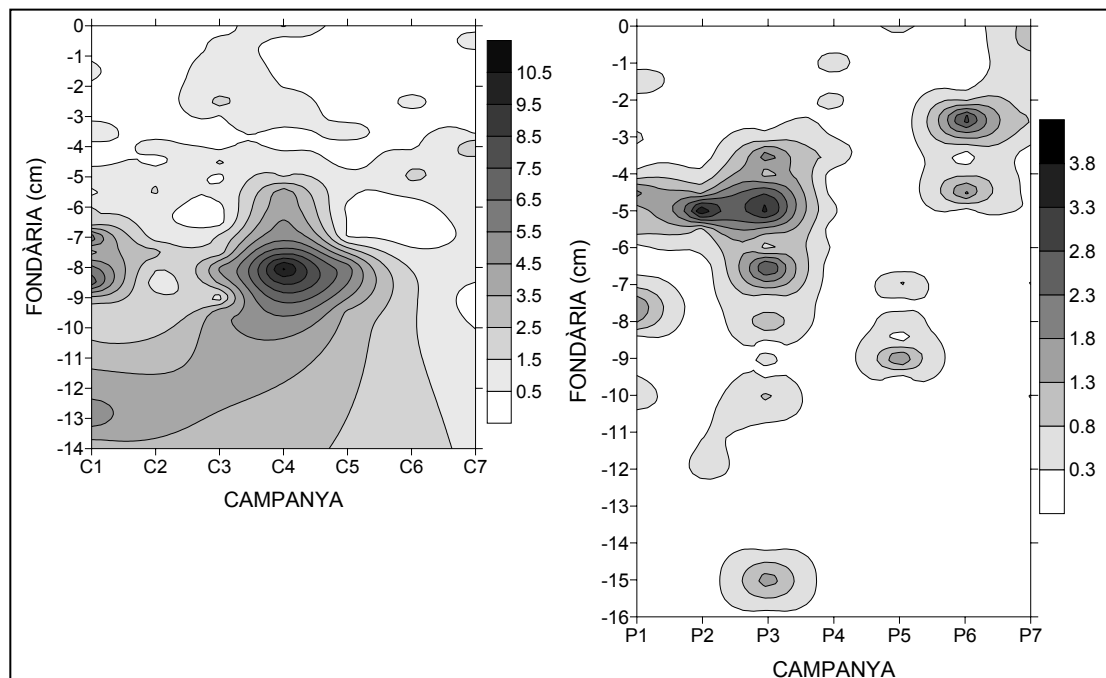
### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.13.** Percentatge de carbonats de cadascuna de les mostres atenent a la fondària del testimoni. Les gràfiques de la part esquerra corresponen a la zona de 9 m, mentre que les de la part dreta corresponen a 18 m. L'eix d'ordenades indica el percentatge de carbonats, mentre que a l'eix d'abscisses es representa fondària a la que s'ha recollit la mostra.

#### 3.2.4. TANATOCENOSIS DE MOL·LUSCS

La fracció del sediment amb una mida superior a 2000  $\mu\text{m}$  està constituïda íntegrament per conquilles d'organismes. L'abundància relativa en pes d'aquesta fracció varia significativament al llarg del perfil sedimentari i en el temps. A 9 m hi ha percentatges inferiors al 2 % als primers centímetres, mentre que hi ha una major abundància d'aquestes partícules en nivells intermedis (7–10 cm). En aquests nivells intermedis s'observen els màxims a les campanyes de novembre a maig (A, C, D i E) amb percentatges que arriben a representar fins el 10,86 % del total de la mostra de sediment (campanya D). A 18 m els percentatges de partícules superiors a 2000  $\mu\text{m}$  respecte del pes total de la mostra és inferior als de 9 m. La **Figura 3.14** indica que a les campanyes B, C i F de la zona de 18 m s'observen màxims a diferents nivells (bàsicament entre els 2 i els 7 cm), encara que també s'observen percentatges entre l'1 i el 2 % del pes total de la mostra dispersos al llarg de tot el perfil a les diferents campanyes.



**Figura 3.14.** Pes que representa la fracció superior a 2000  $\mu\text{m}$  respecte el pes total (en %) de la mostra a la zona de 9 m (esquerra) i a la zona de 18 m (dreta). L'eix d'ordenades indica la fondària (en centímetres) a la que ha segut obtinguda la mostra, l'eix d'abscisses la campanya en la que s'ha realitzat el mostreig (de l'1 al 7, equivalent de la A a la G) i l'escala de percentatges es mostra a la dreta de cadascuna de les figures.

### 3.3 COMUNITATS BENTÒNIQUES

#### 3.3.1 COMUNITATS DE LA MACROFAUNA

La macrofauna de les dues zones d'estudi es caracteritza per l'elevat nombre de taxons, 75 a 9 m (**Apèndix 1**) i 71 a 18 m (**Apèndix 2**), a més del fet de que la comunitat està dominada per pocs d'ells

Els taxons quantitativament més importants a la zona de 9 m, i que es troben a totes les campanyes, són *Spisula subtruncata*, Gammaridae i Anisopoda, encara els taxons Paraoniidae, Nephtyidae, Spionidae, Lumbrineridae, a més del grup format pels taxons *Donax sp.* i *Tellina sp.* poden tenir la seva importància puntual en diverses campanyes (**Taula 3.3**).

A	C	D	E	F	G
Anisopoda (23,0)	<i>S. subtruncata</i> (78,4)	<i>S. subtruncata</i> (82,1)	Anisopoda (33,0)	Anisopoda (34,4)	Anisopoda (45,2)
Gammaridae (13,8)	Gammaridae (3,1)	Nephtyidae (2,2)	<i>S. subtruncata</i> (24,8)	<i>S. subtruncata</i> (18,9)	<i>S. subtruncata</i> (8,0)
<i>S. subtruncata</i> (12,8)	Anisopoda (2,3)	Anisopoda (2,1)	Gammaridae (7,2)	Gammaridae (9,3)	<i>Donax-Tellina</i> (7,3)
Paraoniidae (7,6)	Nephtyidae (2,3)	Gammaridae (1,9)	Spionidae (4,4)	Paraoniidae (7,5)	Alt. Ophiuroidea (5,2)
Lumbrineridae (5,9)	Paraoniidae (2,1)	Paraoniidae (1,9)	Nephtyidae (4,0)	Spionidae (4,4)	Gammaridae (3,0)

**Taula 3.3.** Taxons quantitativament més importants de la macrofauna a les campanyes a 9 m. Entre parèntesi s'indica el percentatge que representen respecte el total.

A 18 m, els taxons Gammaridae, Lumbrineridae i Nephtyidae són abundants i es troben a totes les campanyes. *Turritella communis* també és quantitativament important, però no s'ha detectat la seva presència a la campanya de març (C). Els taxons *Nucula sp.*, Paraoniidae, *Spisula subtruncata*, Sabellidae i el grup format per *Donax sp.* i *Tellina sp.* mostren importància relativa en diverses campanyes (**Taula 3.4**).

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

A	C	D	E	F	G
<i>T. communis</i> (19,8)	Gammaridae (33,1)	<i>T. communis</i> (43,5)	Nephtyidae (23,5)	<i>T. communis</i> (46,6)	<i>T. communis</i> (38,9)
Lumbrineridae (14,8)	Lumbrineridae (14,2)	<i>S. subtruncata</i> (14,8)	Gammaridae (22,0)	Gammaridae (12,6)	Nephtyidae (13,2)
Gammaridae (12,4)	Nephtyidae (8,5)	Nephtyidae (7,8)	<i>T. communis</i> (12,2)	Nephtyidae (11,4)	Gammaridae (10,3)
Nephtyidae (7,4)	Paraonidae (4,2)	Gammaridae (6,0)	Sabellidae (8,6)	Lumbrineridae (8,2)	Lumbrineridae (6,4)
<i>Nucula sp</i> (5,5)	<i>Nucula sp</i> (3,9)	Lumbrineridae (6,0)	Lumbrineridae (7,3)	<i>Nucula sp</i> (4,7)	<i>Donax-Tellina</i> (5,7)

**Taula 3.4.** Taxons quantitativament més importants de la macrofauna a cadascuna de les campanyes de la zona de 18 m. Entre parèntesi s'indica el percentatge que representen respecte el total.

#### 3.3.1.1. Paràmetres Ecològics

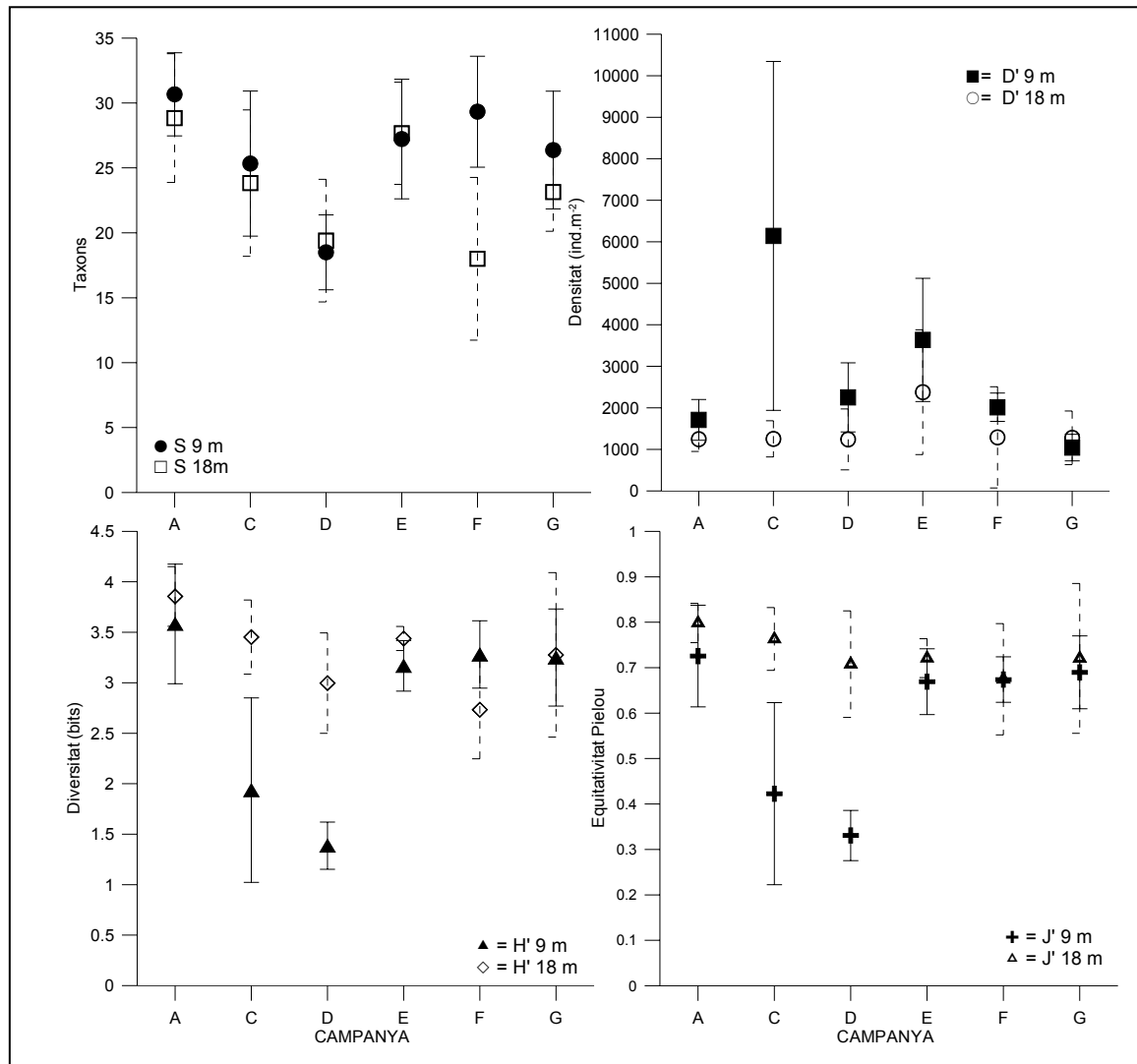
La riquesa ( $S'$ ) oscil·la entre 18,0 i 30,7 taxons a les dues zones d'estudi.  $S'$  mostra valors similars a totes les campanyes, excepte a la de juny (F) (**Figura 3.15a**). L'ANOVA indica hi ha diferències significatives entre mostres tant a 9 m ( $F=3,382$ ;  $pv=0,012$ ) com a 18 m ( $F=5,708$ ;  $pv<0,001$ ). Per altra banda, s'observen valors estadísticament majors de  $S'$  a 9 m que a 18 m diferències significatives entre les dues zones ( $pv=0,01$ )

La densitat d'individus a 9 m fluctua en un rang d'entre 1044 i 6141 ind·m<sup>-2</sup>, mentre que a 18 m ho fa entre 1240 i 2377 ind·m<sup>-2</sup> (**Figura 3.15b**). A les dues zones s'observa un cert paral·lelisme en els valors al llarg de les campanyes, a excepció de la campanya de març (C) a 9 m, la densitat s'incrementa en un 260 % respecte a la campanya de novembre (A). Els test de Kruskal-Wallis indica que hi ha diferències significatives entre les campanyes a 9 m ( $pv<0,001$ ), mentre que a 18 m les diferències no són significatives ( $pv=0,167$ ). A més, a 9 m es presenten valors significativament majors que a 18 m ( $pv<0,001$ ).

La diversitat ( $H'$ ) oscil·la entre 1,39 i 3,58 bits a 9 m, i entre 2,73 i 3,85 bits a 18 m (**Figura 3.15c**). A 9 m s'hi observa la màxima  $H'$  a la campanya de novembre (A), un descens del 46 % a la de març (C) i s'arriba a un mínim a la campanya d'abril (D). Posteriorment hi ha un increment del 128 % a la campanya de maig (E) i poca variabilitat entre les campanyes E, F (juny) i G (setembre). A 18 m hi ha un descens gradual de  $H'$  des de la campanya de novembre (A) - màxima  $H'$  - fins la d'abril (D),

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

augmenta al maig (E), per disminuir al juny (F) i tornar a augmentar al setembre (G). L'anàlisi de Kruskal-Wallis indica que hi ha diferències significatives entre campanyes a totes dues zones ( $p_v < 0,001$ ) i també entre les dues zones al llarg de les campanyes, sent major a 18 m ( $p_v < 0,001$ ).



**Figura 3.15.** Riquesa específica, densitat (en ind.m<sup>-2</sup>), diversitat (en bits) i equitativitat (en tants per 1) a 9 m (negre i error en continu) i a 18 m (blanc i discontinu) al llarg del cicle anual.

Finalment, l'índex d'equitativitat de Pielou ( $J'$ ) a 9 m varia entre 0,33 i 0,72 i té un comportament semblant a la diversitat ( $H'$ ), detectant-se les majors variacions entre les quatre primeres campanyes (A, C, D i E) (**Figura 3.15d**). El test de Kruskal-Wallis mostra que hi ha diferències significatives entre les campanyes de la zona de 9 m ( $p_v = 0,001$ ), detectant-se els menors valors mitjans a les campanyes de març (C) i abril (D).

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

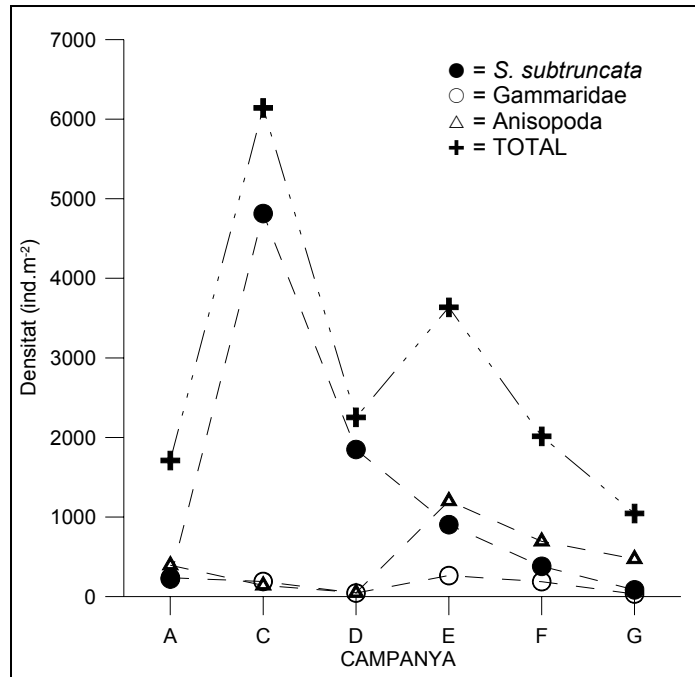
A 18 m s'observa un patró de disminució de  $J'$  al llarg de les campanyes, sent el rang de valors entre 0,67 i 0,80. L'ANOVA mostra que no hi ha diferències significatives entre les campanyes de 18 m ( $F = 1,227$ ;  $pv = 0,317$ ). Per altre costat, a 18 m s'obté un valor mitjà significativament major que a 9 m ( $pv = 0,023$ ).

#### 3.3.1.2 Taxons

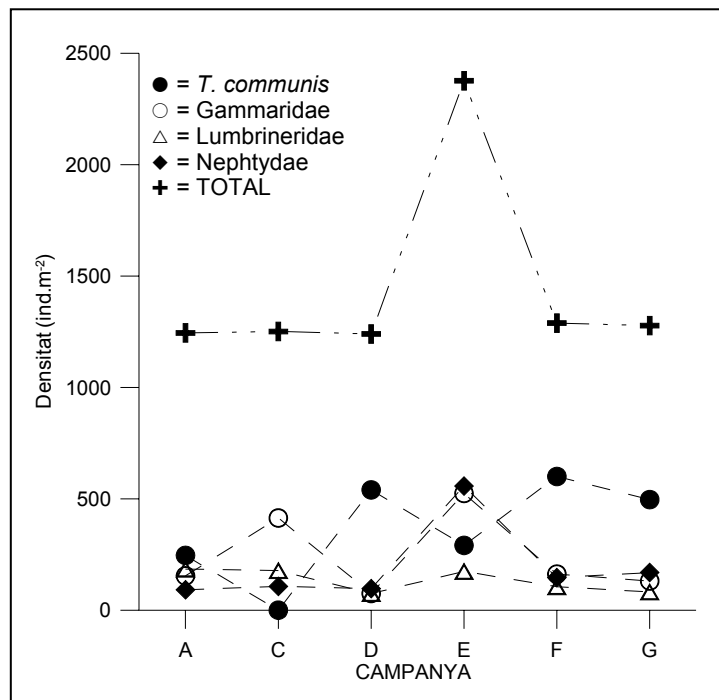
Els taxons quantitativament més importants a 9 m (**Figura 3.16**) a la campanya de novembre (A) són Anisopoda (22 % del total), i *S. subtruncata* i Gammaridae (cadascun d'ells en un 13 % sobre el total). A les campanyes de març (C) i abril (D), la densitat total d'individus està condicionada per la de *S. subtruncata*, mentre que a la campanya de maig (E) ho estaria tant per Anisopoda com per *S. subtruncata*, i en menor mesura per Gammaridae. A les campanyes de juny (F) i setembre (G) aquests tres taxons constitueixen aproximadament un 60 % de la densitat total. Per altra banda, l'anàlisi de Kruskal-Wallis indica que tant per Gammaridae, Anisopoda i *S. subtruncata* s'observen diferències significatives ( $pv < 0,001$ ) en el valor mitjà de la densitat entre campanyes a 9 m.

A 18 m (**Figura 3.17**), el fet més destacat és l'increment de densitat d'individus al voltant del 90 % a la campanya de maig (E) respecte a la resta de campanyes. *T. communis* i Gammaridae presenten comportaments especulars i elevades variabilitats a la majoria de campanyes. Lumbrineridae influeix sobre la densitat total entre un 6 i un 15 % al llarg de les campanyes. Per altra banda, Nephtyidae presenta valors de densitat entre 90 i 170 ind·m<sup>-2</sup> a totes les campanyes excepte a la de maig (E), on multiplica per 5 el seu valor mitjà per a la resta de campanyes. L'anàlisi de Kruskal-Wallis indica diferències significatives en els valors mitjans de densitat al llarg de les campanyes a 18 m per a *T. communis* ( $pv = 0,01$ ), Gammaridae ( $pv = 0,004$ ), Lumbrineridae ( $pv = 0,007$ ) i Nephtyidae ( $pv = 0,003$ ).

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.16.** Valors mitjans de densitat (ind·m<sup>-2</sup>) dels taxons *S. subtruncata*, Gammaridae, Anisopoda i el valor total de densitat de la zona de 9 m a les campanyes.

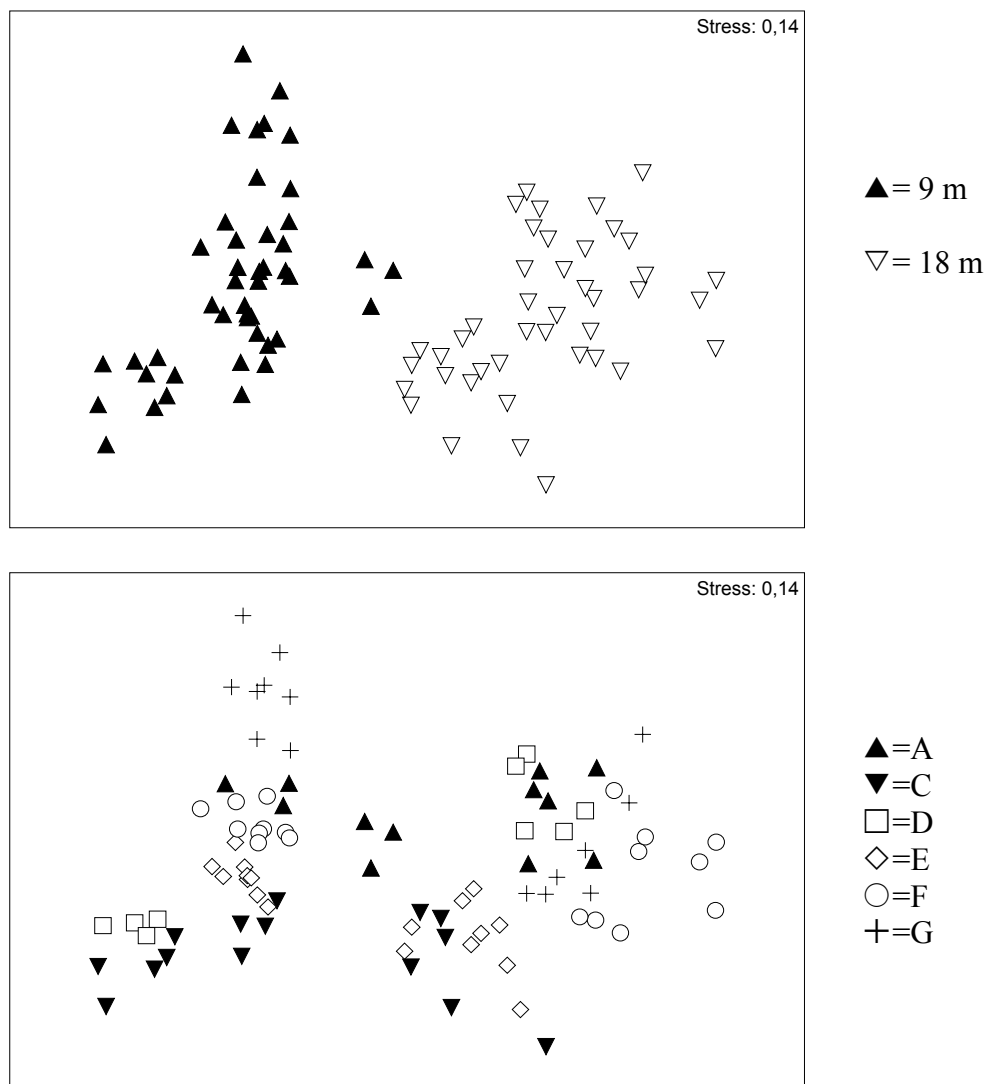


**Figura 3.17.** Valors mitjans de densitat (ind·m<sup>-2</sup>) dels taxons *T. communis*, Gammaridae, Lumbrineridae, Nephtyidae i el valor total de densitat a 18 m a les campanyes de mostreig.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.3.1.3 Mètodes Multivariants

La representació de les mostres al MDS indica que aquestes s'ordenen atenent bàsicament a la seva ubicació espacial, diferenciant clarament dos agrupaments que corresponen a les dues zones d'estudi (**Figura 3.18a**). Malgrat que l'estrès és de 0,14 (l'ordenació és poc significativa), l'etiquetatge de les mostres segons les campanyes a 9 m (**Figura 3.18b**). De fet, si no es té en compte la campanya A, s'observa que la ubicació de les mostres aniria en sentit ascendent de l'eix d'ordenades, coincidint amb l'avanç en el cicle estacional. A 18 m no s'hi observa cap patró evident.



**Figura 3.18.** Gràfics MDS d'abundàncies totals (densitat). L'etiquetatge de les mostres en el gràfic superior s'ha realitzat atenent a la zona d'estudi, mentre que en el de l'inferior atenent a la campanya. A la dreta s'indica la llegenda per a la zona d'estudi i campanya.



### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

L'ANOSIM indica que hi ha diferències significatives entre les dues zones, amb un  $R_{\text{global}} = 0,992$  i un nivell de significació de 0,1%; mentre que entre campanyes també s'hi observen diferències ( $R_{\text{global}} = 0,784$  i nivell de significació = 0,1%). Pel que fa als valors de R entre parells de campanyes (**Taula 3.5**) s'obtenen valors de  $R_{\text{global}}$  entre 0,58 i 0,982. En conseqüència, les mostres d'una mateixa campanya són més semblants entre elles que amb mostres d'altres campanyes.

Parells de Campanyes	$R_{\text{global}}$	Nivell Significació (%)
A- C	0,855	0,1
A- D	0,91	0,1
A- E	0,936	0,1
A- F	0,765	0,1
A- G	0,668	0,1
C- D	0,58	0,1
C- E	0,62	0,1
C- F	0,899	0,1
C- G	0,951	0,1
D- E	0,982	0,1
D- F	0,641	0,1
D- G	0,877	0,1
E- F	0,893	0,1
E- G	0,886	0,1
F- G	0,736	0,1

**Taula 3.5.** Valor de l'estadístic  $R_{\text{global}}$  per a cadascuna dels parells de campanyes. S'indica el nivell de significació.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.3.2 COMUNITATS DE LA MEGAFÀUNA

La macrofauna de les dues zones d'estudi es caracteritza per l'elevat nombre de taxons, 133 a 9 m (**Apèndix 3**) i 153 a 18 m (**Apèndix 4**) i, igualment que en la macrofauna, la comunitat està dominada per pocs d'ells

Els taxons més abundants a totes les campanyes a 9 m són *Ophiura texturata* i *Spisula subtruncata*. Altres taxons amb certa importància són *Bolinus brandaris* o *Macropipus vernalis*, mentre que *Schizaster canaliferus*, postes de Naticidae o *Octopus vulgaris* són importants a algunes campanyes (**Taula 3.6**).

A	C	E	G
<i>Ophiura texturata</i> (48,7)	<i>Ophiura texturata</i> (52,6)	<i>Ophiura texturata</i> (55,4)	<i>Ophiura texturata</i> (37,6)
<i>Spisula subtruncata</i> (30,2)	<i>Spisula subtruncata</i> (30,3)	<i>Spisula subtruncata</i> (28,0)	<i>Spisula subtruncata</i> (34,2)
<i>Schizaster canaliferus</i> (3,8)	<i>Bolinus brandaris</i> (4,1)	postes Naticidae (6,9)	<i>Bolinus brandaris</i> (7,0)
<i>Bolinus brandaris</i> (3,1)	postes Naticidae (4,1)	<i>Macropipus vernalis</i> (4,2)	<i>Octopus vulgaris</i> (5,7)

**Taula 3.6.** Taxons de la megafauna quantitativament més importants a cadascuna de les campanyes de la zona de 9 m. Entre parèntesi s'indica el percentatge que representen respecte el total.

*Psammechinus microtuberculatus* i *Bolinus brandaris* són els taxons més importants a 18 m i es troben presents a totes les campanyes. *Pennaeus kerathurus* i *Squilla mantis* també es troben a totes les campanyes, encara que la seva importància no és palesa a totes elles. Altres taxons que poden tenir importància són *Schizaster canaliferus*, *Macropipus vernalis* o *Liocarcinus depurator* (**Taula 3.7**).

A	C	E	G
<i>P. microtuberculatus</i> (78,0)	<i>Bolinus brandaris</i> (36,5)	<i>Bolinus brandaris</i> (35,1)	<i>Bolinus brandaris</i> (58,2)
<i>Bolinus brandaris</i> (6,8)	<i>P. microtuberculatus</i> (26,5)	<i>P. microtuberculatus</i> (16,7)	<i>Squilla mantis</i> (15,2)
<i>Pennaeus kerathurus</i> (1,6)	<i>Squilla mantis</i> (6,1)	<i>Liocarcinus depurator</i> (7,7)	<i>P. microtuberculatus</i> (4,8)
<i>Schizaster canaliferus</i> (1,6)	<i>Macropipus vernalis</i> (3,3)	<i>Pennaeus kerathurus</i> (5,6)	<i>Pennaeus kerathurus</i> (4,2)

**Taula 3.7.** Taxons de la megafauna més abundants a les campanyes de la zona de 18 m. Entre parèntesi s'indica el percentatge que representen respecte el total.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.3.2.1. Paràmetres Ecològics

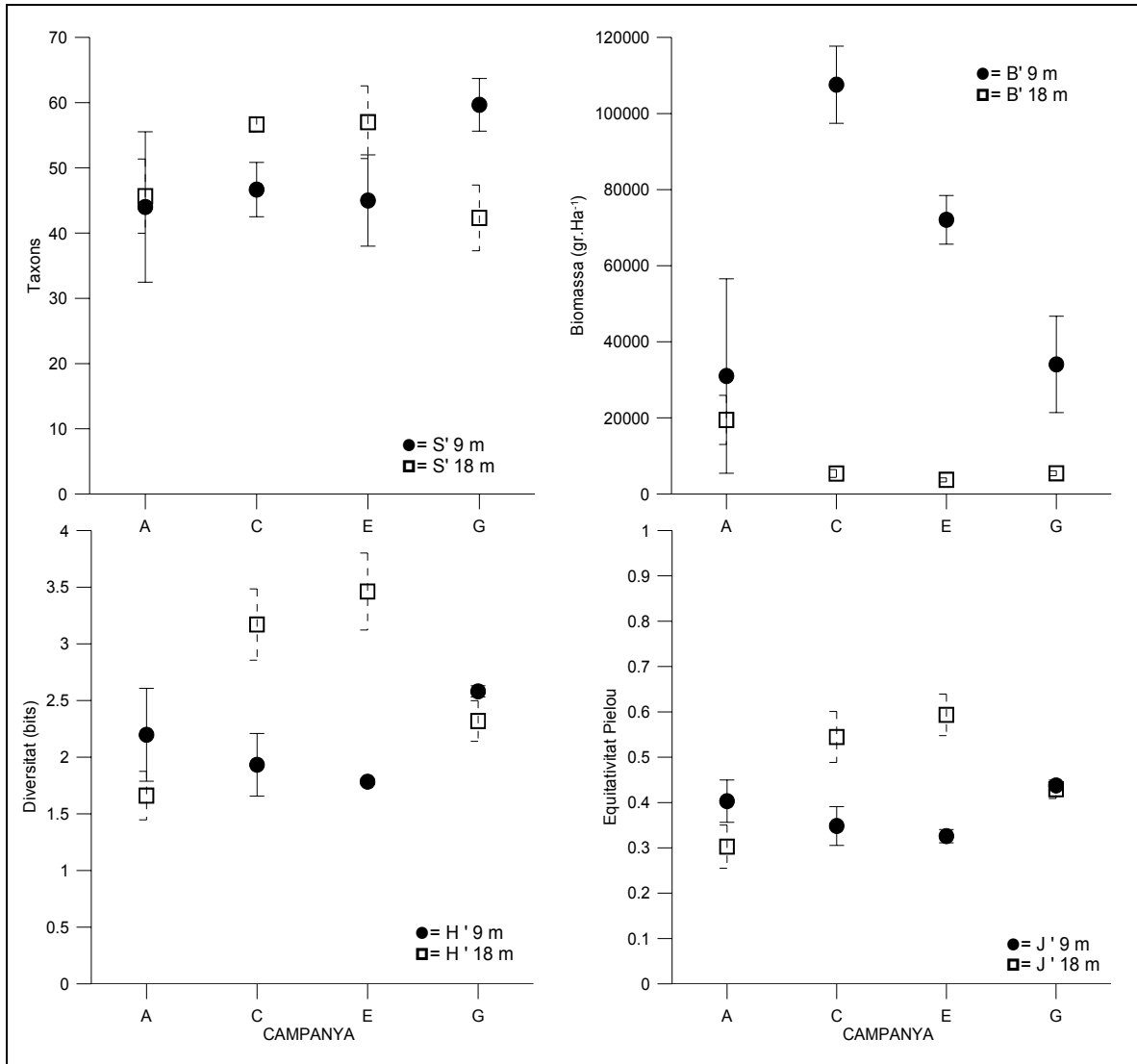
La riquesa específica ( $S'$ ) fluctua entre 44,0 i 59,7 taxons a 9 m i entre 42,3 a 57,0 a 18 m. A 9 m es detecta poca variació de  $S'$  a les campanyes de novembre (A), març (C) i maig (E) - entre 44,0 i 46,7 taxons- i un increment del 33 % a la campanya de setembre (G) - 59,7 taxons- (**Figura 3.19a**). Malgrat això, el test ANOVA no mostrà diferències significatives ( $F = 2,970$ ;  $pv = 0,097$ ). A 18 m la tendència és diferent: hi ha un increment de  $S'$  des de la campanya de novembre (A) fins la de març (C), poca variabilitat entre març (C) i maig (E), i descens de  $S'$  entre maig (E) i setembre (G). S'observen diferències significatives entre parells d'estacions ( $F = 7,569$ ;  $pv = 0,01$ ), destacant-hi un valor significativament menor a la campanya de setembre (G) respecte les campanyes de març (C) i maig (E) -  $pv = 0,025$  i  $0,022$ , respectivament -. Tampoc s'han constatat diferències significatives de  $S'$  a cadascuna de les campanyes entre les dues zones ( $pv = 0,728$ )

La biomassa ( $B'$ ) a 9 m és major que a 18 m, en alguns casos de fins a un ordre de magnitud (**Figura 3.19b**). Els valors de  $B'$  oscil·len a 9 m entre 107578 i 31014 gr·Ha<sup>-1</sup>, mentre que a 18 m varien entre 19468 i 3716 gr·Ha<sup>-1</sup>. La tendència general a 9 m presenta un increment molt pronunciat entre la campanya de novembre (A) - mínim  $B'$ - i la de març (C) - màxim  $B'$ -, per a un posterior descens gradual en les campanyes de maig (E) i setembre (G), on finalment s'arriba a valors semblants als de la campanya de novembre (A). La  $B'$  a 18 m es comporta de manera un tant distinta: la màxima  $B'$  s'obté a la campanya de novembre (A) - a 9 m es detecta la mínima  $B'$ -, hi ha un descens gradual a les campanyes de març (C) i maig (E), per a una posterior petita remuntada a la de setembre (G) fins a valors semblants als obtinguts en la campanya de març (C). Tant a 9 m com a 18 m es detecten diferències significatives en biomassa entre cadascuna de les campanyes ( $pv < 0,002$ ).

La diversitat ( $H'$ ) oscil·la entre 1,784 i 2,581 bits per a la zona de 9 m i entre 1,661 i 3,462 bits per a 18 m. El comportament de  $H'$  és diferent a ambdues zones, bàsicament oposat. A 9 m hi ha un descens gradual des de la campanya de novembre (A) fins la de maig (E), i un increment a la de setembre (G) - on s'arriba al màxim -. A 18 m hi ha un increment del 91 % entre novembre (A) i març (C), un increment més moderat entre març (C) i maig (E), i un descens del 33 % entre maig (E) i setembre (G) (**Figura**

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

**3.19c).** A 18 m hi ha diferències significatives entre campanyes ( $p_v < 0,001$ ), mentre que a 9 m el test de Kruskal-Wallis indica que no hi ha diferències significatives entre les campanyes ( $p_v = 0,101$ )



**Figura 3.19.** Riquesa específica, biomassa (en gr.Ha<sup>-1</sup>), diversitat de Shannon-Weaver (en bits) i equitativitat de Pielou (en tant per 1) a 9 m (en negre i continu) i a 18 m (en blanc i discontinu) al llarg del cicle anual.

L'equitativitat ( $J'$ ) oscil·la entre 0,326 i 0,438 a 9 m, i 0,303 i 0,593 a 18 m. El patró que segueix  $J'$  és semblant al comentat anteriorment per als valors de  $H'$  (**Figura 3.19d**). Tant a 9 m com a 18 m no es presenten diferències significatives entre campanyes ( $p_v = 0,011$  i 0,0001, respectivament).

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

El test de Kruskal-Wallis mostra l'absència de diferències significatives ( $p_v > 0,065$ ) en diversitat, riquesa i equitativitat entre les dues zones d'estudi, mentre que sí hi trobem que a 9 m el paràmetre biomassa és estadísticament major que a 18 m ( $p_v < 0,001$ ).

#### 3.3.2.2. Taxons

Una anàlisi més acurat dels taxons que quantitativament tenen un major pes a les comunitats indica que a 9 m són dominants el bivalve *S. subtruncata* i l'equinoderm *O. texturata*, mentre que a 18 m ho són *B. brandaris* i *P. microtuberculatus* (**Taula 3.7**).

9 m	A	C	E	G
<i>S. subtruncata</i>	9351,34	32642,03	20197,71	11652,07
<i>O. texturata</i>	15102,13	56560,91	39964,67	12794,31
Total	31014,42	107576,17	72075,82	34060,62
18 m	A	C	E	G
<i>B. brandaris</i>	1325,97	1969,91	1305,44	3170,29
<i>P. microtuberculatus</i>	15195,15	1429,51	619,62	259,81
Total	19468,50	5392,64	3716,42	5449,67

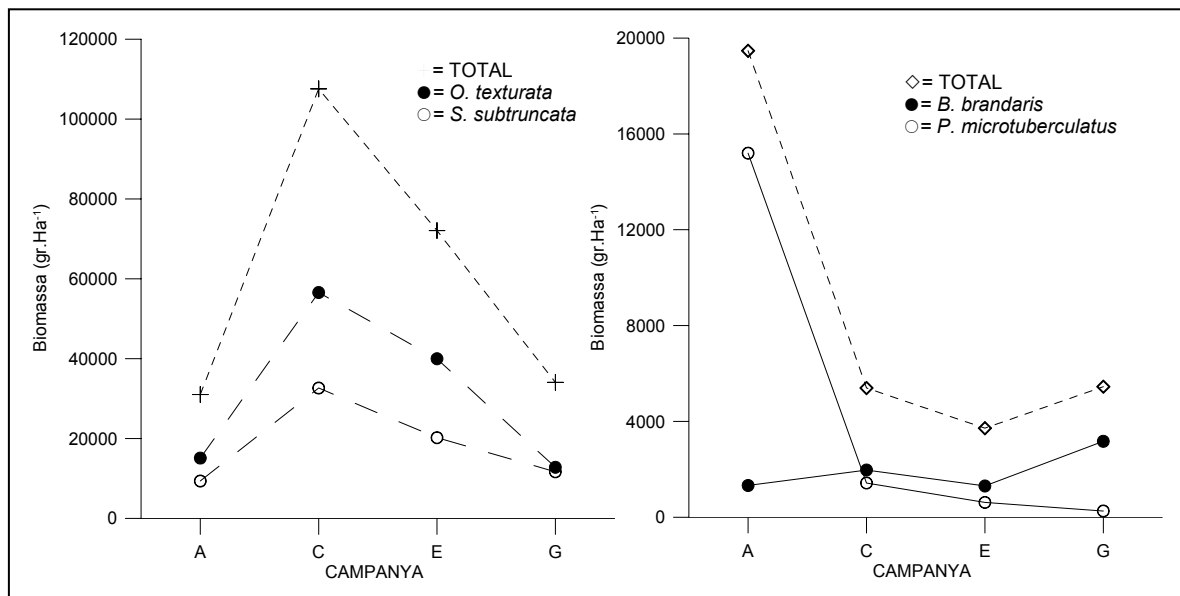
**Taula 3.7.** Valors d'abundància expressats en  $\text{gr}\cdot\text{Ha}^{-1}$  per als taxons quantitativament més importants a 9 m i a 18 m i el valor Total d'abundància per a les quatre campanyes de mostreig.

A 9 m, *O. texturata* representa entre el 37,56 i el 55,45 % del total de la biomassa, mentre que *S. subtruncata* suposa entre el 28,02 i 34,21 %. Atenent a aquestes dades, la importància d'aquestes espècies oscil·la entre el 71,77 % i el 83,47 %, segons la campanya (**Figura 3.20a**). Els valors mitjans de *S. subtruncata* no mostren diferències estadísticament significatives entre campanyes ( $F = 1,980$ ;  $p_v = 0,196$ ), mentre que els valors mitjans de *O. texturata* sí hi presenten diferències significatives entre la campanya de novembre (A) i la de març (C) ( $p_v = 0,003$ ), entre la novembre (A) i la de maig (E) ( $p_v = 0,047$ ), entre la de març (C) i setembre (G) ( $p_v = 0,002$ ) i entre la de maig (E) i la de setembre (G) ( $p_v = 0,031$ ).

A 18 m, *B. brandaris* i *P. microtuberculatus* mostren una biomassa que oscil·la entre 84,86 % (campanya A) i el 51,8 % (campanya E) respecte al total (**Figura 3.20b**). A la

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

campanya de novembre (A) la comunitat està dominada per *P. microtuberculatus*, mentre que a les campanyes de març (C) i maig (E) dominen *P. microtuberculatus* i *B. brandaris*. Finalment, a la campanya de setembre (G) la principal influència es deguda a l'espècie *B. brandaris*. S'observa un descens de la importància relativa de *P. microtuberculatus* al llarg de la sèrie temporal (des del 78,05 % fins el 4,77 % del total de la comunitat), mentre que *B. brandaris* es presenta en totes les campanyes dintre d'un mateix ordre de magnitud (menys de 3200 gr·Ha<sup>-1</sup>), i incrementa gradualment la seva importància relativa des de la campanya A (6,81 %) fins la campanya G (58,17 %). Per altra banda, es detecten diferències estadísticament significatives entre els valors mitjans de biomassa de cadascuna de les campanyes tant en *B. brandaris* ( $F = 17,301$ ;  $pv = 0,001$ ) com en *P. microtuberculatus* ( $F = 58,09$ ;  $pv < 0,001$ ). El test post-hoc mostra diferències significatives ( $pv < 0,02$ ) entre la mitjana de la campanya G de *B. brandaris* amb les mitjanes de la resta de campanyes; i per a *P. microtuberculatus* s'observen diferències entre amb la campanya A i la resta de campanyes ( $pv < 0,003$ ), en canvi no es detecten diferències significatives entre la resta de parells de campanyes ( $pv > 0,05$ ).



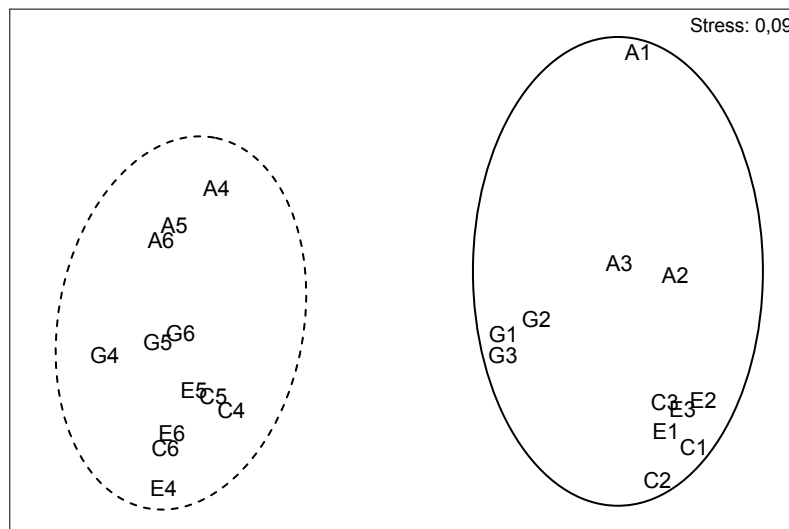
**Figura 3.20.** Abundàncies mitjanes (gr·Ha<sup>-1</sup>) per a *S. subtruncata* i *O. texturata* a 9 m, i de *B. brandaris*, *P. microtuberculatus* a 18 m, juntament amb les abundàncies totals per a cadascuna de les dues zones al llarg del cicle anual.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

#### 3.3.2.3. Mètodes Multivariants

Les mostres s'ordenen principalment atenent a la zona estudi (**Figura 3.21**), encara que també s'observa un cert ordenament atenent a la campanya de mostreig.

Per altra banda, l'ANOSIM posa de manifest que hi ha diferències molt significatives entre les dues zones, amb un  $R_{\text{global}} = 1$  i un nivell de significació de 0,1%; mentre que entre campanyes també s'hi observen diferències ( $R_{\text{global}} = 0,866$  i nivell de significació = 0,1%). El resultat de l'anàlisi de similitud entre parells de campanyes es mostra diferències acusades per a tots els parells de campanyes (**Taula 3.8**)



**Figura 3.21.** Gràfic bidimensional MDS d'abundàncies totals (biomassa). La lletra de les etiquetes indiquen la campanya i el número la zona (1, 2 i 3: 9 m – en continu-, 4, 5 i 6; zona 18 m –en discontinu-)

Parells de Campanyes	$R_{\text{global}}$	Nivell Significació (%)
A C	0,833	1
A E	0,87	1
A G	0,815	1
C E	0,778	1
C G	1	1
E G	1	1

**Taula 3.8.** Valor de l'estadístic  $R_{\text{global}}$ , proporcionat a l'ANOSIM, per a cadascuna dels parells de campanyes. S'indica en el nivell de significació (%).

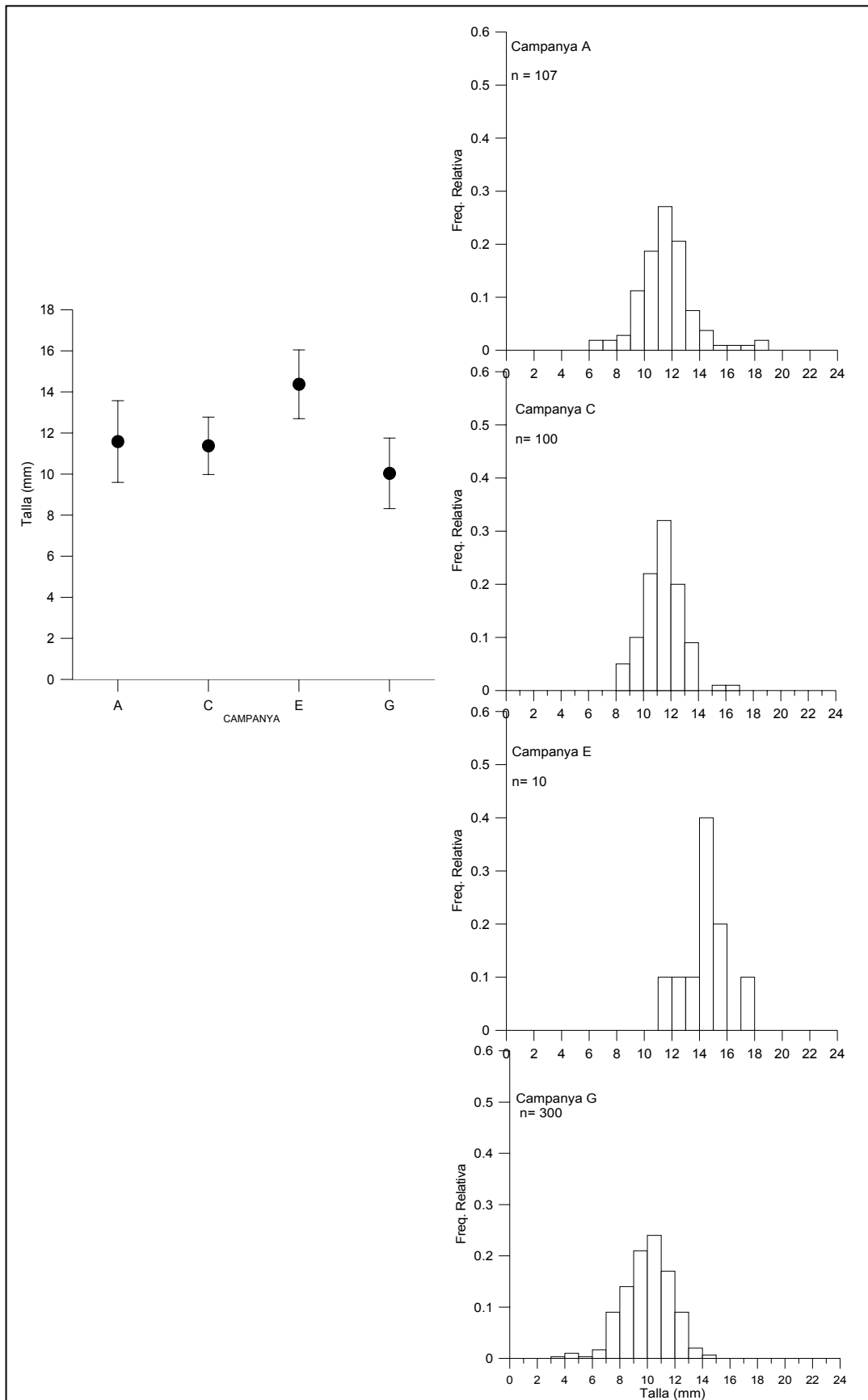
#### 3.3.3. DISTRIBUCIÓ DE TALLEES D'ESPÈCIES D'INTERÉS

La talla mitjana de *O. texturata* al llarg de les quatre campanyes de mostreig oscil·la en un rang entre 10,04 i 14,38 mm (**Figura 3.22**). Als histogrames de freqüències de talla s'observa que la corba de distribució és pràcticament unimodal i distribuïda normalment. L'anàlisi estadístic de Kolmogorov-Smirnov indica que no hi ha diferències significatives entre les distribucions de freqüències de talles de tots el parells de campanyes ( $p_v > 0,07$ ), excepte entre el parell de campanyes E-G ( $p_v = 0,0001$ ).

La talla mitjana de *S. subtruncata* varia en un rang d'entre 1,46 i 10,74 mm. El fet més destacat és el descens d'un 80 % aproximadament entre la campanya de novembre (A) i la campanya de març (C) (**Figura 3.23**). Els histogrames de distribució de talles presenten una distribució unimodal i normal, però a partir de la campanya de març (C) apareix una altra moda (bimodalitat) formada per individus de mida entre 1 i 2 mm i que són la fracció quantitativament més important. En el temps la distribució d'individus de menor mida perd importància relativa (i es guanyada per l'altra distribució) fins arribar a la campanya de setembre (G), on la distribució formada per individus de major mida torna a ser la fracció més important en nombre. L'anàlisi estadístic de Kolmogorov-Smirnov indica que hi ha diferències significatives entre les distribucions de freqüències de talles de tots el parells de campanyes ( $p_v < 0,01$ ) i per tant es rebutja la hipòtesi nul·la ( $H_0$ ).

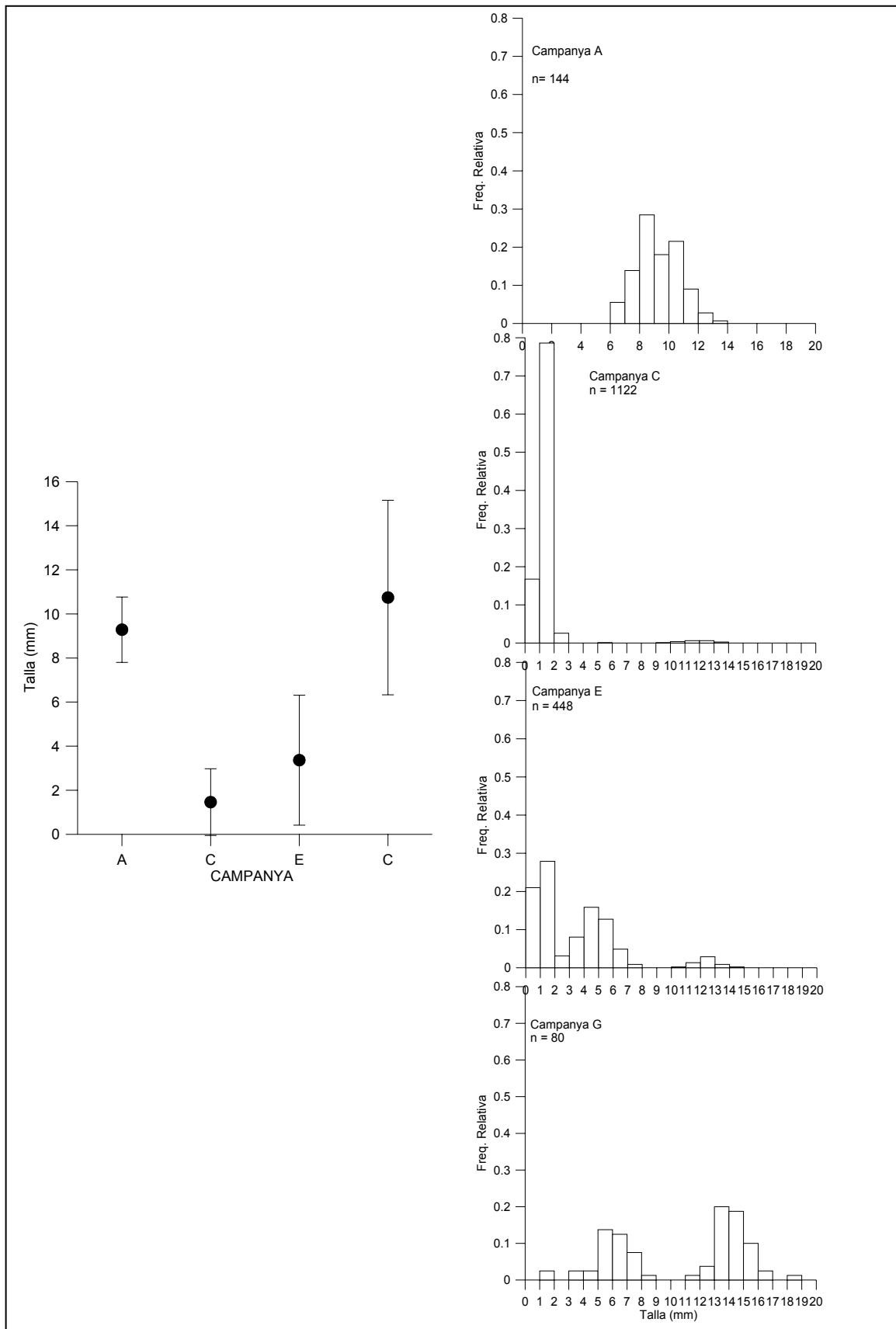


### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.22.** Talles mitjanes i histogrames de distribució de freqüències de talla per *O. texturata* al llarg de les quatre campanyes. Les freqüències relatives s'expressen en tant per de 1. S'indica la grandària mostral de cada histograma.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.23.** Talles mitjanes i histogrames de distribució de freqüències de talla per *S. subtruncata* al llarg de les quatre campanyes. Les freqüències relatives s'expressen en tant per de 1. S'indica la grandària mostral de cada histograma.

### 3.4. INFLUÈNCIA DE LES COMUNITATS BENTÒNIQUES SOBRE LA TEXTURA I COMPOSICIÓ DEL SEDIMENT.

La composició faunística de les comunitats bentòniques de les dues zones estudi està condicionada per pocs taxons, denominats taxons clau, i que són responsables de les variacions en els paràmetres ecològics a les dues zones. Aquestos són bàsicament *Ophiura texturata*, *Spisula subtruncata*, Gammaridae i Anisopoda a 9 m; i *Psammechinus microtuberculatus*, *Bolinus brandaris*, Gammaridae, Lumbrineridae i Nephtyidae a 18 m.

La composició faunística és diferent a les dues zones d'estudi però, independentment d'aquestes diferències en la bionomia, s'observen comportaments semblants en els descriptors ecològics de la comunitat de la macrofauna a les dues zones. Els grups faunístics quantitativament més importants de la macrofauna presenten a les dues zones d'estudi un pic d'abundància a la primavera (a 9 m al març i al maig, i a 18 m al maig), fet comú en una gran nombre d'espècies mediterrànies, donat que en els seus cicles vitals l'època de maduresa es sol situar entre la primavera i l'estiu, i el reclutament és dona a finals de l'hivern i inici de la primavera, coincidint amb l'inici de l'increment de temperatura detectat a l'estudi, i amb el pic de producció primària d'hivern-primavera (Estrada, 1996), i per tant amb una major disponibilitat d'aliment per a larves i juvenils. La megafauna, en canvi, presenta tendències diferents al llarg del cicle anual per a cadascuna de les zones estudiades. A 9 m s'hi presenta un increment primaveral, però a 18 m no hi es detecta aquesta tendència. L'entrada d'energia al medi que suposa l'activitat pesquera pot originar canvis en les relacions tròfiques a la comunitat i increments de la mortalitat en determinats grups, cosa ja ha segut detectada per diversos autors (Kaiser & Spencer, 1994, 1996; Kaiser & Ramsay, 1997). Bergman & Hup (1992) indiquen que la vulnerabilitat de les espècies depèn més de la posició a la que es troben sobre el sediment i no tant sobre la talla. En aquest sentit, i similar a l'observat al present treball, Van Dolah et al. (1991) mostren que, per a la seva àrea d'estudi, les fluctuacions estacionals a les comunitats de la infauna són superiors que les originades per l'acció de l'art de ròsec. La megafauna, per tant, es veu més afectada per la pesca per estar en superfície, encara que la influència del factor talla no és descartable.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

Aquestes diferències espacial en les composicions faunístiques i temporals en la densitat d'individus són les que determinen la influència de les comunitats bentòniques sobre les propietats del sediment i per extensió sobre la dinàmica sedimentària. A continuació es discuteixen evidències de la influència de les comunitats bentòniques en la variabilitat granulomètrica i en la composició del sediment.

#### 3.4.1. INFLUÈNCIA DE LES COMUNITATS BENTÒNIQUES EN LA TEXTURA DEL SEDIMENT.

La fracció per sota de les 2000 µm de les mostres de la zona de 9 m presenta tres poblacions granulomètriques formades per sorres grosses d'origen biogènic, sorres fines i llims grossos, i llims i argiles, respectivament. La distribució d'aquestes segueix un patró molt marcat al perfil: mentre que les dues poblacions més grosses es troben presents a tot el perfil, la població de fins només hi és al nivell més superficial i a nivells profunds (no estant present en nivells intermedis). L'origen d'aquesta distribució sembla tenir la seva causa en la influència de l'onatge sobre el sediment i en els fenòmens de resuspensió de sediment. L'onatge és el principal responsable dels processos de mobilització i resuspensió de sediment a la zona litoral del delta de l'Ebre (Guillén & Palanques, 1993; Jiménez et al., 1999; Guillén et al., 2002), i aproximadament cada 1 o 2 mesos hi ha un temporal que supera els 2 metres d'altura d'ona significant durant el període d'estudi. Aquesta hipòtesi suggeriria que als nivells profunds la menor incidència de l'onatge (només en events altament energètics), juntament amb un possible efecte de *armoring* (Wiberg et al., 1994; Reed et al., 1999), produït pels fragments de conquilles que s'han dipositat durant events tempestuosos anteriors, podria explicar perquè la població granulomètrica més fina és present als nivells profunds, al no haver segut resuspesa. Mentre, als nivells intermedis la presència de la població constituïda per partícules fines és nul·la, podent tenir el seu origen en de sedimentació diferencial de les partícules fines, dipositant-se al nivell superficial (que és el que s'ha detectat a gairebé tots el testimonis de 9 m).

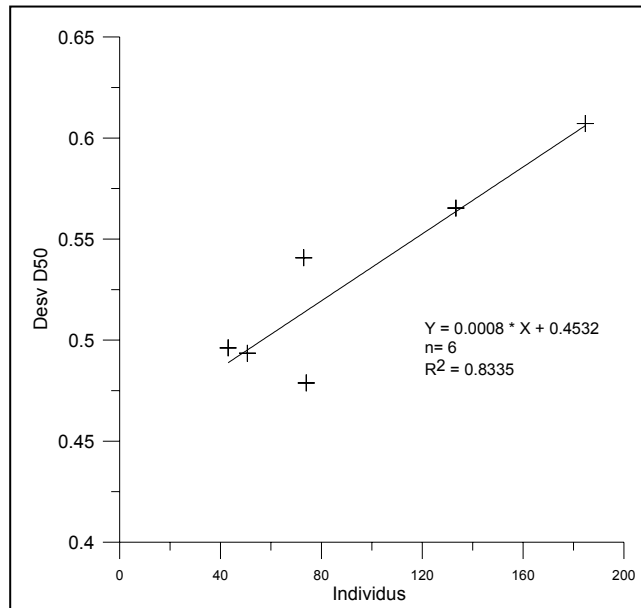
### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

A les campanyes entre gener i maig (B, C, D i E) a la zona de 9 m, les representacions del  $D_{50}$  mostren una tendència a incrementar primer i disminuir posteriorment el valor d'aquest entre aproximadament els centímetres 1 i 6 (màxim  $D_{50}$  aproximadament al cm 2), i per a posteriorment tornar a incrementar el valor en fondària. Les variacions en el  $D_{50}$  durant aquestes campanyes podrien estar motivades, per una banda, per la influència de les poblacions granulomètriques (ja que aquest és un estimador de localització que es basa en les distribucions d'aquestes), encara que en determinats casos no és evident, ja que el  $D_{50}$  està més influït per la importància quantitativa de cada població i no tant per la mera presència d'una tercera població.

L'altre possible modulador del paràmetre  $D_{50}$  seria la densitat d'individus. Als primers 3 cm es donen les màximes abundàncies d'organismes i partir del centímetre 6 l'abundància d'organismes és escassa (com es mostra al **Capítol 4, Bioturbació**), però la presència de petits fragments de bivalves i gasteròpodes dipositats en nivells profunds (tanatocenosis) s'incrementa. Aquest fet, mostraria una similitud amb la tendència observada del  $D_{50}$ , i podria indicar que els organismes o fragments d'organismes, quant més abundants són, proporcionen més material que es fragmenta i que incrementa la mida mediana de les partícules. Utilitzant dades mitjanes de variabilitat de sediment (desviació estàndard) i abundància d'individus als tres centímetres superficials de cada campanya, s'ha observat que a major nombre d'individus la variabilitat del sediment és major ( $R^2 = 0,83$ ) (**Figura 3.24**), suggerint com a possible explicació el fet de que a major nombre d'individus hi haurà un major nombre de fragments erosionats d'aquests i un major impacte sobre les propietats texturals del sediment.

D'aquest anàlisi s'ha eliminat la campanya C (març), que es comporta com un *outlier*, i on les freqüències acumulades de la moda d'origen biogènic representen fins el 17 % del total de la mostra (màxima per a totes les campanyes) i presenta una desviació estàndard entre 2 i 4 vegades superior a qualsevol altra campanya. A pesar de que la campanya C no s'acobla a l'ajust, la importància de les comunitats bentòniques és present al relacionar les elevades abundàncies de material d'origen biogènic i la variabilitat d'aquest amb la incorporació de reclutes de *S. subtruncata* a la comunitat durant el pic primaveral (4800 ind·m<sup>-2</sup>).

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats



**Figura 3.24.** Representació del valor mitjà de les desviacions estàndards del D50 dels primers 3 cm dels testimonis respecte al nombre total d'individus de la macrofauna a aquest nivell a 9 m (No s'ha considerat el punt de la campanya de març, C).

A la resta de testimonis de 9 m no es detecta una tendència clara al llarg del perfil. La campanya de novembre (A) està molt condicionada per la tempesta de 6,9 m d'altura d'ona significant que va precedir 5 dies abans del mostreig, i en la qual l'acció de l'onatge va arribar a mobilitzar sediment a nivells més profunds, i on el primer centímetre estava molt influenciat pels components fins, donant peu a la hipòtesi esmentada anteriorment (per la qual els fins es situarien en superfície).

A les campanyes de juny i setembre (F i G) la baixa intensitat de l'onatge durant els mesos d'estiu (sense tempestes d'importància significativa), juntament a la major influència de les comunitats bentòniques respecte als factors hidrodinàmics en aquesta època provoca una major homogeneïtat al perfil. Aquesta major homogeneïtat vendria condicionada per les majors taxes de bioturbació i barreja de nivells al perfil durant aquesta època (tema desenvolupat al **Capítol 4, Bioturbació**), ja que les temperatures són elevades en aquesta època i aquestes condicionen de manera determinant les taxes d'activitat dels organismes (Hall, 1994). A més, la incorporació de reclutes en primavera i estiu a les poblacions bentòniques litorals mediterrànies (Sardá et al., 1999) contribuiria a incrementar l'abundància d'organismes en aquesta època i, per tant, les majors taxes d'activitat i barreja de sediment.

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

La zona a 18 m presenta unes característiques diferents a la zona de 9 m originades com a conseqüència de la diferent fondària (que condiciona un menor efecte de l'onatge sobre el fons i les propietats del sediment) i pel fet de ser una zona utilitzada com a calador per la flota pesquera comercial. En aquesta zona es troben representades les 3 poblacions granulomètriques esmentades per a 9 m, i la mida de gra a la majoria de testimonis de la zona de 18 m tendeix a disminuir amb la fondària. Aquesta distribució es podria basar, donat que l'efecte de l'onatge sobre el sediment en aquesta zona és baix, en el descens de l'abundància d'organismes amb fondària i, per tant, en un menor aport en fondària de material biogènic de major mida.

A més, també podria ser important l'impacte de l'activitat pesquera sobre el sediment, basat aquest en la resuspensió de sediment degut a la fricció dels aparells sobre el fons (Jones, 1992) i a la barreja de nivells de sediment (Mayer et al., 1991). L'hipotètic procés faria referència a la mobilització i resuspensió de les partícules de sediment per l'art de pesca. La posterior sedimentació diferencial provocaria la ràpida sedimentació de les partícules més pesades, mentre que els fïns romandrien més temps en la columna (podent ser transportades per advecció). Després d'un impacte continuat en el temps, l'eliminació de part d'aquest material fi superficial crearia un perfil granodecreixent al sediment. Palanques et al. (2001), en aquest sentit, en un experiment realitzat al prodelta del Llobregat (llims i fangs > 90 % del sediment) l'impacte de l'arrossegament provocava, després d'una hora, que a la superfície augmentés el contingut de llims (a l'haver-se agregat aquests amb partícules de sedimentació més ràpida). A més, els solcs d'entre 5 i 10 cm (detectats mitjançant l'enregistrament d'imatges) produïts per l'art de pesca indiquen que l'impacte mecànic és important i donaria pes al fet de que l'activitat pesquera és un factor clau en la micromorfologia i conformació dels nivells superficials de sediment, i en la redistribució dels organismes al perfil - com és el cas del taxó Cirratulidae, que mostra les seves abundàncies màximes a 9 cm de fondària en determinades èpoques, a pesar de tenir poca capacitat excavadora i habitar als intersticis propers a la superfície (Martín, Com. Pers.)-.

Així doncs, a pesar que els factors físics semblen ser els que influencien més determinantment la distribució del sediment en la vertical, les comunitats bentòniques tenen un paper modulador destacat. La importància d'aquestes es manifestarà sobretot

### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

quan es donen condicions de baixa energia al medi i elevada densitat d'individus, que vendrà determinada pels cicles estacionals de les espècies que integren les comunitats.

#### 3.4.2. CONTRIBUCIÓ DELS ELEMENTS BIOGÈNICS A LA COMPOSICIÓ DEL SEDIMENT.

El balanç sedimentari al sistema litoral del delta de l'Ebre està basat en entrades i sortides de material. Les entrades venen degudes als  $225.000 \text{ m}^3 \cdot \text{any}^{-1}$  del transport transversal cap a la costa (*on-shore*) (Jiménez et al., 1997), i en menor mesura als aports de material sorrenc del riu (aproximadament  $30.000 \text{ m}^3 \cdot \text{any}^{-1}$ ). Les sortides es fonamentarien en l'increment relatiu del nivell del mar (entre  $225.000$  i  $445.000 \text{ m}^3 \cdot \text{any}^{-1}$ ; Jiménez et al., 1997). Els processos de transport eòlic i *overwash*, que oscil·len al voltant de  $150.000 \text{ m}^3 \cdot \text{any}^{-1}$  (Sánchez-Arcilla et al., 1993), no es tindrien en compte al considerar que són fluxos dintre del sistema.

Una font de sediment que no ha segut considerada als estudis previs és la dels components biogènics generats in situ. Amb la finalitat d'establir si aquesta contribució biogènica pot ser significativa pel balanç sedimentari de la zona litoral s'ha realitzat una sèrie d'aproximacions. Si es sumen les fraccions del sediment d'origen biogènic (població granulomètrica al voltant de  $1000 \mu\text{m}$  i fracció superior a  $2000 \mu\text{m}$ ) s'obtenen percentatges mitjans de material biogènic respecte el pes total d'entre el 4,5 i 11,0 % a 9 m i entre el 1,4 i 4,7 % a 18 m, depenent de les campanyes. Aquests percentatges de components biogènics caldria considerar-los com a mínims, ja que no es consideren les fraccions més fines del sediment, on s'han incorporat els components biogènics a mesura que es fragmenten per l'acció mecànica d'onatge i corrents.

Per estimar el volum total de sediment d'origen biogènic, s'ha considerat l'àrea paral·lela a la costa del delta de l'Ebre entre la isóbata de 10 i 20 metres (aproximadament  $140 \text{ km}^2$ ) i una fondària al perfil de 15 cm (que podria ser la fondària d'influència biogènica més significativa). El volum de sediment és de  $21.10^6 \text{ m}^3$ . Aplicant un percentatge mitjà de 5 % de contribució biogènica s'obté una quantitat de material biogènic a l'àrea escollida de  $1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Però aquest valor no fa referència a una taxa anual. Si es considera que en un termini d'entre 2 i 5 anys els elements



### 3. Hidrodinàmica, Sediment i Comunitats

biogènics es fragmenten fins a mides inferiors de 1000  $\mu\text{m}$  les taxes d'incorporació d'elements biogènics oscil·larien d'entre 210.000 i 525.000  $\text{m}^3\cdot\text{any}^{-1}$ .

A pesar de que aquest exercici d'avaluació dels components biogènics del sediment està subjecte a un ample marge d'error, posa de manifest que el contingut biogènic suposa una part significativa del material del qual està formada la zona litoral del delta de l'Ebre. Donat els valors mínims estimats, els aportos biogènics podrien ser superiors als aportos fluvials i d'un ordre de magnitud semblant al del transport transversal cap a la costa. La verificació d'aquestes dades serien determinats per entendre més acuradament el balanç sedimentari i l'evolució costanera a la zona del delta de l'Ebre.

